Inhoud nr. 41

A. De werken van het Deltaplan

3 Veranderingen in bodem en vegetatie van de voormalige slikken en schorren langs het Veerse Meer

10 Dichtheidsonderzoek van de grond ten behoeve van de Deltawerken

19 De werkhaven 'Schelphoek'

23 De bodemopbouw onder de oevers van de eilanden Voorne en Goeree

28 De ontwikkeling van constructies en aanbrengmethoden van bodembeschermingen

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

38 De blokkering van het sluitgat in de afsluitdijk van de Lauwerszee

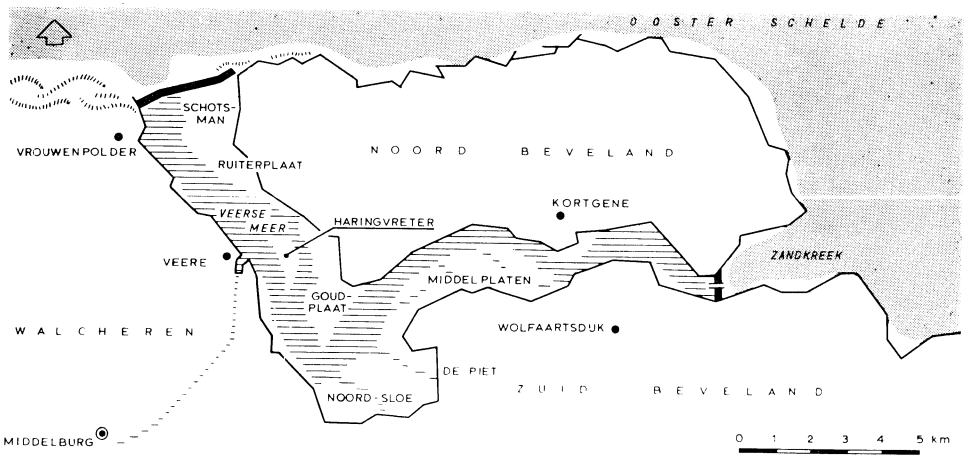
47 **Vorderingen**

A. De werken van het Deltaplan



Veranderingen in bodem en vegetatie van de voormalige slikken en schorren langs het Veerse Meer

Sinds het vaststond dat de zeegaten in het zuidwesten van ons land zouden worden afgesloten, hebben de Nederlandse biologen de studie van de flora en fauna in het Deltagebied met groter kracht ter hand genomen dan tevoren geschied was. Dit had onder meer de oprichting tot gevolg van de Afdeling Delta-Onderzoek van het Hydrobiologisch Instituut te Yerseke, die tot taak kreeg de veranderingen in de buiten- en binnendijkse flora en fauna en hun milieu te onderzoeken. Eerder werd in het Driemaandelijks Bericht over deze materie geschreven in februari 1962 (nr. 19) en februari 1963 (nr. 23).
Tot de wateren die reeds vroeg in de belangstelling van de onderzoekers van het laboratorium in Yerseke stonden, behoorden het Veersche Gat en de Zandkreek. Door de afsluiting ervan in 1961 ontstond het Veerse Meer, het eerste grote onderzoekingsgebied waarin het ingewikkelde complex van biologische veranderingen in zijn verschillende aspecten kon worden benaderd: het plankton en de visstand in het water, de fauna op de bodem van de geulen en in de vroegere getijzone, de wierbegroeiing langs de dijkglooiingen en de vegetatie van de hogere planten op de voormalige slikken en schorren. Op dit laatste aspect zal in deze bijdrage worden ingegaan.
Op de slikken en schorren van de Zandkreek en het Veersche Gat kwam vóór de afsluiting een fraaie zoutvegetatie voor, die in gevarieerdheid en soortenrijkdom, vooral ook wat de wieren betreft, de meeste andere terreinen van het Deltagebied overtrof. Dit hing samen met het geringe slibgehalte van het water en de beperkte mate waarin Engels slijkgras (*Spartina townsendii*) zich nog van de terreinen had meester gemaakt Alleen in het Noord-Sloe en, in mindere mate, langs de westkust van N.-Beveland had deze soort uitgestrekte velden gevormd. Daardoor vertoonden de lage en hoge slikken, die normaliter bij elke vloed overstroomden, nog op verscheidene plaatsen een begroeiing van achtereenvolgens zeegrassen (*Zostera marina* en *Z. nana*), inlands slijkgras (*Spartina maritima*), tezamen met een bruinwier (*Fucus vesiculosus var. lutarius*), en zeekraal (*Salicornia europaea*). De schorren, boven de gemiddelde hoogwaterlijn gelegen en veelal door een afslagrand van de slikken gescheiden, waren doorsneden met een meestal wijdvertakt krekenstelsel, waarop een bodemreliëf aansloot, bestaande uit oeverwallen langs de kreken, en kommen. In de lage kommen domineerde Engels slijkgras. De kommen van de oude schorren waren voornamelijk begroeid met kweldergras (*Puccinellia maritima*), strandzoutgras (*Triglochin maritima*), zeeaster (*Aster tripolium*), lamsoor (*Limonium vulgare*), zeeweegbree (*Plantago maritima*) en vele wiersoorten, o.a. het roodwier *Bostrychia scorpioides*. Op de lage oeverwallen hadden klein schorrenkruid (*Suaeda maritima*) en vooral zeemelde (*Halimione portulacoides*) de overhand, op de hoge oeverwallen rood zwenkgras (*Festuca rubra*), zeealsem (*Artemisia maritima*) en strandkweek (*Elytrigia pungens*). Op het vloedmerk, waar men losgeslagen plantendelen aangespoeld vindt, groeiden soorten die op een hoog stikstofniveau zijn aangewezen,



Overzicht van het Veerse Meer

zoals klein schorrenkruid, spiesbladige melde *(Atriplex hastata)* en strandmelde *(A. littoralis)*.

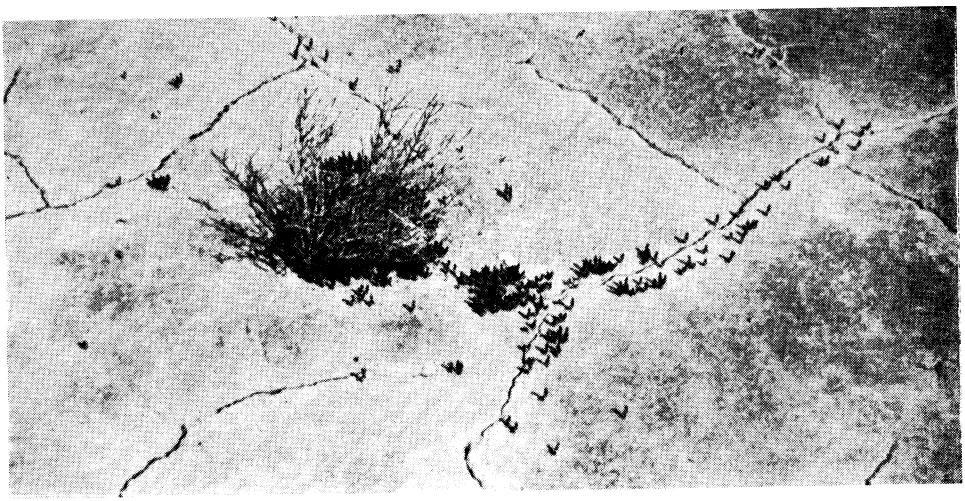
Met de afsluiting van het Veersche Gat op 27 april 1961 kwam een abrupt einde aan de periodieke doordrenking van deze terreinen met zout water. Nauw daarmee verbonden begonnen zich tegelijkertijd in de bodem processen te voltrekken die grote veranderingen in de fysische en chemische toestand met zich zouden brengen. Het duidelijkst manifesteerden deze processen zich in de slibhoudende tot slibrijke gronden, waarop door het getij de atmosferische invloeden niet of slechts weinig hadden kunnen inwerken. Daar deden zich in grote trekken achtereenvolgens – soms ook gelijktijdig – en het eerst aan de oppervlakte de volgende veranderingen voor: waterverlies door verdamping en wateropname van de planten, horizontale krimp met vorming van scheuren, toetreding van lucht – aëratie –, omzettingen in de organische stof – mineralisatie –, waardoor ammoniumzouten en nitraten vrijkwamen, oxydatie van zwavelverbindingen, uitspoelingen van zouten, verticale krimp – klink –, en zo meer. De krimpscheuren, die varieerden van uiterst kleine barsten in zandige gronden tot scheuren van 10 cm breed en 1 m diep in de slibrijkste sedimenten, waren de eerste jaren de voornaamste toegangspoorten waardoor lucht en neerslag de bodem konden binnendringen, vooral omdat het bodemoppervlak tussen deze scheuren dikwijls neiging tot verdichting of dichtslempen vertoonde. Het zal daardoor duidelijk zijn, dat bij deze gronden de veranderingen in de fysische en chemische toestand zich via dit patroon van krimpscheuren het eerst en het sterkst voltrokken. Twee categorieën gronden vertoonden het uiteenvallen in polygonen door vorming van krimpscheuren niet. Dat waren in de eerste plaats de hoogst opgeslibde schorgedeelten. Deze hadden, toen de getijbeweging er nog was, door hun ligging periodiek reeds zo dikwijls aan uitdroging blootgestaan, dat zij geen of slechts weinig krimpverschijnselen meer vertoonden. De andere categorie omvatte de echte zandplaten. In deze afzettingen komen – in tegenstelling tot de ongeaëreerde slibhoudende gronden – tussen de zandpartikels vrij grote holten voor, waardoor een relatief snelle waterverplaatsing mogelijk is. Reeds onder getijomstandigheden kunnen zandplaten bij laagwater oppervlakkig zo ver uitdrogen, dat zij van verre door hun droge witte kleur opvallen; vandaar de

Zeeuwse aanduiding 'blikken' voor zandplaten. Na de afsluiting paste de grondwaterstand zich daarom gemakkelijk aan de nieuwe hydrologische toestand aan. In 1961 en 1962 – dus voor zich enige vegatatie van betekenis kon vestigen – was tijdens neerslagloze perioden de uitdroging zo intens, dat op grote schaal zandstormen optraden. Op de Schotman, Haringvreter, Goudplaat en Middelplaten was daardoor een verlies van enige decimeters bovengrond geen zeldzaamheid. Het resultaat was echter tevens ver-

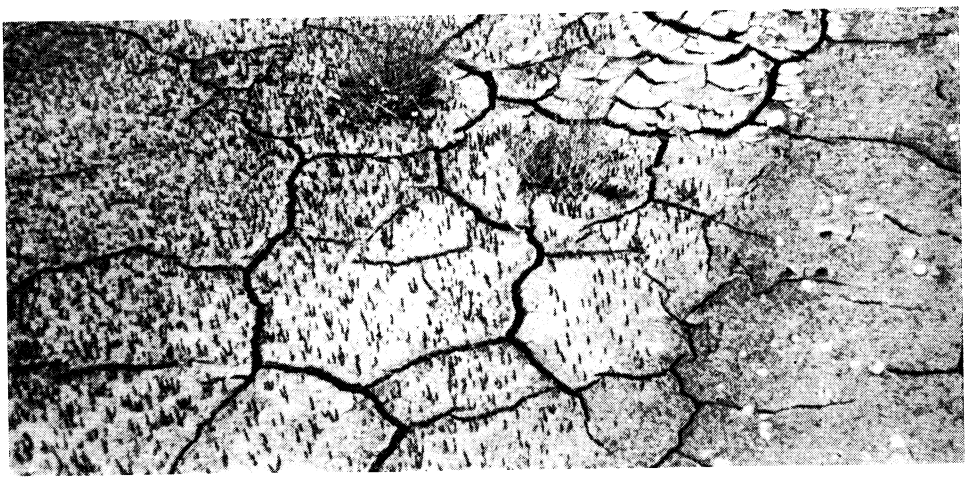
1 Vestigingspatroon van klein schorrenkruid met moederplant van vorig jaar. Concentraties van kiemplanten langs de krimpscheuren

2 Vestigingspatroon van zeekraal met twee planten van vorig jaar. Het kiemingspatroon vertoont geen relatie tot het krimpscheurpatroon

1



2



lies van de in dergelijke gronden toch al schaarse voedingsstoffen, met name de verbindingen die vrijkwamen uit het afsterven van de talloze in de bovengrond aanwezige mariene dierlijke organismen. Tot nu toe zijn deze afgestorven terreinen nog duidelijk te herkennen, zowel aan de grote massa's op de grond liggende schelpen als aan de zeer schrale begroeiing.

In de zandplaten blijkt de grondwaterstand behalve gemakkelijk te zakken ook snel te kunnen stijgen. Dit hangt samen met het verschijnsel, dat het porievolume in verhouding tot het totale volume betrekkelijk gering is. Na regenperioden staat het grondwater dan ook niet zelden gelijk met het bodemoppervlak en kunnen zich zelfs plassen vormen. Met deze sterke wisseling in vochtgehalte en daardoor aanvankelijk ook in zoutgehalte van de bovengrond hangt de vorming van het zogenaamde zore korstje samen, een verschijnsel dat een soortgelijk verdichtend effect heeft als het dichtslempen van slibrijke gronden. Dit dunne laagje van aaneengekitte grondpartikels komt onder soortgelijke, doch natuurlijke omstandigheden ook bij andere humusarme mariene zandgronden voor. Op de zandplaten van het Veerse Meer was het enige jaren eveneens een zeer algemeen voorkomend verschijnsel. Weliswaar bood dit laagje enige bescherming tegen het stuiven, maar een geringe plaatselijke aantasting, bijvoorbeeld door betreding, was reeds voldoende om winderosie op grote schaal mogelijk te maken.

We komen nu tot de vraag, hoe de vegetatie op dit samenspel van milieuveranderingen heeft gereageerd. Het meest spectaculair komt deze reactie natuurlijk tot uiting in de vestiging en afsterving van soorten. Afhankelijk van de oecologie van de soorten kunnen we onderscheid maken tussen:

Vestiging van de vanouds op de slikken en schorren groeiende zoutplanten op terreingedeelten die onder getij-omstandigheden geen levenskansen voor hen zouden opleveren; in het algemeen dus migratie naar lager gelegen terreinen;

Immigratie, vestiging van zoutmijdende soorten die onder getij-omstandigheden in het gehele gebied geen levenskansen zouden hebben en waarvan het zaad van buiten het Veerse-Meergebied moet zijn aangevoerd;

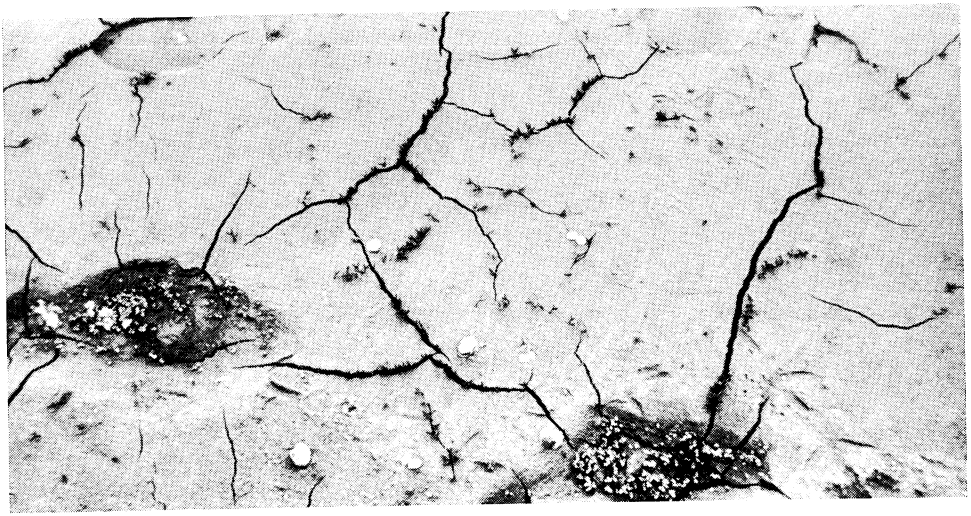
Afsterving van zoutplanten die zich vóór de afsluiting in het gebied hadden gevestigd;

Afsterving van planten die zich – hetzij door migratie, hetzij door immigratie – na de afsluiting hadden gevestigd.

Daarnaast trad ook een groot aantal subtielere reacties op, zich uitend in variaties in de wijze en intensiteit van de groei en in de mate van vruchtbaarheid.

Er is een zeker systeem te ontdekken in de wijze van vestiging en afsterving van de soorten in het gebied. De plantensoorten bleken zich niet willekeurig over het terrein te vestigen of – wanneer zij er reeds stonden – af te sterven, maar overal waar vestiging en afsterving plaats had kon samenhang met veranderingen in de fysische en chemische toestand van het milieu worden geconstateerd. Anders uitgedrukt: de patronen waarin de plantensoorten zich vestigden en afstierven hingen ten nauwste samen met de patronen waarin het milieu veranderde.

Zo vestigden soorten die op stikstofrijk substraat zijn aangewezen, zich uitsluitend bij milieupatronen waarin voedingsstoffen werden vrijgemaakt. Deze milieupatronen werden niet alleen gevormd door kreken, afslagranden, krimpscheuren, rijsporen en voetafdrukken, maar ook door al of niet ondergestoven gestorven planten en dieren en door concentraties van vogeluitwerpselen. De gevarieerdheid van deze omstandigheden in bijvoorbeeld de hoeveelheid ter beschikking komende stikstofverbindingen en in het zoutgehalte kwam tot uiting in de soort die zich vestigde: klein schorrenkruid *(Suaeda maritima)* bij hoog zoutgehalte; melde *(Atriplex hastata* en *A. littoralis)*, zeeaster *(Aster tripolium)*, kamille *(Matricaria inodora* en *M. chamomilla)*, melkdistel *(Sonchus spp.)*, akkerdistel



In de voetafdrukken kiemplanten van zeekraal, in de huidige en langs voormalige krimpscheuren klein schorrenkruid

(Cirsium arvense), basterdwederik *(Epilobium spp.)*, brandnetel *(Urtica dioica)*, rode ganzevoet *(Chenopodium rubrum)*, vlier *(Sambucus nigra)* en vele andere bij lagere zoutgehalten; moerasandijvie *(Senecio tubicaulis)* uitsluitend daar waar zeer veel stikstofverbindingen in een reeds goeddeels ontzilte grond vrijkwamen, zoals op de hoogst opgeslibde afstervende Spartinavelden.

Zeer spectaculair waren ook de veranderingen in de zoutvegetatie van de schorren. Omdat de kreken de natuurlijke media voor afwatering zijn, droogden na het wegvallen van de getijbeweging eerst de oeverwallen uit, later ook de eraan grenzende gedeelten van de kommen. Via aëratie van de bodem en omzettingen in de aldaar opgeslagen organische stof resulteerde deze uitdroging in een rijkelijk beschikbaar komen van voedingsstoffen. De op de oeverwallen groeiende soorten als zeemelde, rood zwenkgras en strandkweek reageerden in 1961 en 1962 dan ook met een krachtige, welige groei, die veel sterker was dan men normaliter op de schorren waarneemt. Bij zeemelde en rood zwenkgras evenwel liep dit proces in zijn extreme vorm uit op afsterving door watergebrek, het eerst onmiddellijk langs de kreekranden.

Een dergelijk afstervingsproces, maar op grotere schaal, had ook plaats bij Engels slijkgras. Deze soort, die veel gevoeliger is voor verdroging, vertoonde langs de kreken markante afstervingspatronen en droeg daardoor in niet geringe mate bij tot de levering van gemineraliseerde stikstofverbindingen. Dit afstervingsproces werd dan ook begeleid door massale vestiging van klein schorrenkruid, een van de weinige zoutplanten, die op een hoog stikstofniveau van de grond is aangewezen. Deze beide aan elkaar gekoppelde verschijnselen van afsterving en vestiging zetten zich in de daaropvolgende jaren – overeenkomstig de voortgang van het uitdrogingsproces van de bodem – voort in de richting van de kommen.

Evenals in de drooggevallen IJsselmeerpolders is geconstateerd, raakte de voorraad gemineraliseerde stikstof echter spoedig uitgeput. In de voormalige Spartinabegroeiingen moet hij reeds na het eerste jaar van massale vestiging van klein schorrenkruid aanmerkelijk zijn geslonken. De afnemende vitaliteit van klein schorrenkruid in de tweede en volgende generatie illustreerde dit verloop. Hierbij zij evenwel opgemerkt, dat niet alleen

de consumptie van minerale stikstof door deze soort, maar ook uitspoeling door neerslag en – waarschijnlijk in geringe mate – ontsnapping in de atmosfeer voor de vermindering verantwoordelijk is.

Tot nu toe hebben we ons tot het meest spectaculaire beperkt, namelijk de vestiging en afsterving van soorten op plaatsen waar de bodem door de aanwezigheid van kreken, krimpscheuren en andere niveauverschillen een verticaal aspect had. Dit verticale aspect bevordert, zoals we zagen, ontsluiting van het milieu en daardoor het ter beschikking komen, respectievelijk verlies van voedingsstoffen. Naast een verticaal heeft het milieu echter ook een horizontaal aspect, dat in tegenstelling tot het eerste de afsluitende en daardoor conserverende component vormt. Dit horizontale aspect is vertegenwoordigd in de bodemverdichtingsprocessen die zijn omschreven als dichtslempen van de bovengrond en vorming van het zore korstje. Dit 'dichte' milieutype – dat dus in vele opzichten de tegenpool van het vorige is, doch eveneens een tijdelijk karakter heeft – bleek de vestigingsplaats voor een geheel andere groep soorten, zoals – gerangschikt naar afnemend zoutgehalte – zeekraal, strandzoutgras, kweldergrassen *(Puccinellia distans* en *P. fasciculata),* zilte schijnspurrie *(Spergularia salina),* greppelrus *(Juncus bufonius)* en riet *(Phragmites communis).* Het egale karakter, dat wil zeggen het geringe verschil in de bodemtoestand van plaats tot plaats, kwam tot uiting in de veel geringere, althans minder duidelijke structuur van de patronen waarin de individuen van deze soorten zich hadden gevestigd. Met andere woorden de toevallige aanwezigheid van kiemkrachtig zaad bepaalt hier de vorm van het vestigingspatroon in veel grotere mate dan bij het vorige milieutype.

Met de voortzetting van de bodemveranderingen verdween evenwel in de loop der jaren het extreme karakter van deze beide, in eigenschappen tegenover elkaar staande milieutypen. Op de platen ontwikkelde zich een grotendeels ontzilt, voedselarm, en vooral wat de vochttoestand betreft instabiel milieu, waarin met name soorten als weegbree *(Plantago coronopus en P. major),* beemdgras *(Poa annua, P. pratensis* en *P. trivialis),* duinriet *(Calamagrostis epigeios),* russen *(Juncus gerardii* en *J. articulatus),* valse voszegge *(Carex otrubae),* groen streepzaad *(Crepis capillaris),* fraai duizendguldenkruid *(Centaurium pulchellum),* liggende vetmuur *(Sagina procumbens)* en witte klaver *(Trifolium repens)* zich vestigden. Tegelijkertijd gingen de meeste soorten van de oorspronkelijke milieutypen steeds meer in vitaliteit – en veelal ook in aantal – achteruit. Alleen langs de randen van de platen bleef door het brakke omringende water het zilte karakter van de bodem bewaard.

Intussen blijven er voor een juiste beoordeling van deze verschijnselen nog tal van vragen over. Zo zou men graag nader geïnformeerd raken over het verband tussen de reeds bestaande of gevormde ontsluitingspatronen en het verloop van de processen van aëratie, stikstofmineralisatie en ontzilting, alsmede omtrent de invloed die verdamping en wateronttrekking door de vegetatie op deze processen hebben. Ook de mate, waarin concurrentie om ruimte, voedsel en/of water de vitaliteitsgraad van de planten mede bepaalt, is onvoldoende bekend.

Daarnaast zou onderzoek gewenst zijn naar de invloed van de pioniers – soort, structuur en dichtheid van de populatie, vitaliteit – op de verdere ontwikkeling van de vegetatie, met name op de vestiging en uitbreiding van nieuwe soorten.

De ontginningswerkzaamheden op de schorren maakten het echter onmogelijk deze problemen nader te bestuderen. Dit is zeer te betreuren, temeer omdat hierbij ook vraagstukken ter sprake komen die van fundamentele betekenis zijn voor de interpretatie van biologische verschijnselen in ruimte en tijd welke samenhangen met menselijke ingrepen zoals de onderhavige afdamming.

We raken hier de vraag, die zich bij alle wetenschappelijk onderzoek opdringt en die wij tot slot nog willen behandelen: welke betekenis heeft dit onderzoek nu voor de veldbiologie en, in wijder verband, voor de mens en zijn omgeving? Het is maar al te bekend, dat de mens de laatste eeuw in steeds sterkere mate zijn stempel op de aarde drukt. De sterke bevolkingsgroei en de explosieve ontwikkeling van techniek en communicatie zijn de voornaamste factoren waardoor en waarmee hij – direct of indirect – steeds dieper ingrijpt in de natuurlijke omstandigheden van de hem omringende wereld. De veldbioloog ziet deze ontwikkeling als een toenemende verstoring van de door de tijden heen ontstane harmonische betrekkingen binnen de levensgemeenschappen en tussen deze gemeenschappen en hun omgeving. Deze verstoring is in feite een aantasting van het ingewikkelde web van interne en externe betrekkingen van de levensgemeenschappen, waardoor tal van organismen zich niet meer kunnen handhaven. Plaatselijke en in ernstige gevallen algehele uitsterving van soorten en mitsdien verarming van de flora en fauna is daarvan het gevolg. De daarbij ontstane 'lege plaatsen' worden dan meestal explosiegewijs opgevuld door organismen van soorten, die het juist van – plaatselijk ook in de vrije natuur voorkomende – storingen moeten hebben. Bij dergelijke explosies moeten we niet alleen aan de muggenplagen denken, die na de afdamming van de Zuiderzee optraden. Ook de besproken invasies van plantensoorten op de drooggevallen gronden van het Veerse Meer behoren daartoe. Bovendien geven deze storingen aanleiding tot uitbarstingen van parasitaire aard. De achtergronden voor het ontstaan van deze epidemieën kunnen zowel bestaan in met de storing samenhangende en daardoor niet eerder opgetreden contacten tussen parasiet en gastheer, alsook in door de storing veroorzaakte veranderingen in de voeding of in de genetische constellatie van de gastheer, of ook wel in uit de storing voortvloeiende, als 'spanningen' gekwalificeerde toestanden van de gastheerpopulatie.

Het Veerse Meer leverde ook in dit opzicht een aantal voorbeelden in de vorm van massale schimmelaantastingen, voornamelijk op zoutplanten. Van deze schimmels was het grootste deel vóór de afsluiting doorgaans slechts in geringe mate aanwezig; van enkele andere was het voorkomen in Nederland tot nu toe onbekend. Eén van deze laatste, een brandzwam op klein schorrenkruid, bleek bij nader onderzoek in het Deltagebied zelfs geheel tot het Veerse Meer beperkt te zijn.

Het afgesloten Veerse Meer levert ons dus een voorbeeld van een door de mens gestoord stuk natuur, waarin deze wezenskenmerken van storing in allerlei vorm duidelijk tot uiting komen. Deze wezenskenmerken worden geformuleerd als concentratie – zowel in ruimte als in tijd – van uitersten, in dit geval het eerst in het milieu, direct daarna en onlosmakelijk daarmee verbonden ook in de wereld van de organismen. Dat dergelijke convergente toestanden voor de betrokken organismen, waartoe niet zelden ook de mens moet worden gerekend, tot fatale gevolgen kunnen leiden, heeft de ervaring ons reeds duidelijk geleerd. Er is dus reden voor de toekomst met zorg tegemoet te zien, wanneer de mens in zijn streven naar vergroting van zijn bestaansmiddelen en -mogelijkheden zich niet intensiever op deze keerzijde van de vooruitgang bezint. Alleen door deze keerzijde volledig in het vooruitgangsstreven te betrekken, kan van echte vooruitgang worden gesproken. Het zoeken naar mogelijkheden om de dreigende ontwrichting van de natuur met doelmatige middelen af te zwakken vraagt van de veldbiologie in de eerste plaats een analyse van de mechanismen die in de natuur zelf daarvoor zijn ingebouwd. Het Veerse Meer en meer nog de andere af te sluiten rivier- en zeearmen van het Deltagebied bieden daarvoor een werkterrein, dat door zijn omvang in Nederland zijn weerga niet heeft.

(Bijdrage verzorgd door de afdeling Delta-Onderzoek van het Hydrobiologisch Instituut te Yerseke)

Dichtheidsonderzoek van de grond ten behoeve van de Deltawerken

Een dijkvak, een sluitgat, een werkhaven – welk waterstaatkundig werk men ook wil maken, vrijwel steeds zal het ontwerp, en soms in belangrijke mate, worden beïnvloed door de bodemgesteldheid. De stabiliteit van het werk kan zonder kennis van de ondergrond niet worden verzekerd, en de te verwachten zettingen niet worden berekend. Tot voor enige tijd werden de gegevens over de bodemgesteldheid alleen verkregen door boringen en sonderingen. Uit boring krijgt men een indruk van de geologische samenstelling der grondsoorten op verschillende diepten. Daarnaast neemt men ook nagenoeg ongeroerde grondmonsters mee naar het laboratorium. Bij een sondering wordt de kracht vastgesteld die moet worden uitgeoefend om een conus van een bepaalde maat de grond in te drukken. Daarmee wordt een maat verkregen voor de schuifweerstand op verschillende diepten. Geen van beide systemen echter geeft voldoende informatie over het verschijnsel zettingsvloeiing, zoals dat in met water verzadigd zand kan voorkomen. Daarom heeft het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft naast deze onderzoekmethoden als nieuwe methode de zogenaamde 'dichtheidsmeting' ontwikkeld, waarbij men in een bepaald punt het verloop met de diepte vaststelt van het poriëngehalte in de grond. Deze parameter staat wel in een zeker verband met de sondeerweerstand, maar is ook nog afhankelijk van vele andere, tot op heden onberekenbare factoren. De dichtheidsmeting draagt dus voor het grondmechanisch onderzoek dat in het Deltagebied wordt uitgevoerd, gegevens aan die op geen andere wijze verkregen kunnen worden. Op deze methode heeft het Laboratorium voor Grondmechanica in Nederland en in verscheidene andere landen octrooi aangevraagd en verkregen.
De grond in de omgeving van de sluitgaten en in de gebieden waar de Deltadammen zullen aansluiten op de eilanden, bestaat overwegend uit zand. Dat zand komt plaatselijk in losse pakking voor. Het risico van zettingsvloeiing is daar zeker niet denkbeeldig, en bij de ontwerpen van de grote afsluitingen moet hiermee dan ook terdege rekening worden gehouden.

Zettingsvloeiing

Wanneer, bijvoorbeeld door plaatsing van een caisson, belasting wordt aangebracht op de ondergrond, of wanneer die grond ontlast wordt, laat ons zeggen door ontgrondingen aan weerszijden van een sluitgat, dan gaat dit in beide gevallen gepaard met

volumeverandering. Volumeveranderingen kunnen, en dikwijls in veel grotere mate, in zand echter ook worden veroorzaakt door een heel andere factor, namelijk wanneer bij ont- of belasting veranderingen in richting en grootte optreden in de schuifspanningen en daardoor in de korrelstapeling van het bodemmateriaal. Dan treedt bij losgepakt zand volumeverkleining op, en bij vastgepakt zand volumevergroting. De schuifspanningen kunnen uitsluitend door het korrelskelet worden opgenomen, en niet door het water in de poriën tussen de korrels, dat echter wel de gevolgen van de volumeverandering ondervindt. Omdat het zeer weinig samendrukbaar is, zal het water zich tegen de wijziging van het poriënvolume verzetten; daardoor ontstaat er een vergroting van de waterdruk. Bij losgepakt zand doet deze wateroverdruk de onderlinge korrelwrijving verminderen; de schuifweerstand van de grond neemt dan af, en het is mogelijk dat hij zich over een bepaald gebied gaat gedragen als een vloeistof. Nu is er zettingsvloeiing opgetreden. Bij vastgepakt zand het omgekeerde. Het volume van de bodem neemt toe, en de ondergrond wordt steviger. Hier bestaat dus geen gevaar voor zettingsvloeiing. Natuurlijk is het van het grootste belang om vast te stellen of zand los- dan wel vastgepakt is. Dit hangt af van het poriëngehalte dat het zand in het terrein heeft. Het poriëngehalte waarbij toeneming van de schuifspanning nog juist geen volumeverkleining ten gevolge heeft, en waarbij een losse pakking overgaat in een vaste, wordt de kritieke dichtheid genoemd. Vergelijking van een in het terrein gemeten poriëngehalte met de vastgestelde kritieke dichtheid van dat soort zand leidt tot het antwoord op de vraag of het zand los- dan wel vastgepakt is.

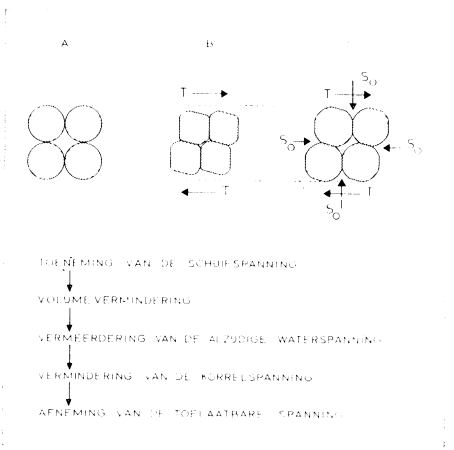
Bepaling van de kritieke dichtheid

In het laboratorium bestudeert men het gedrag van een zandmonster onder invloed van een verandering van de schuifspanning, om vast te stellen waar de kritieke dichtheid van dat monster ligt.
Een zandmonster, dat door middel van een boring is verkregen, wordt ontzout en gedroogd, en daarna in het beproevingsapparaat aangebracht. Hierbij wordt het korrelmateriaal gestort in een rubberzak die tijdens het storten gesteund wordt door een ommanteling. Is de zak voldoende gevuld, dan wordt het monster afgesloten met een plastic kop. Vervolgens wordt zoveel lucht uit de poriën tussen het zand gezogen, dat het monster voldoende stijfheid krijgt om los te staan, en de steunende ommanteling kan worden weggehaald. Aangezien het soortelijk gewicht van zand bekend is, kan door weging en volumemeting het poriëngehalte van het droge zand aan het begin van de proef bepaald worden. De alzijdige onderdruk in het droge monster wordt hierbij gebracht op 0,5 kg/^{2}. De proef bestaat nu hierin, dat op de kop van het monster een verticale, vanaf nul langzaam toenemende belasting wordt uitgeoefend, en gelijktijdig de onderdruk in de poriën verminderd, en wel zodanig dat de som van de spanningen gelijk blijft. Tijdens het gehele belastingverloop wordt de volumeverandering van het monster gemeten door middel van een vloeistof die het monster buiten de zak omhult. Er van uitgaande dat volumewijzigingen bij deze wijze van belasten uitsluitend door verandering in de schuifspanningen worden veroorzaakt, bepaalt men een verband tussen de gemeten volumeverandering en de schuifspanningen. Door deze proef te herhalen bij verschillende initiële poriëngehaltes, kan de invloed van dat gehalte worden nagegaan. Men begint met een monster met een groot initieel poriëngehalte, en wordt er een volumeverkleining gevonden – het zand is dan blijkbaar losgepakt – dan wordt het initiële poriëngehalte daarna in stappen verkleind door bij het begin van de proef het monster te trillen of aan te stampen. Men verkleint het poriëngehalte net zo lang totdat

1 Volumeverandering in losgepakt zand

2 Schematische voorstelling van de dichtheidsproef

3 De apparatuur voor de dichtheidsproef

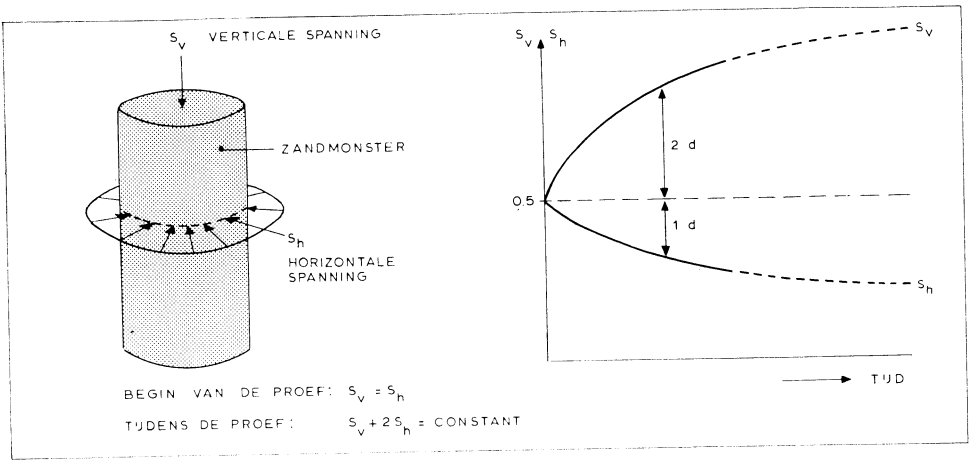


een monster is verkregen dat tijdens het gehele verloop van de proef juist geen volumeverkleining meer vertoont, waarmee de kritieke dichtheid van dat monster is bereikt. Doorgaans zal hiervoor een serie van drie of vier proeven nodig zijn.
De bepaling van de kritieke dichtheid van een zandmonster is tijdrovend en arbeidsintensief, terwijl ze slechts informatie oplevert over het zand in één punt in de bodem. Om een duidelijk beeld te krijgen van de situatie in een heel gebied zullen vele proeven nodig zijn; derhalve tracht men een verband te vinden tussen de kritieke dichtheid en andere, eenvoudiger te bepalen grootheden van een zandsoort, zoals de grootte, de spreiding en de vorm van de korrels. Een volkomen bevredigend resultaat is echter nog niet verkregen.

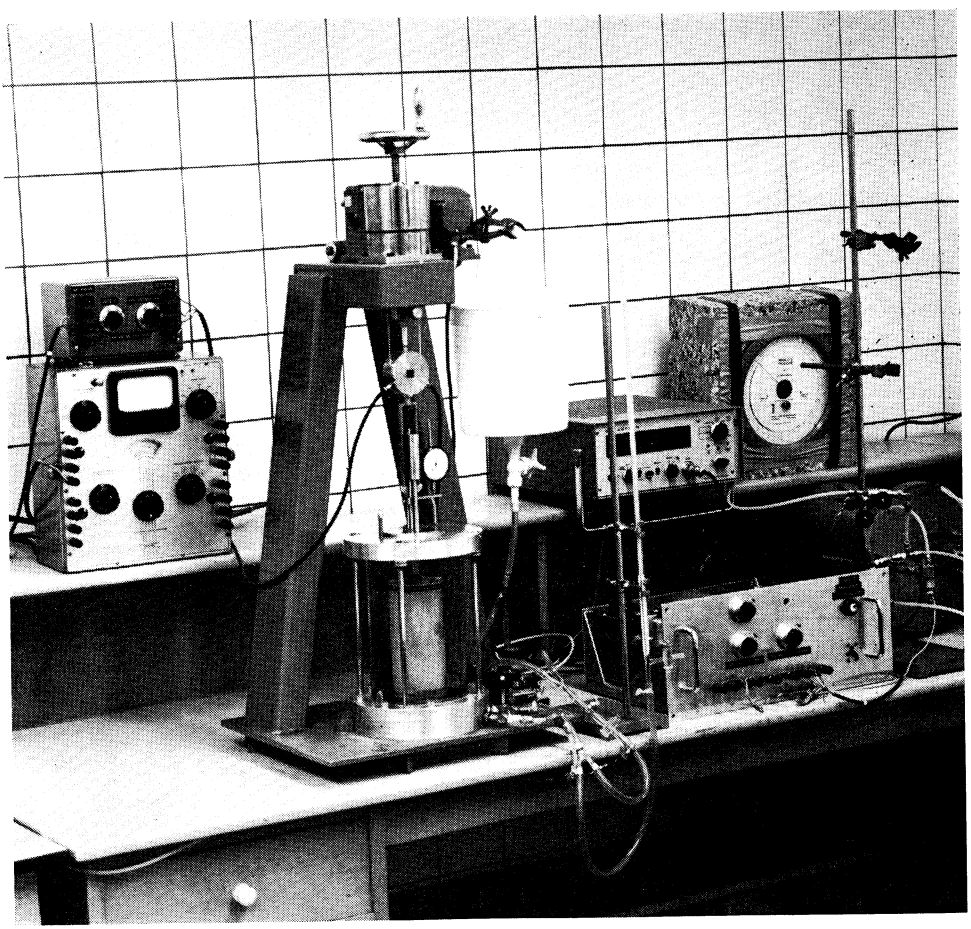
Metingen in het terrein

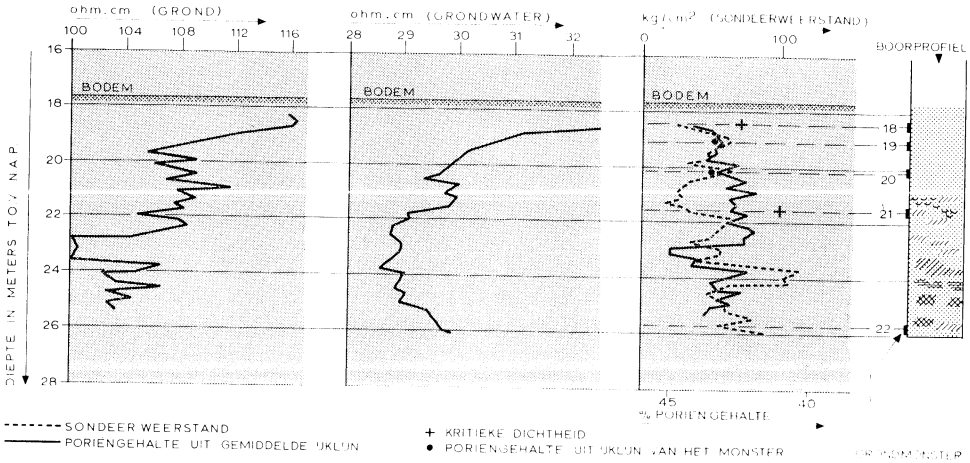
Het Laboratorium voor Grondmechanica heeft een elektrische meetmethode ontwikkeld voor de bepaling van het poriëngehalte in het terrein. In de grond wordt een elektrisch veld opgewekt, en de weerstand die de stroom ondervindt wordt gemeten. Nu bestaat de grond uit zandkorrels met een zeer hoge elektrische weerstand, waartussen poriën, doorgaans gevuld met goed geleidend zout water. De weerstand in het grondmassief zal dan ook in hoofdzaak bepaald worden door het geleidend vermogen van het water en door de hoeveelheid water, dus de hoeveelheid poriën. Dit poriëngehalte moet dus een functie zijn van de elektrische weerstand van de grond, dus korrels en water samen, in een bepaald punt, en van de weerstand van het water alleen. Deze beide weerstanden moeten in het terrein gemeten worden.
Daartoe worden om een sondeerbuis vier elektroden aangebracht. De buiswand tussen de elektroden wordt voorzien van een isolerende bekleding van araldit, dat voldoende hard is om de schurende werking van het zand tijdens het omlaag drukken van de sondeerbuis te weerstaan. Op de twee buitenste elektroden wordt een wisselstroom van 1000 Hz gedrukt, waardoor een elektrisch veld rond de sondeerbuis wordt opgewekt. Het spanningsverschil tussen de twee binnenste elektroden wordt zonder verstoring van het elektrisch veld gemeten. Het gemeten spanningsverschil wordt tenslotte met behulp van een omrekeningsfactor, die uitsluitend bepaald wordt door de geometrie van de meetopstelling, herleid tot de specifieke elektrische weerstand van de grond. Deze geldt dan

2

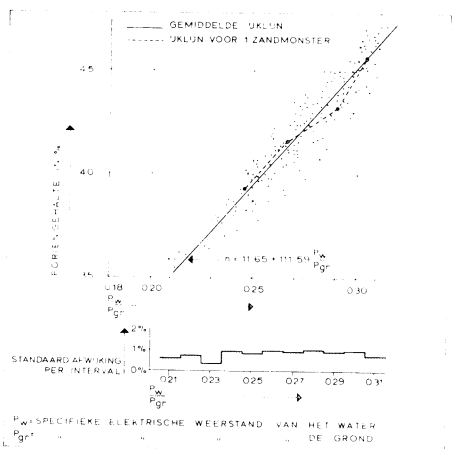

S_v VERTICALE SPANNING
ZANDMONSTER
S_h
HORIZONTALE SPANNING
S_v S_h
S_v
2 d
0.5
1 d
S_h
TIJD
BEGIN VAN DE PROEF: $S_v = S_h$
TIJDENS DE PROEF: $S_v + 2S_h$ = CONSTANT

3

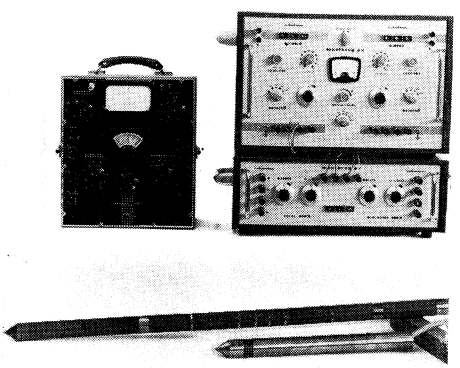




Resultaat van een terreinmeting



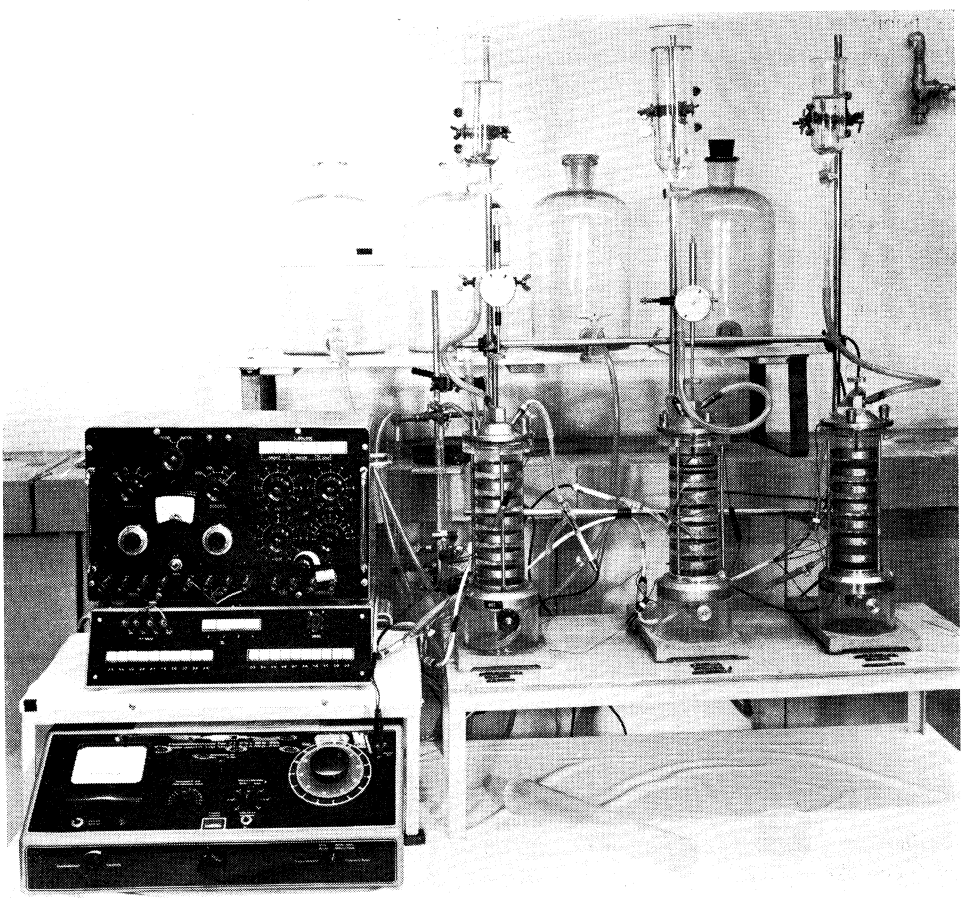
Wiskundige bepaling van de gemiddelde ijklijn van een gebied uit de gemeten ijklijnen van een aantal monsters



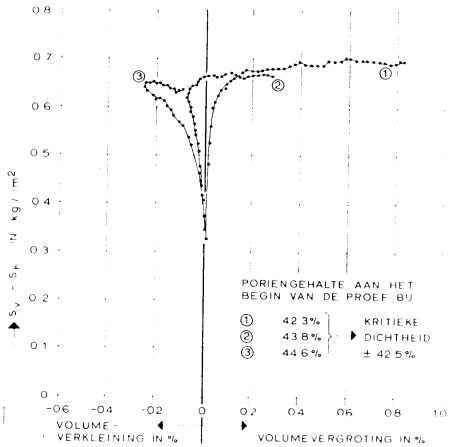
Apparatuur voor sondering en dichtheidsmeting in het terrein

voor een beperkt gebied rond de sondeerbuis, waarvan de omvang afhangt van de gekozen elektrodenafstand. Op sommige van deze zogenaamde dichtheidssondes zijn meer dan vier elektroden aangebracht, zodat verschillende meetafstanden kunnen worden gekozen. Hiermee kan de omvang van het gebied waarin de specifieke weerstand wordt bepaald, worden vergroot en verkleind. Onder andere gaat men zo de invloed na van de verdichte zone rond de sondeerbuis, die steeds zal ontstaan, omdat deze buis in de grond wordt gedrukt en het zand in de onmiddellijke omgeving samenperst.
Hiermede rekening houdende wordt de specifieke elektrische weerstand van de grond, dus van korrels èn water, bepaald. Tijdens het inbrengen van de sondeerbuis wordt bijvoorbeeld om de 20 cm een meting gedaan, zodat het verloop van de weerstand in een verticaal wordt verkregen. Deze verkenning wordt gecombineerd met een 'gewone' sondering, waarbij langs elektrische weg de mechanische weerstand wordt gemeten die de punt van de sondeerbuis ondervindt bij het indringen in de grond.

Apparatuur voor de ijking van zandmonsters



Resultaat van een serie kritieke-dichtheidsproeven



Dan moet de elektrische weerstand van het water nog gemeten worden. Hiertoe is, eveneens in een sondeerbuis, een filter aangebracht waardoor water op een bepaalde diepte in de grond kan worden aangezogen. Het water komt in een glazen cilindertje, waarin ook al elektroden zijn aangebracht, die de specifieke elektrische weerstand van het water registreren. Alvorens deze meting op een dieper gelegen punt te herhalen, perst men het water uit de cilinder. De sondeerbuis wordt verder de grond ingedrukt; opnieuw wordt water aangezogen en een meting uitgevoerd. Aldus stelt men het verloop met de diepte vast van de specifieke elektrische weerstand van het water.
Beide metingen, die voor de grond en die voor het water alleen, dienen in hetzelfde punt in het terrein te worden uitgevoerd. Soms wordt hiervoor een gecombineerde sonde gebruikt, zodat de metingen gelijktijdig kunnen worden uitgevoerd. Het meetlichaam wordt dan echter zeer ingewikkeld, zodat men de metingen meestal maar afzonderlijk laat plaatsvinden.
Als de twee elektrische grootheden in het terrein bepaald zijn, moet het verband gelegd worden tussen deze grootheden en het poriëngehalte. Dit geschiedt in het laboratorium door middel van de zogenaamde ijking.

De ijking

De specifieke weerstand van de grond is recht evenredig met die van het water en omgekeerd evenredig met het poriëngehalte. Immers, hoe meer poriën er zijn, des te meer goed geleidend water is er, en dus zal de elektrische weerstand geringer zijn. Het poriëngehalte is dus een functie van het quotiënt van de specifieke weerstand van het water en van die van de grond. De aard van deze functie zal mogelijk afhankelijk zijn van de korrelvorm van het zand, zodat deze in het laboratorium bepaald moet worden middels de zogenaamde ijking.
Een gedroogd zandmonster waarvan de pakkingsdichtheid door weging en volumemeting bekend is en dat verkregen is uit een boring die ter plaatse van de dichtheidsmeting in het terrein is uitgevoerd, wordt in een glazen cilinder gestort. In de wand van de cilinder zijn elektroden aangebracht, zodat de specifieke elektrische weerstand van het zandmonster, waarvan de poriën gevuld worden met water, bepaald kan worden. Ook de specifieke weerstand van het water wordt gemeten. Door deze proef te herhalen bij

verschillende poriëngehaltes – men kan het zand verdichten door trillen – vindt men het gezochte verband. Dit geldt dan voor één zandmonster, waarvoor dus een ijklijn wordt gevonden. Onderzoekt men een groot aantal zandmonsters uit een bepaald gebied, bijvoorbeeld uit het Brouwershavensche Gat ter plaatse van de toekomstige sluitgaten, dan blijkt dat de ijklijnen van alle zandmonsters maar weinig uiteenlopen. Daarom worden alle waarnemingen van ijkingen uit een bepaald gebied samengevoegd, en wordt een gemiddelde ijklijn bepaald. De spreiding in de waarnemingen blijkt gering; ze bedraagt nooit meer dan 1%. Dit is gunstig, want nu kan men de terreinmeting waaruit het quotiënt van de specifieke elektrische weerstand van de grond en van die van water volgt, door middel van de gemiddelde ijklijn direct omzetten in een poriëngehalte, zonder dat steeds weer die tijdrovende ijkingen moeten worden uitgevoerd. Slechts in enkele gevallen, wanneer de uitkomst der terreinmeting hiertoe aanleiding geeft, zal nog een verificatie plaatsvinden. Voor verschillende gebieden kunnen de ijklijnen enigszins uiteenlopen.
Vergelijking van het gemeten poriëngehalte in een punt met de kritieke dichtheid voor het betreffende zandmonster geeft nu uitsluitsel over de mogelijke losse pakking. Is het poriëngehalte ergens kleiner dan de kritieke dichtheid, dan is het zand vastgepakt, zo niet, dan is het losgepakt. In dit laatste geval bestaat er kans op zettingsvloeiing. Hoe groot die kans is, valt overigens moeilijk te zeggen; berekeningen zullen hieromtrent nader inzicht moeten geven.

Theoretische beschouwingen

In het voorgaande is uiteengezet, welke rol de schuifspanningsveranderingen bij het verschijnsel zettingsvloeiing spelen. Voordat er echter sprake kan zijn van veranderingen, dient men de oorspronkelijk reeds in het terrein aanwezige spanningen te kennen. Hier nu krijgen we met een ernstige moeilijkheid te kampen; er zijn namelijk geen methoden voorhanden waarmee de terreinspanningstoestand te bepalen is. Men kan hier alleen maar deskundig gissen. De spanningstoestand in een grondmassief waar bijvoorbeeld ontgrondingen zijn opgetreden of waarop een caisson is geplaatst, moet berekend worden. Deze berekeningen kunnen echter slechts uitgevoerd worden voor sterk geschematiseerde gevallen. Aangenomen wordt dat de grond elastisch en homogeen is, waarmee de werkelijkheid slechts in beperkte mate wordt benaderd. De spanningsveranderingen zullen omgerekend moeten worden in een waterspanning. Hiervoor is het nodig waarden voor de samendrukbaarheid van het water en het korrelskelet in het terrein te kennen. Deze zullen in het algemeen niet bekend zijn, zodat ook hieromtrent slechts veronderstellingen kunnen worden gedaan. Tenslotte moet ook nog de factor tijd in de beschouwingen worden betrokken. De wateroverspanningen zullen namelijk een afstroming van het water tot gevolg hebben, waardoor de door de schuifspanningen opgeroepen volumeverkleining kan worden gerealiseerd. De waterspanningen zullen afnemen; het risico voor een zettingsvloeiing wordt kleiner. Het is duidelijk, dat vooral de snelheid waarmee belastingveranderingen optreden, van zeer groot belang is. Plotselinge veranderingen, bijvoorbeeld door plaatselijke afschuiving in het talud van een ontgrondingskuil, zullen bij losgepakt zand een groot risico met zich brengen. Steile taluds moeten dan ook bij ontgrondingen zoveel mogelijk worden voorkomen.
Ondanks het feit, dat vele gissingen moeten worden gedaan en daarmee even zovele onzekerheden worden geïntroduceerd, wordt toch getracht de verschijnselen die een rol spelen bij het verschijnsel zettingsvloeiing, en de factoren die hierbij van belang zijn, door middel van berekeningen vast te stellen.

Dichtheidsonderzoek in het Deltagebied

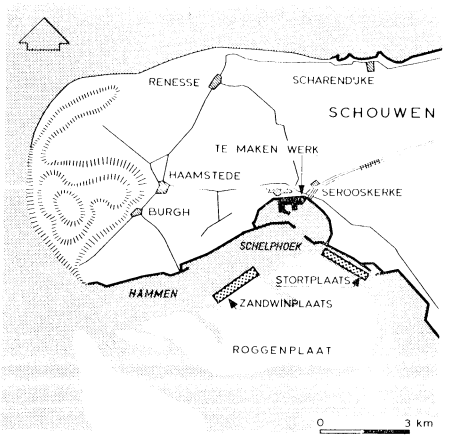
Op verschillende plaatsen in het Deltagebied zijn op het ogenblik dichtheidsonderzoeken aan de gang. In het Haringvliet zijn dichtheidsmetingen uitgevoerd aan weerszijden van de uitwateringssluizen om de stabiliteit van die constructie bij de te verwachten ontgrondingen te kunnen voorspellen.
In het noordelijk en zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat is een oriënterend onderzoek uitgevoerd naar de pakkingsdichtheid. Zeer gedetailleerd is de Schouwense oever verkend in de omgeving waar de dam er in de toekomst op zal aansluiten.
Aan de Noordbevelandse oever is een uitgebreid onderzoek verricht om de omvang van het gebied met losgepakt zand vast te stellen aangezien hier in het verleden zo vele zettingsvloeiingen hebben geleid tot oevervallen.
Een oriënterend onderzoek is gaande in verband met de tracé-keuze van de dam door de Oosterschelde. Een aantal mogelijke aansluitpunten aan de oevers van Schouwen en Noord-Beveland is verkend.
In het Volkerak worden de gebieden waar tijdens de sluiting de grootste ontgrondingen zijn te verwachten, nader onderzocht door middel van dichtheidsmetingen. Verder is er nog een onderzoek ingesteld naar de pakkingsdichtheid van het zand dat door middel van onderlossers in water van 20 m diepte werd geklapt.
Van alle hiergenoemde onderzoeken is het terreinwerk voltooid of nagenoeg voltooid. Het laboratoriumwerk moet in vele gevallen nog worden uitgevoerd. Zodra de onderzoeken zijn afgerond, zal over verschillende ervan nader mededeling worden gedaan in de Driemaandelijkse Berichten. Voor de komende jaren staan nog vele metingen op het programma, onder andere in het Rak van Scheelhoek, waar de kabelbaansluiting van het Haringvliet wordt voorbereid, in het Brouwershavensche Gat, waar een nadere detaillering der dichtheidsmetingen in de sluitgaten nodig is, en in de Oosterschelde, zodra het tracé van de dam zal zijn vastgesteld.

De werkhaven 'Schelphoek'

Voor met de aanleg van de afsluitdam in de mond van de Oosterschelde kan worden begonnen, moeten aan beide oevers van de Oosterschelde werkhavens worden aangelegd. Deze werkhavens zullen vooral dienen voor de ontsluiting van het toekomstige werkgebied te water, de overslag van diverse materialen in rustig water en de aanleg van buffervoorraden. Ze zullen ook de noodzakelijke veilige ligplaats verschaffen aan het drijvend materieel dat bij de dambouw wordt ingeschakeld.
Aan de rechteroever van de Oosterschelde is bij de ramp van 1953 een stroomgat ontstaan dat 'Schelphoek' wordt genoemd. Dit is een zeer geschikte plaats gebleken voor de aanleg van een werkhaven. De Schelphoekkom, ten zuiden van het dorp Serooskerke op Schouwen gelegen, wordt door de nog aanwezige restanten van de vroegere, doorbroken zeedijk goed afgeschermd tegen golven uit westelijke richtingen. Bovendien ligt de kom geheel buiten de invloed van de getijstromen in de Hammen, een geul die ten zuiden van Schouwen loopt.
De werkhaven zal worden omsloten door een drietal dammen, namelijk een westelijke en een oostelijke havendam, en een schermdam aan de zuidzijde van de haven, die ongeveer evenwijdig aan de ringdijk zal komen te liggen. Deze schermdam, uit stortsteen op te bouwen, zal de golven uit zuidelijke richtingen uit de havenkom weren.
De havenkom zal een oppervlakte krijgen van 300 × 400 meter en worden uitgebaggerd tot een diepte van N.A.P. — 6 m. In het midden van de havenkom en ten zuiden van de schermdam zullen putten gebaggerd worden tot een diepte van N.A.P. – 10 m, bestemd voor de opslag van mijnsteen en grof grind onder water.
De toegangsgeul naar de haven krijgt een diepte van N.A.P. — 6,50 m; de havenmond zal op dit peil 135 m breed zijn. Rondom de havenkom zal een aantal werkterreinen worden aangelegd. Langs de noordzijde van de haven wordt op N.A.P. + 3 m een terrein aangelegd dat aansluit tegen de ringdijk. Aan de havenzijde van dit terrein zullen twee loswallen uit eenheidscaissons worden opgebouwd. Het terrein is nodig voor alle handelingen met en verplaatsingen van te lossen materialen; het zal worden voorzien van een afdekking met hoogovenslakken.
Het noordwestelijk gedeelte van dit terrein zal verhoogd worden tot N.A.P. + 5 m; daar komen de directie- en aannemersketen.
Een tweede werkterrein kan op de westelijke havendam worden aangelegd. Deze havendam wordt zo gesitueerd, dat aan de westzijde ervan voldoende ruimte overblijft in de Schelphoekkom voor het maken van een bouwdok waarin doorlaatcaissons gebouwd kunnen worden voor de toekomstige afsluiting van de Oosterschelde. Om deze bouwput tegen overstroming te beveiligen zal aan de westzijde van het werkterrein een tuimelkade

1 en 3. Situatie en overzicht van het te maken werk

1

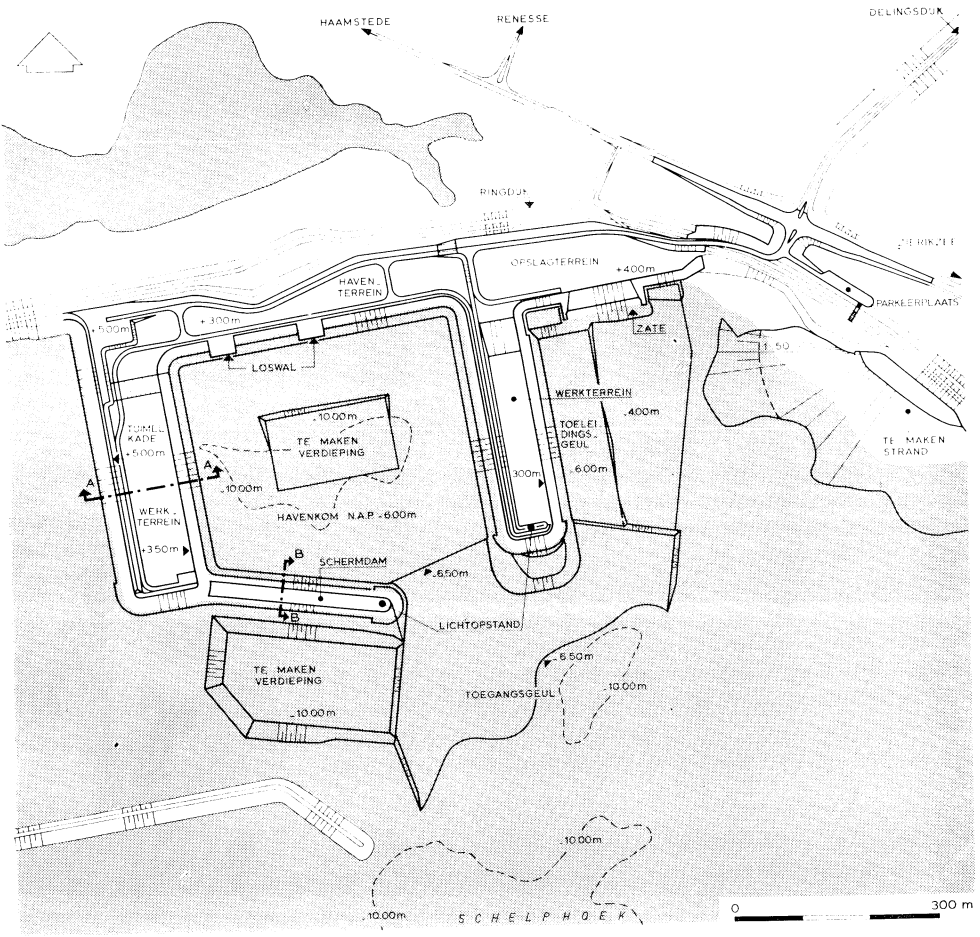


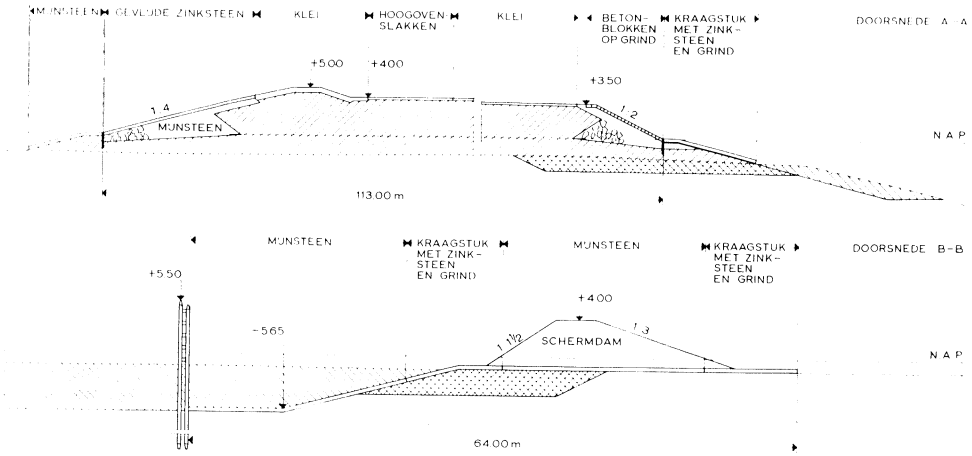
2. De Schelphoekkom

met een kruinhoogte van N.A.P. + 5 m worden gemaakt. Het werkterrein zelf krijgt een zodanige breedte dat er voldoende ruimte zal zijn voor het opstellen van een betonfabriek met bijbehorende materiaalopslag, en voor het verwerken van wapenings- en constructiestaal.

De kruin van de oostelijke havendam kan beschouwd worden als reservewerkterrein; hier zou men bijvoorbeeld extra ruimte kunnen vinden voor opslag van materialen. Langs de oostkant van de oostelijke havendam komt een toeleidingsgeul ter breedte van 75 m en met een diepte van N.A.P. — 6 m. Deze geul sluit aan op een werkterrein waar een zate voor de mechanische vervaardiging van zinkstukken kan worden aangelegd. Het terrein in de naaste omgeving van de zate zal dienst doen voor de opslag van rijshout, voor de vervaardiging van wiepen en voor het opstellen van loodsen en keten. Aan weerszijden van de zate komt een meergelegenheid voor rijsschepen. Waar dit werkterrein is geprojecteerd ligt een strandje, destijds door de gemeente Serooskerke tijdens de aanleg van de Delingsdijk tegen de ringdijk van de Schelphoekkom aangespoten. De

3





Dwarsdoorsneden A en B

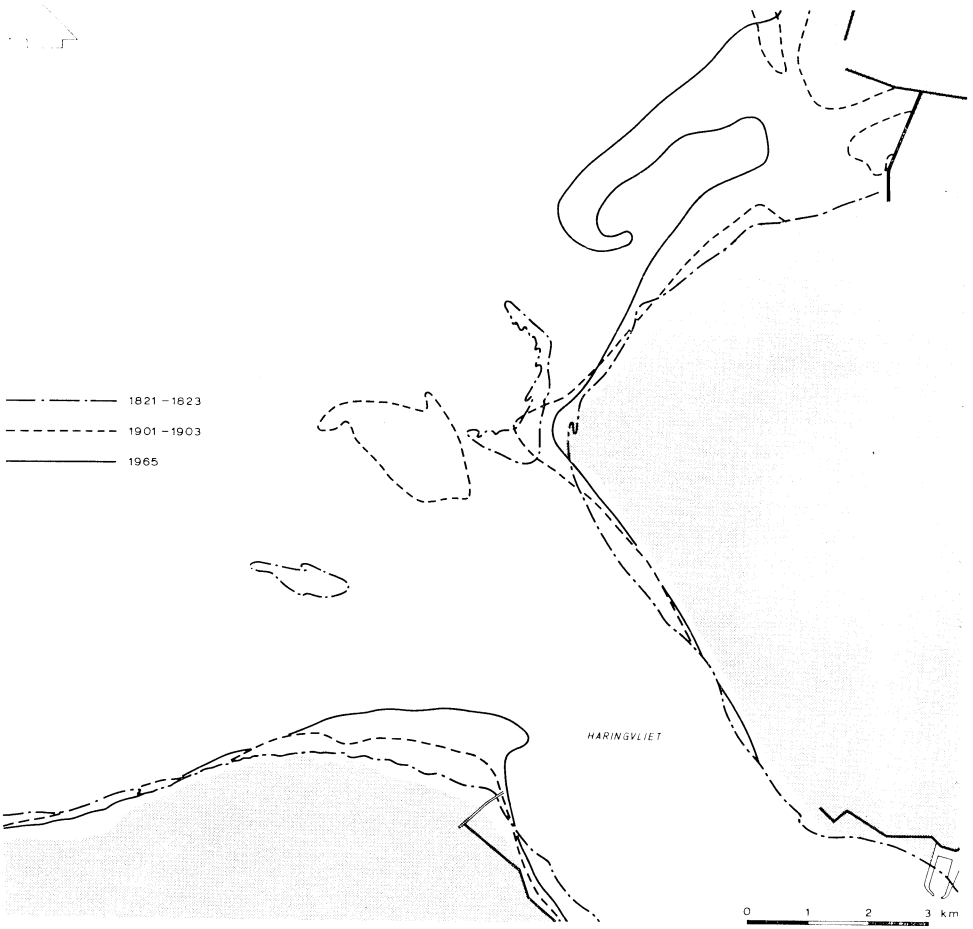
aanleg van de haven maakt het nodig dat deze recreatiemogelijkheid verdwijnt; ten oosten van de zate zal echter nieuw strandje worden opgespoten.
Op het havenplateau zal een wegenstelsel worden aangebracht, dat alle bovengenoemde werkterreinen goed bereikbaar maakt voor vrachtauto's; ter plaatse van de Delingsdijk zal het op de provinciale weg Zierikzee-Haamstede aansluiten. De aansluiting zal pas een definitieve vorm krijgen bij de uitvoering van een baanverdubbeling over een gedeelte van de provinciale weg. Bij de toegangsweg naar de werkhaven zal ter plaatse van het strandje een eenvoudige parkeerplaats voor een vijfentwintigtal auto's worden gemaakt.
Uit grondmechanisch onderzoek bleek voor de stabiliteit van de ontworpen taluds aan de binnenzijde van de westelijke havendam, onder de schermdam en het opslagterrein bij de zate een grondverbetering noodzakelijk. In totaal dient ca. 675 000 m³ grond te worden afgevoerd. Voor de afvoer van deze specie waren twee oplossingen denkbaar: vervoer van de specie met onderlossers naar een diep gedeelte van de Hammen en berging in een gronddepot in de oosthoek van de Schelphoekkom.
Uit een kostenraming blijkt dat het voordeliger is zoveel mogelijk specie in een depot te bergen. Het is daarnaast gemakkelijker uit te voeren, zodat op een bedrijf met minimale stagnatie mag worden gerekend. Bovendien wordt de ringdijk van de Schelphoekkom door het depot beschermd, hetgeen de onderhoudskosten aan die dijk vermindert. Besloten werd, een hoeveelheid van 450 000 m³ door middel van cutteren te verwijderen en rechtstreeks in het gronddepot te persen. Het depot zal een hoogte krijgen van N.A.P. + 3 m en aan de waterzijde aflopen onder een helling van 1 : 50. Gezien deze hoogteligging mag worden verwacht dat het terrein begroeid raakt; de afslag door golven zal bij een flauwe helling van 1 : 50 gering zijn.
Na het perswerk zal de oppervlakte van het boven N.A.P. + 2 m gelegen gedeelte, vijf ha groot, door middel van inzaaien met gerst en ineggen met stro stuifvrij worden gemaakt; na voltooiing van het werk zal het depot aan het waterschap worden overgedragen.
Op 14 februari j.l. vond de aanbesteding plaats; laagste inschrijver was het Aannemingsbedrijf Oosterwijk N.V., met een aannemingssom van f 4 296 000,–. Het werk werd inmiddels gegund, en de uitvoering der werkzaamheden is op 6 maart begonnen.

De bodemopbouw onder de oevers van de eilanden Voorne en Goeree

Na de afsluiting van het Haringvliet in 1971 zullen er belangrijke veranderingen optreden in de waterbeweging en daardoor in het geulenpatroon in het gebied zeewaarts van de dam. Bij gesloten uitwateringssluizen zullen de stromingen daar ter plaatse sterk afnemen. In perioden waarin veel spuiwater via de sluizen wordt afgevoerd, kunnen de stromen echter weer toenemen.
De mogelijke ligging en vorm van de toekomstige geulen in dit gebied is nog in onderzoek. Zouden de geulen zich plaatselijk dichter naar de oever verleggen, dan kan deze oever geërodeerd worden. De mate en snelheid van deze aantasting hangt enerzijds af van de hydraulische omstandigheden, die veel grotere schommelingen zullen vertonen dan thans, en anderzijds van de weerstand die de bodemlagen onder de oever tegen erosie hebben. De erosiebestendigheid van deze bodemlagen is dus mede van belang voor de eventuele oeveraantasting in de mond van het Haringvliet.
De erosiebestendigheid van een oever wordt bepaald door de aard en de samenhang van de aanwezige bodemlagen. Om hierover geïnformeerd te raken werd in samenwerking met de Geologische Stichting een onderzoek ingesteld naar de bodemopbouw onder de oevers van Voorne en Goeree. Met behulp van oude en nieuwgezette boringen werden profielen samengesteld, die in bijgevoegde figuren zijn weergegeven.
Ter toelichting van de omstandigheden waaronder bedoelde grondsoorten zijn gevormd, eerst iets over de geologische geschiedenis van dit gebied. De kennis daarvan is, voornamelijk door onderzoekingen van de Geologische Stichting, de laatste jaren belangrijk toegenomen.
De afzettingen onder de oevers van beide eilanden tot een diepte van N.A.P. – 20 m hebben plaatsgevonden in het zogenaamde holocene tijdperk, dat ongeveer 10 000 jaar geleden begon. Bij de aanvang van het holoceen stond de zeespiegel 20 tot 25 m lager dan thans. Dit werd veroorzaakt door het feit, dat in de voorgaande zeer koude ijstijd veel water in de vorm van ijs was vastgelegd en de zeeën bijgevolg minder water bevatten. In de holocene periode smolt dit ijs af, waardoor de zeespiegel weer steeg; aanvankelijk snel, naderhand langzamer.
De mond van het huidige Haringvliet was bij de aanvang het het holoceen een rivierengebied, waarin een aantal rivierarmen met grofzandige afzettingen voorkwamen. De

schutsluis en de uitwateringssluizen zijn grotendeels in deze grove sedimenten gefundeerd. Tussen de rivierarmen lagen kommen waarin klei werd afgezet en waarin plantengroei mogelijk was. De resten hiervan zijn als veenlagen bewaard. Door de rijzing van de zeespiegel werden de rivierarmen langzaamaan getijgeulen en de kommen getijdebekkens. De overgang zal zich vooral voltrokken hebben door middel van inbraken tijdens stormvloeden. De Noordzee immers was nog erg ondiep, en het getij zal wel vrij zwak zijn geweest. Er ontstonden nieuwe getijgeulen naar deze kommen, waardoor plaatselijk de rivierklei- en veenlaagjes werden geërodeerd. Buiten de getijgeulen werden mariene kleien afgezet; de rivier– of fluviatiele kleien gaan dan ook naar boven toe geleidelijk over in mariene. Deze oudholocene kleilagen worden onder de oever van Voorne op verschillende plaatsen op diepten van 18 à 19 m beneden N.A.P. aangetroffen.
Bij het voortschrijden van de zeespiegelrijzing werd de invloed van de zee in dit gebied

Veranderingen van de laagwaterlijn in de mond van het Haringvliet in de periode 1821–1965



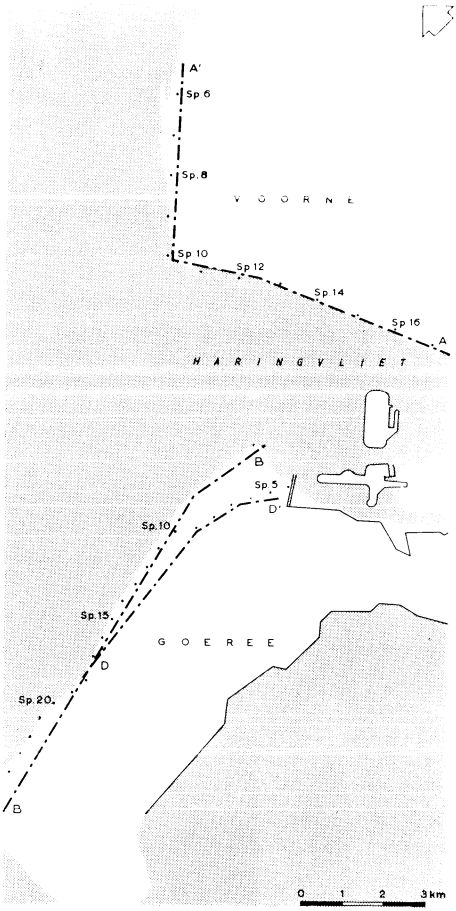
steeds sterker. Er ontstond een groot wadgebied, doorsneden door getijgeulen. In dit wadgebied werden overwegend fijne zanden afgezet, soms slibhoudend of afgewisseld met dunne sliblaagjes. Onder de Voornse oever is het zandige pakket 5 tot 15 m dik. Aan de zuidoostzijde van het profiel zijn 5 m dikke zogenaamde spekkoeklagen, afwisselende zand- en kleilaagjes van 0,5 – 2,5 cm dikte, gesedimenteerd.
Ongeveer 1000 jaar v. Chr. neemt de rijzing van de zeespiegel tijdelijk af. De sedimentatiecondities op het wad worden veel rustiger, waardoor dikke kleilagen tot afzetting komen. Na verloop van tijd verlandt het wad; er komt plantengroei tot ontwikkeling, hetgeen leidt tot de vorming van veenlagen.
Tegen 400 jaar v. Chr. echter begint de zeespiegelrijzing weer door te zetten. Het verlande wad wordt weer overstroomd. Tussen de planten wordt steeds meer klei afgezet, totdat er geen plantengroei meer mogelijk is en uitsluitend zeekleipakketten worden gevormd. Het gehele gebied van eilanden en het tussengelegen thans aanwezige Haringvliet wordt met een ongeveer 1 m dikke kleilaag afgedekt.
Bij het begin van onze jaartelling zet de zeespiegelrijzing sterk door. De waterstanden op het wad worden hoger. Er ontstaan grote en diepe getijgeulen, welke niet alleen op vele plaatsen het bovenste klei-veen-kleipakket hebben verwijderd maar vaak zeer diep in de daaronder gelegen fijnzandige pakketten zijn ingesneden. De geulen zijn het diepst en uitgestrektst aan de zeezijde van de eilanden.
Onder de Voornse oever is een aantal van deze diepe geulen aangetroffen. Deze geulen hebben ook een geohydrologische betekenis. Immers het klei-veen-kleipakket is zeer ondoorlatend en fungeert als een soort scheidingsvlak tussen de grondwaterbewegingen in de zanden erboven en erbeneden. Het grondwater in de bovenste zanden is vaak zoeter dan in de dieper gelegen afzettingen. Ter plaatse van de geulinsnijdingen is het klei-veen-kleipakket als het ware geperforeerd; daardoorheen kan er verticale en horizontale uitwisseling van het grondwater optreden. De genoemde geulen hebben onder de N.W.-oever van Goeree de klei-veenlagen plaatselijk geheel weggeërodeerd. Buiten de geulen, in rustiger water, zijn zandige wadsedimenten afgezet van zogenaamd jong zeezand. Deze zanden zijn langs de huidige kusten opgestoven tot duinen.
Alhoewel in het gebied van het huidige Haringvliet altijd wel geulen en kreken aanwezig zijn geweest heeft het pas in de Middeleeuwen het karakter van een zeegat verkregen. Enerzijds is dit een gevolg van de toen weer sterkere zeespiegelrijzing, maar anderzijds ook van de bedijking van de hoger gelegen grond, waardoor de geulgebieden gefixeerd werden. Vooral na de storm die de inbraak van de Hollandse Waard tengevolge had, nam het Haringvliet snel in betekenis toe. Het zeegat werd breder en de geulen dieper. De geulen in de mond van het zeegat zijn nogal beweeglijk. De oever van Goeree is in bepaalde perioden door de geulen van het Haringvliet aangetast. Het 'holocene profiel' is daar dan ook weggeërodeerd. In de plaats daarvan zijn jonge estuariumsedimenten tot afzetting gekomen, vooral bestaande uit fijne zanden. Ter plaatse van de haak aan de noordoostelijke punt van Goeree (de Kwade Hoek), lag een eeuw geleden nog de 18 m diepe geul van het Slijkgat. Onder de oude duinen van Goeree is het holocene profiel op bepaalde plaatsen wel bewaard gebleven.

Erosiebestendigheid

De huidige geulen in de mond van het Haringvliet zijn 8 à 12 m diep. Verwacht mag worden, dat na de afsluiting van het Haringvliet de geulen althans niet zullen verdiepen. Om de stabiliteit van de geulwand te bepalen moet men de kwaliteit bezien van de

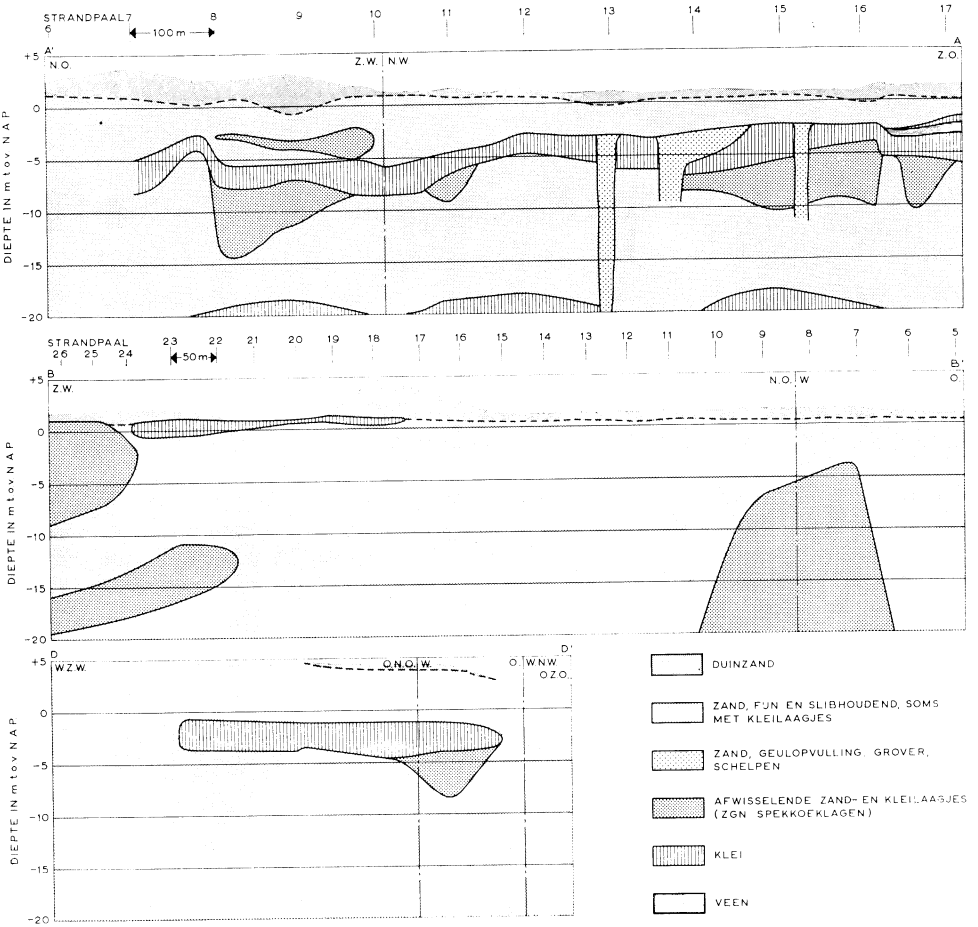
1. Ligging van de bodemprofielen AA', BB' en DD' 1

2. Bodemprofielen AA' (Voorne), BB' (Goeree), en DD' (Goeree)



bodemlagen onder de oevers van de eilanden tot een diepte van ongeveer N.A.P. – 10 m. De erosiebestendigheid van de kleilagen kan als goed worden gekwalificeerd. De weerstand tegen erosie van de zogenaamde spekkoeklagen komt in grote lijnen overeen met die van kleilagen. In het Driemaandelijks Bericht nr. 37 (augustus 1966) werden hierover reeds mededelingen gedaan. Het fijne wad- en estuariumzand is maar weinig erosiebestendig.

Onder het eiland Voorne komt op een diepte variërend van 2 tot 6 m beneden N.A.P. een 2 à 3 m dikke jong holocene kleilaag voor, en daaronder plaatselijk spekkoeklagen. Deze situatie heeft een stabiliserende invloed op de oevererosie langs de zuidoostkust van Voorne. Het kustprofiel is daar weliswaar steil, doch in de laatste decennia is er slechts een beperkte oeveraantasting opgetreden. De laatste jaren blijkt deze oeveraantasting enigszins toe te nemen, echter met relatief geringe snelheid. Naar de westpunt van Voorne komt de kleilaag dieper te liggen. Mogelijk kan in de boven-



liggende fijne zanden in de toekomst een vlakker kustprofiel ontstaan, hetgeen tot oevererosie kan leiden. Het blijkt dus, dat de bodemopbouw onder de Voornse oever met betrekking tot de erosiebestendigheid nogal gunstig is.
Onder de oever van Goeree komt, met uitzondering van de zuidwestelijke punt, fijn estuariumzand voor. De erosiebestendigheid van dit materiaal is gering. Onder de huidige zeewering van oude duinen ligt in het middengedeelte van het eiland een 2 à 3 m dikke jong holocene kleilaag op diepten tussen 1 en 5 m beneden N.A.P. Gezien haar beperkte omvang en hoge ligging zal deze kleilaag een eventuele oeveraantasting slechts in geringe mate kunnen beperken. Geconcludeerd kan worden, dat de erosiebestendigheid van de bodemlagen aan de zuidwestzijde van het eiland en bij de Kwade Hoek ongunstig is. Met dit gegeven kan dus rekening worden gehouden bij het nemen van maatregelen die door de hydraulische ontwikkelingen in de mond van het Haringvliet noodzakelijk kunnen worden.

De ontwikkeling van constructies en aanbrengmethoden van bodembeschermingen

Bij analyse van de functie van de bodembescherming in het algemeen komt men tot het opstellen van een reeks eisen waaraan elke bodemverdediging moet voldoen. Een bodembescherming moet, wanneer ze aangebracht wordt, in staat zijn grote krachten op te nemen; het bodemmateriaal dient er door te worden geïsoleerd van de overtrekkende stroom; daarentegen moet de bescherming bij voorkeur doorlatend zijn voor water; de waterbeweging mag haar niet aantasten, noch in haar geheel, noch in onderdelen; daarom moet de bodembescherming, als ze uit verschillende stukken is samengesteld, uiteindelijk toch één geheel vormen; ze moet zich goed tegen de bodem aanvlijen onder druk van de belasting, en veranderingen in het bodemprofiel volgen zonder haar sterkte en samenhang te verliezen; chemische en biologische invloeden mogen de beschermende werking niet voortijdig verminderen. Vooral bij de grote werken gelden voorts als desiderata dat de bescherming goedkoop en niet gemakkelijk te beschadigen is en de vervaardiging ervan niet arbeidsintensief.

Indien een snelle stroom over de bodem trekt zal die stroom onder meer water uit de bodem meezuigen, waardoor een, aanvankelijk verticaal gericht, zandtransport wordt veroorzaakt. In het algemeen zal een bodembescherming daarom een filtrerende werking moeten hebben om het zand te kunnen tegenhouden terwijl ze het water doorlaat. Dit laatste is nodig om te voorkomen dat tegen de onderzijde van de bescherming een druk ontstaat die in bepaalde gevallen zo hoog zou kunnen oplopen dat de stabiliteit van de bescherming in gevaar zou komen.

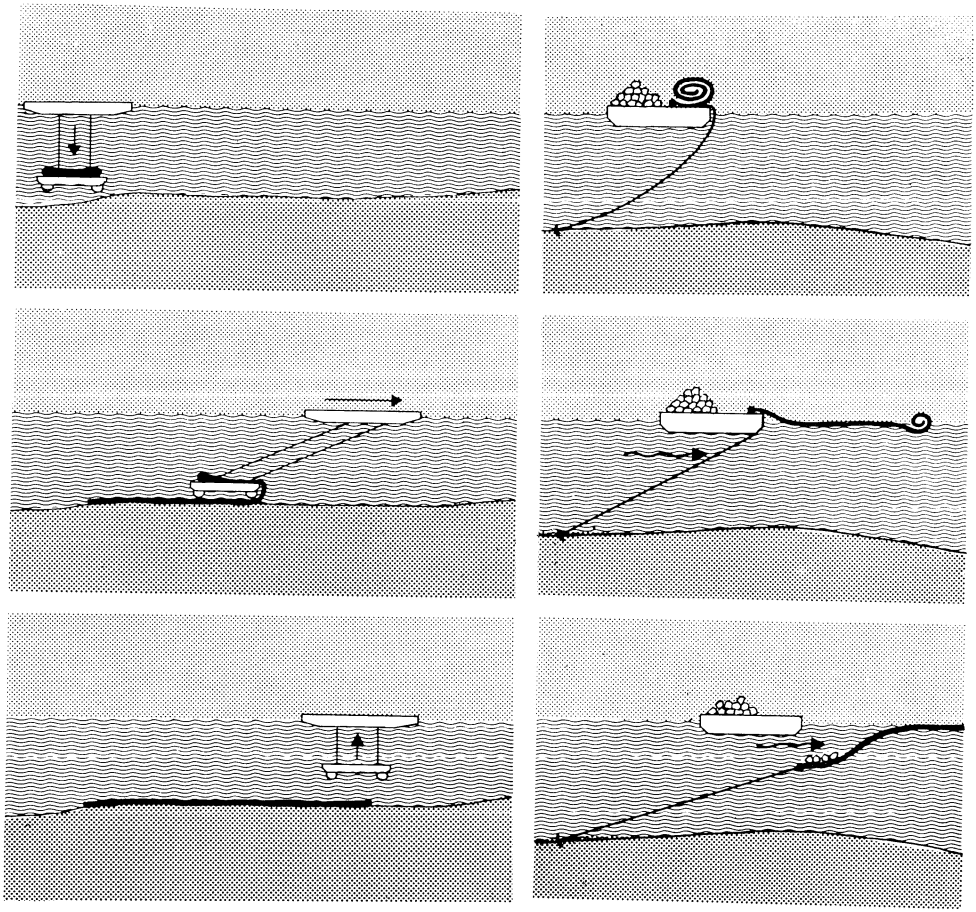
Vanaf het eerste nummer van het Driemaandelijks Bericht vindt men verslag van de pogingen die zijn gedaan om, met het bovenvermelde eisenprogramma in gedachten, te komen tot een uitbreiding en verbetering van het arsenaal van bodembeschermingsmogelijkheden. Aanvankelijk werd alleen gezocht naar variaties op het klassieke rijshouten zinkstuk; later verwijdde zich de vraagstelling, en zocht men meer in het algemeen naar zo effectief mogelijke methoden om de bodem te verdedigen, ongeacht welke materialen en welke methodes daarbij toepassing zouden vinden.

Wanneer bij de aanleg van een bodembescherming de mogelijkheid bestaat haar in den droge aan te brengen, zal men die gelegenheid altijd aangrijpen. Dat is vaak het geval bij de aanleg van stortebedden die de bodembescherming vormen aan weerszijden van een sluis die in een bouwput wordt gemaakt. In den droge kan men het filter van stenen van een

steeds toenemende grootte waaruit zo'n stortebed dan bestaat, zeer nauwkeurig bouwen. Als onderlaag gebruikt men meestal een krammat; een betere scheiding van het bodemmateriaal wordt echter verkregen door een filterdoek, waarvan onder meer gebruik werd gemaakt aan weerszijden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet. Een beschrijving hiervan vindt men in nr. 24 (mei 1963) van deze Berichten.
In de meeste gevallen echter zal de bodemverdediging in den natte moeten worden aangebracht. De meest gevolgde werkwijze is dan dat men het beschermende filter in zijn geheel op een zate vervaardigt, en daarna drijvend afvoert naar de plaats van bestemming, waar men het met ballast op de bodem brengt en houdt. Zo'n filter werd vroeger vrijwel steeds en wordt thans nog wel opgebouwd in de vorm van een klassiek rijshouten zinkstuk. De boven- en onderlaag van dit stuk worden gevormd door een roosterwerk van wiepen, dat zijn ineengedraaide lange strengen van rijshout. Tussen die twee roosters ligt een losgevoegd rijshoutpakket, dat het eigenlijke filter vormt, en het bodemmateriaal moet isoleren van de overtrekkende stroom. Uit laboratoriumproeven, maar ook uit de praktijk, is gebleken dat dit filterpakket in veel gevallen onvoldoende zanddicht is. Het bodemzand, dat tussen de wiepen van het onderroosterwerk ruimte vindt om op te warrelen, dringt soms door de gehele rijshoutlaag heen. Om daar verbetering in te brengen kan men het stuk met meer steen dan gebruikelijk afstorten, of bijvoorbeeld door middel van een rietlaag tussen het rijshout de uitspoeling van het bodemmateriaal trachten te verhinderen. Toepassing van een zeer dikke steenlaag maakt de bodemverdediging duur, terwijl riet nog geen afdoende uitwerking bleek te hebben. Toch ging men voort de oplossing te zoeken in verdikking van de rietlaag, of in toepassing van riet in andere vorm, bijvoorbeeld van geperste rietplaten. De ontwikkeling in deze richting werd een tijd lang begunstigd doordat algemeen voor de komende jaren schaarste aan rijshout werd verwacht, terwijl riet overvloedig voorradig zou zijn.

Kunststofstukken

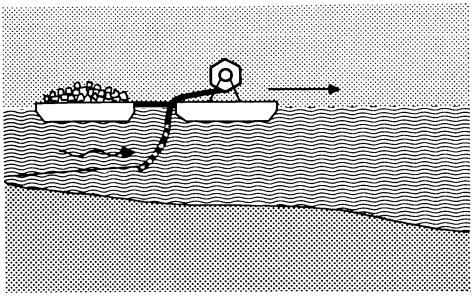
Het waren in de eerste plaats de kunststoffen die het speurwerk een andere richting deden nemen, omdat vrij plotseling een rijkdom aan materialen ter beschikking kwam met begeerlijke eigenschappen: grote mechanische sterkte, soepelheid en ongevoeligheid voor rotting; de mogelijkheden voor prefabricage namen toe.
De eerste proefnemingen werden gedaan met een enkele gesloten folie die in één richting verstijfd werd met ingekleefde gasbuizen, bij wijze van baleinen. De eis van waterdoorlatendheid werd hierbij veronachtzaamd. Na het uitleggen op de bodem werd de folie met stenen verzwaard. Noch deze enkelvoudige folies, noch dubbele folielagen, die er door hun met zand gevulde compartimenten uitzagen als gewatteerde dekens, voldeden aan de verwachtingen. De eerste kunststofstukken die in de praktijk werden toegepast waren een nyloncellenmat, beschreven in nr. 15 (februari 1961), en een opgerold stuk folie, voor de beschrijving waarvan wordt verwezen naar nr. 8 (mei 1959) van het Driemaandelijks Bericht. Het folierolstuk verloor zijn geslotenheid doordat het ten behoeve van de bevestiging der wiepen werd doorboord, en zo, zonder geheel tot een filter te worden, toch een gedeeltelijke waterdoorlatendheid verkreeg.
Aanvankelijk bracht men zo'n rolstuk op zijn plaats door het drijvend op het water uit te rollen, het dan te doen zinken met behulp van de stroom, en er vervolgens steen op te storten. Later werd dit procédé aanzienlijk verbeterd door invoering van een haspel die, op een bak geplaatst, de folie gelijkmatig van zich liet afwikkelen. Tegelijkertijd bestortte men het stuk, eerst met een laag grind, om het stuk aan de grond te hou-



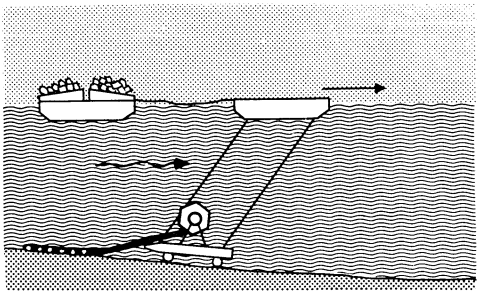
1. Apparatuur voor het neerleggen van nylonmatten

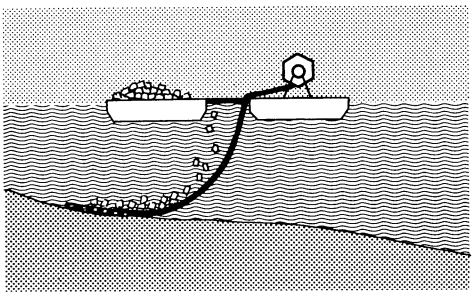
2. Oorspronkelijke uitlegmethode van een folierolstuk

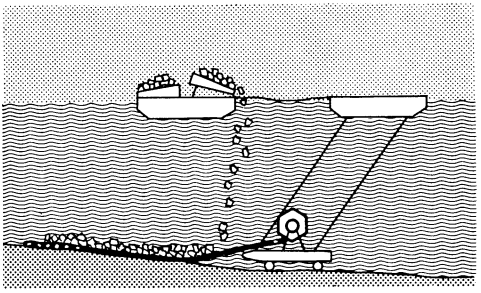
den, en vervolgens met een laag stortsteen, in grootte en gewicht afhankelijk van de te verwachten stroomsnelheid. De uiteinden van elke baan werden vooraf verzwaard, zodat het gevaar van opkrullen onder invloed van de stroom bezworen werd. Het Driemaandelijks Bericht nr. 35 (februari 1966) bevat het verslag van de afsluiting van het Zuiderdiep, waarbij de haspel werd gebruikt voor het neerleggen van een foliestuk. Mede op grond van de opgedane ervaring voert men deze manoeuvre liever niet uit op waterdiepten van meer dan 5 tot 7 meter. Wil men een dergelijke mat in dieper water aan de grond brengen, dan is een andere werkwijze mogelijk. Men monteert de haspel dan op een ponton als destijds werd ontworpen voor het uitleggen van een nylonmat, en als dit samenstel op de bodem is neergelaten, kan met het uitrollen worden begonnen door de ponton te verhalen, zoals beschreven in nr. 15 van deze Berichten. Rolstukken kunnen op een eenvoudige zate worden vervaardigd. Slechts is de aanwezig-

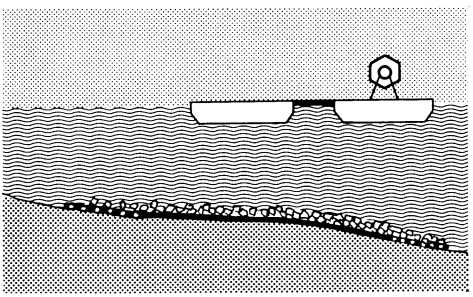


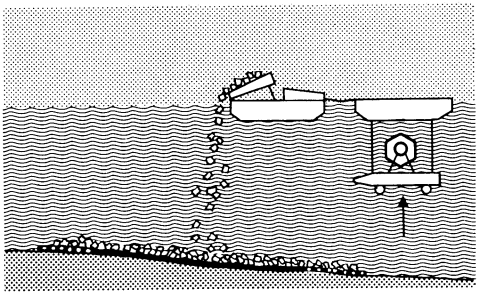
3. Verbeterde methode





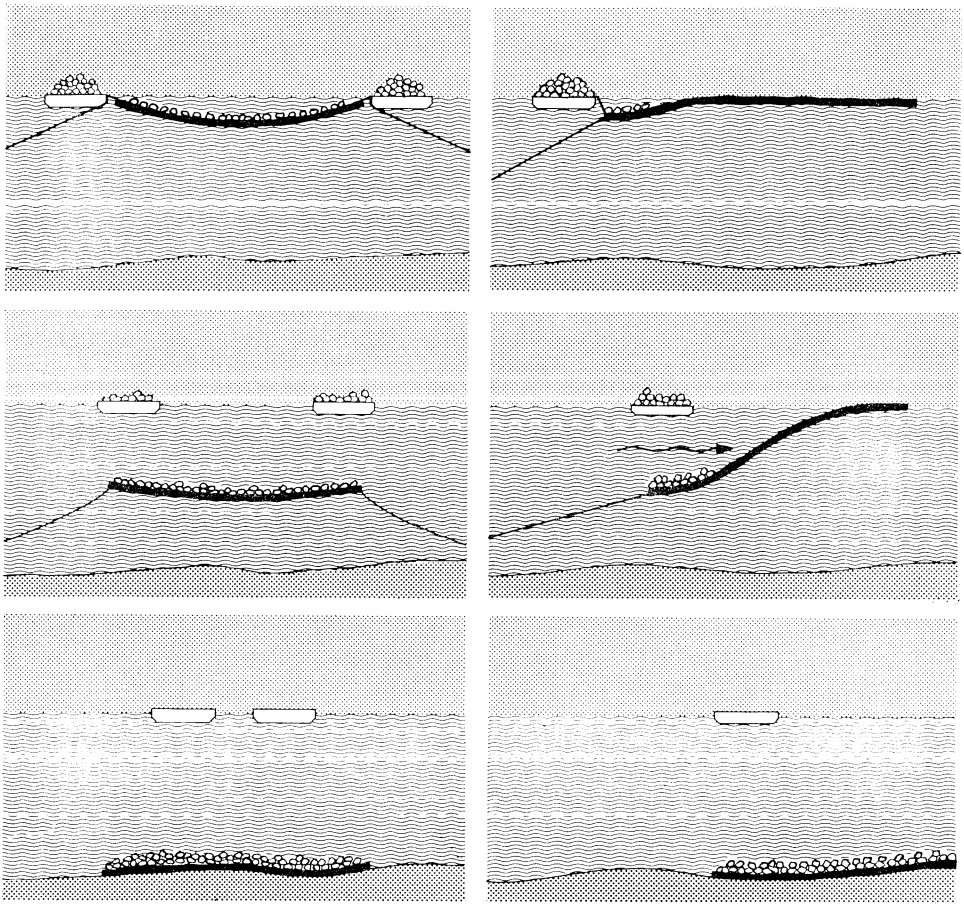






4. Voorgestelde werkwijze in diep water

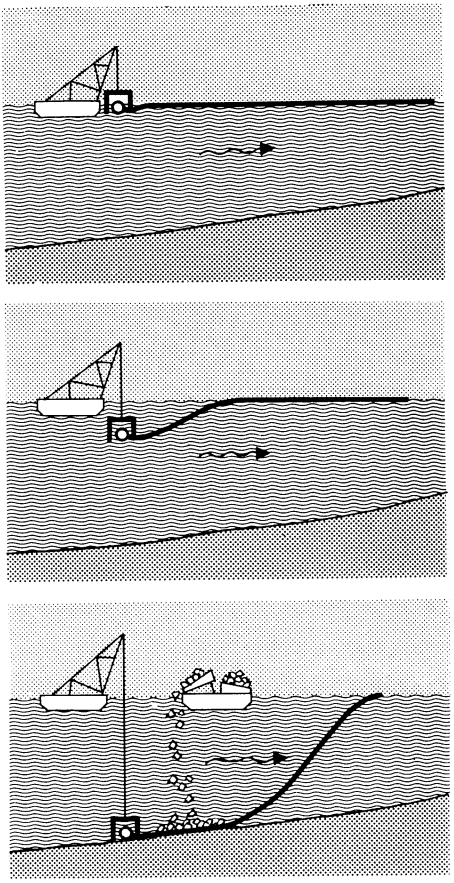
heid vereist van een voldoende sterk hijstuig om de gevulde haspel op een bak te plaatsen voor vervoer naar de plaats van bestemming.
Kunststof wordt pas sterk door verstrekking; vandaar dat weefsels van gerekte draad of band aanzienlijk sterker zijn dan folies. De folie heeft in de bodembescherming dan ook plaats moeten maken voor kunststofweefsels, waarbij een weefsel van minuscule platte bandjes misschien een betere zanddichtheid waarborgt dan een van draden met een ronde doorsnee. Duizenden vierkante meters van een dun bandweefsel, versterkt met kippegaas en riet, zijn als taludbescherming neergelegd in de nieuwe Rotterdamse havengebieden. De combinatie van weefsel, kippegaas en riet is laatstelijk vervangen door één zwaar, samengesteld kunststofweefsel, dat er uitziet als een kokosmat. Aan deze mat hoeven verder geen verstevigingen te worden toegevoegd, zodat hij op zichzelf als filter kan dienst doen. De breeksterkte van deze nieuwe kunststofstructuur bedraagt



1 2

30 ton/m¹ breedte, tegen 2 ton/m¹ bij het klassieke zinkstuk. Het materiaal is, als alle kunststoffen, langdurig houdbaar, terwijl de fabricage en de plaatsing kunnen worden uitgevoerd door betrekkelijk ongeschoolden onder leiding van een enkele technicus. De directe kosten aan materiaal en bewerking bedragen thans f 11,– per m².

In april 1966 is bij de doorgraving die werd gemaakt om de bouwput van de uitwateringssluizen in het Haringvliet in verbinding te brengen met open water, bij wijze van proef een aantal van deze dikke matten aangebracht als kraagstuk. De verdediging is hier van tijdelijke aard, zodat bij het opruimen van de stukken tevens kan worden vastgesteld hoe het materiaal zich gehouden heeft. In plaats van wiepen werden kunststofdrainagebuizen gebruikt, die op de mat werden gebonden. De matten werden geleverd in banen van vier meter breed, die men eenvoudig aan elkaar niette. Op het uiteinde van elke mat werden betonbanden gelijmd, bij wijze van voorballast. Bij het leggen bleek het stuk zeer handelbaar. Alleen de kunststofwiepen stelden teleur; boven de waterlijn moest met grote voorzichtigheid worden afgestort, omdat de drainagebuizen gemakkelijk werden beschadigd of van de mat afgerukt.



1 Zinken bij kentering

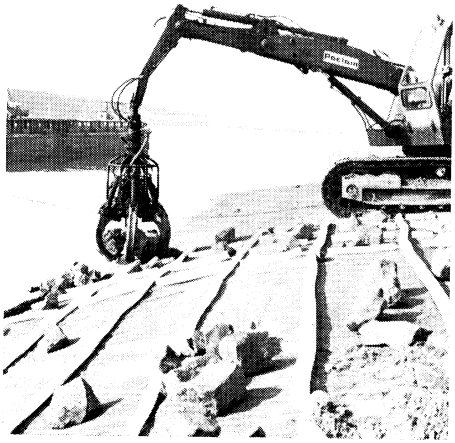
2 Zinken op stroom

3 Zinken met zinkgewicht

3

Vorderingen met het rijshouten zinkstuk

Bij het klassieke zinkstuk hebben de verbeteringen zich niet beperkt tot de invoering van kunststoftouw, waardoor de samenhang van het stuk langer gewaarborgd bleef, en de mechanische vervaardiging van wiepen. Ook de zanddichtheid en de mechanische sterkte zijn verbeterd, door toepassing van een 'zool' onder de zinkstukken.
De laatste jaren is bovendien grote vooruitgang geboekt met de afzinkmethodes. Voorheen zonk men altijd met de kentering, omdat zo rustig mogelijk water in de getijgebieden gunstig leek voor de nauwkeurigheid van het werk. Later heeft men de stroom een deel van het zinkwerk laten doen, en tegenwoordig is de methode van het 'zinken op stroom' algemeen gebruikelijk. Men vindt de methode uitvoerig beschreven in nr. 15 van het Driemaandelijks Bericht. Bij het zinken op stroom verzwaart men de eerste tien meter van het stuk, zodat het begint te zinken. Tegenwoordig kiest men hiervoor het moment waarop het tij juist weer begint te lopen. Door de bestorting duikt de kop van het stuk onder water, en onder druk van de stroom neemt



Aanbrengen van de bestorting op een kraagstuk van samengesteld kunststofweefsel

het stuk dan een helling aan, zodat men er met een schip boven kan komen om het geleidelijk verder af te storten. Verdere verfijning van de methode is er vooral op gericht, het aantal noodzakelijke ankers te beperken. Moet een af te zinken stuk aan alle zijden worden verankerd, zoals bij de oude methode van het zinken tijdens kentering het geval was, dan moeten er onvermijdelijk een paar ankers vallen in de reeds eerder neergelegde zinkstukken. Bij het terughalen van de ankers kwam het niet zelden voor dat men een deel van het vroegere werk weer vernielde.

De kopballast, die vroeger met het stuk meeging naar de diepte, wordt tegenwoordig vervangen door een gewicht dat na het zinken wordt teruggehaald. Het voor stroomzinken benodigde werktuig, meestal een verankerd schip, moet in dit geval voorzien zijn van een voldoende sterke hijsinstallatie om het 'zinkgewicht' weer binnen boord te halen. Aan het zinkgewicht kunnen ook de ankerdraden bevestigd worden.

Het zinkstuk wordt op de zate voorzien van een drijfbuis aan kop- en staartzijde, waaraan het ook naar de zinkplaats wordt versleept. Deze buis wordt zo bevestigd, dat de bij het slepen optredende krachten regelmatig over de breedte van het stuk worden verdeeld. De verbindingen tussen de buizen en het stuk kan men na afloop van het zinken langs hydraulische weg losmaken. De buizen komen dan weer bovendrijven, en kunnen worden geborgen om opnieuw te worden gebruikt.

Twee vletten verslepen het stuk naar de zinkplaats en varen links en rechts langs het werkschip, daardoor de kopbuis onder het zinkgewicht brengend. Dit gewicht ziet er aan de onderkant in doorsnee uit als een vork, die de kopbuis van het stuk omvat en naar beneden drukt. Legt men nu aan de andere zijde van het stuk ook een schip neer, dat met enige draden de staart van het stuk bestuurt en in bedwang houdt, dan heeft men het stuk geheel in zijn macht. De kop kan zo langzaam omlaag gedrukt worden dat het stuk telkens tijd krijgt een evenwichtsstand in te nemen die de door de stroomdruk opgewekte krachten tot een minimum beperkt. Nu de kopballast achterwege blijft kan de bestorting geheel mechanisch, met behulp van steenstorters geschieden, zodat men heel wat arbeidskrachten uitspaart.

Het grootste voordeel van een methode waarbij het zinkgewicht de kopbuis van het stuk grijpt, bestaat echter in de aanzienlijk grotere bestuurbaarheid van het stuk. Tot vlak boven de bodem kan het worden vastgehouden en zo nodig verhaald, totdat het nauwkeurig op de gewenste plaats aan de grond komt. De kop van het zinkstuk wordt daar-

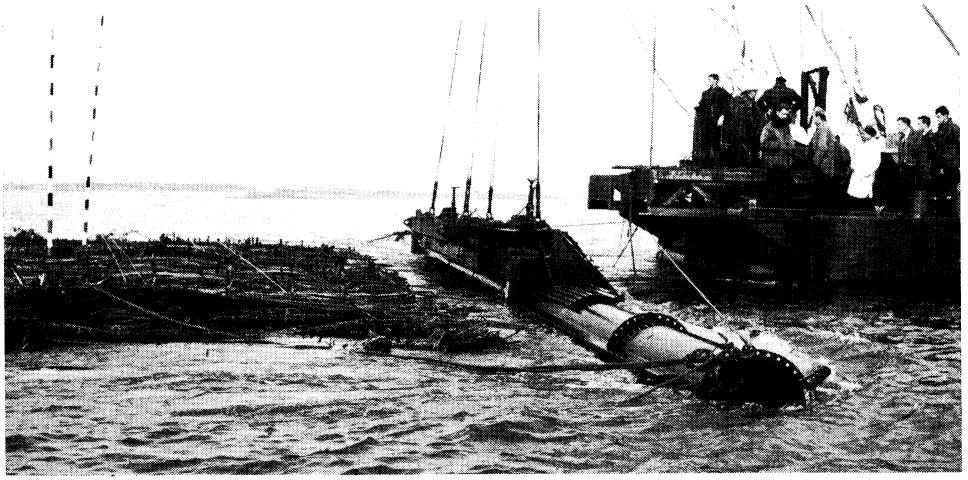
toe in dwarsrichting verhaalbaar verbonden met het werkschip, en de ankerdraden naar behoefte verlengd of ingekort.
De plaats waar het stuk zich bevindt, kan nauwkeurig worden nagegaan door een systeem van elektronische indicatie. In het eerste stuk van een bezinkveld wordt een metalen draad verwerkt die dient als zendantenne voor de elektromagnetische golven die uitgaan van een kleine zender op een boei in de nabijheid. De uitgezonden golven worden opgevangen door een aan het zinkgewicht vastgemaakte detector, die de stroom doorgeeft aan een aan boord van het werkschip opgestelde meetkast. De detector bevat twee onder een hoek van 90° ten opzichte van elkaar opgestelde spoelen, die ieder zijn verbonden met een ampèremeter in de meetkast. Bevindt de detector zich recht boven de zenddraad, dan is de uitslag van beide meters gelijk. Bij een afwijking naar rechts zal de rechter meter meer, de linker meter minder uitslag vertonen, en omgekeerd, alsdus een aanwijzing vor-

1. Een kraagstuk van samengesteld kunststofweefsel als proef in het Haringvliet aangebracht
2. Zinkstuk met kopbuis en opgelegd zinkgewicht

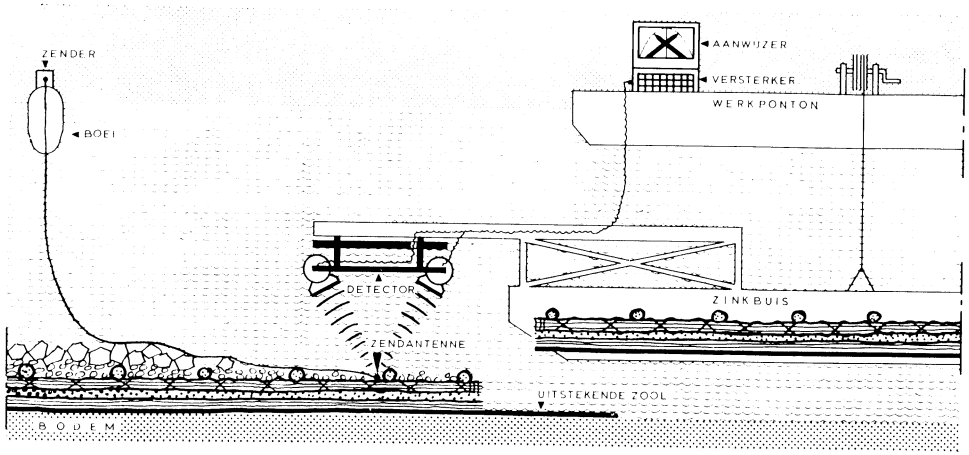
1



2



1



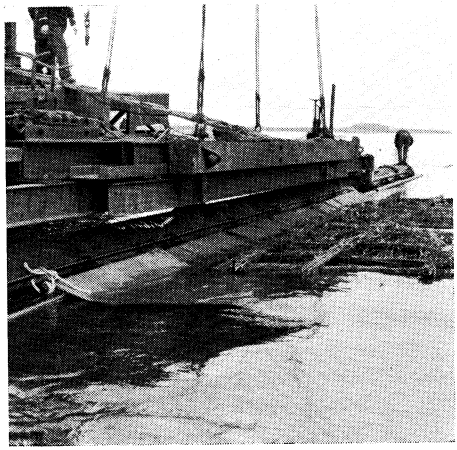
mend in welke richting verhaald moet worden. Plaatst men een aantal zenddraden en ontvangers, en gebruikt men die afwisselend, dan kan zowel in de breedte als in de lengte worden gemeten. De plaatsing van het stuk kan op deze wijze tot op 20 centimeter nauwkeurig worden gecorrigeerd.

Een zwak punt in de meeste bodemverdedigingen vormen de naden. Open naden zijn in elk geval ongewenst, omdat het bodemmateriaal dan toch onder het bereik van de overtrekkende stroom komt. Het is daarom beter, dat de stukken elkaar overlappen; twee dikke rijshouten stukken die gedeeltelijk over elkaar heenliggen veroorzaken echter een richel in de bodemverdeling, met alle hydraulische bezwaren van dien. Daarom maakt men thans aan de afzonderlijke stukken dunner uitlopende randen, die over elkaar kunnen vallen zonder dat er een richel ontstaat. Op die manier kan een egaal afgestorte, als naadloos gevoegde mat worden verkregen.

De treksterkte van het klassieke rijshouten zinkstuk moet voornamelijk worden geleverd door de wiepen. Men is afgestapt van de aanvankelijk gebruikelijke bevestiging van de kopbuis aan de voorste proppen van het stuk, en is een constructie gaan toepassen waarbij de langswiepen van zowel het onder- als het bovenroosterwerk gelijkmatig worden belast.

Behalve met het klassieke zinkstuk zijn er proeven genomen met wat men is gaan aanduiden als een 'semi-klassiek' stuk, namelijk een bodembeschermingsmat van rijshout die wordt vastgemaakt op een 'zool' van polypropeen bandweefsel, steenwol en een rietmat. In de eerste plaats fungeert deze zool als filter. Het samenstel heeft een treksterkte van 3 ton/m¹ breedte, en is daarmee sterk genoeg om de maximaal voorkomende trekkrachten tijdens het zinken op te nemen. Door in een zoom aan het uiteinde twee meter lange buizen van metaal te verwerken, en het midden van die buizen telkens te verbinden met de kopbuis, spreidt men de optredende krachten regelmatig over de gehele voorzijde van de zool. Mocht er toch een ongelijkmatigheid optreden in de belasting, dan kan die worden verwerkt door een strook met dubbel doek. Deze zool wordt in de fabriek gemaakt. Op de gewenste wiepafstand worden aan de onder- en de bovenkant door schietkrammen verbonden azobélatten aangebracht; op de bovenste lat zitten sjorringtouwen, waarmee op de zate het klassieke rijshouten rooster op de zool kan worden vastgemaakt. Tussen zool en rooster komt een dubbele laag rijshout, of soms

2



1 Schematische voorstelling van de elektronische plaatsbepaling

2 Verbinding van een zinkstuk met zool aan de zinkbuis; er is een overstekend zoolgedeelte voor de overlap

ook wel boshout. Door in de buitenste baan behalve op de gewone wiepafstanden nog een stel extra azobélatten aan te brengen geeft men het stuk een stijfheid die voldoende is om de zool zonder meer twee meter onder de rijshoutconstructie te laten uitsteken. Op zo'n dunner gedeelte kan het volgende stuk worden neergelegd zodat er wel een overlapping ontstaat maar geen hinderlijke richel. De op deze wijze gevormde bodemmat voldoet aan alle in de aanvang van dit artikel genoemde eisen. De opdrijving is veel geringer dan de 40 tot 50 kg/m² van het klassieke stuk en kan al door een ballast van 10 à 15 kg/m² worden gecompenseerd. De krachten die bij het zinken optreden zijn bijgevolg aanmerkelijk kleiner dan bij het klassieke stuk.
Als men voorziet dat een stuk met kunststofzool na het afzinken aan bijzonder grote trekkrachten zal worden blootgesteld, bijvoorbeeld doordat het op een helling komt te liggen, dan kan men het eerder genoemde zware polypropeen weefsel van het kokosmattype in de zool verwerken. De kosten stijgen daardoor ongeveer met f 5,– per vierkante meter; en daarmee zou deze mat ook juist vijf gulden duurder worden dan een klassiek stuk. Eigenlijk heeft men dan te doen met een rolstuk van het kokosmattype dat ditmaal door een rijshoutlaag wordt vlakgehouden en, in plaats van afgerold, plat gezonken wordt. In al die gevallen waarin om enigerlei reden moet worden afgezien van het gebruik van een afrolponton, kan een bodembescherming van het kokosmattype dus op de bovenbeschreven wijze, met behulp van een rijshouten bovenlaag, worden gelegd.
Onder de mogelijk te gebruiken kunststoffen tekenen polypropeen bandweefsels zich meer en meer gunstig af. Deze weefsels zijn sterk, goedkoop te verwerken, en goed bestand tegen mechanische beschadigingen. Polypropeen bandjes hebben een grotere treksterkte dan ronde polyetheendraden van hetzelfde gewicht; het rekpercentage ligt met 8% tamelijk laag, terwijl de rektijd uitermate lang is. De hoge breeksterkte van het materiaal kan als het nat wordt nog met 25% toenemen. Inmiddels zijn er ook weefsels van ronde monofilamenten van polypropeen met dezelfde materiaaleigenschappen beschikbaar gekomen. De zool van een semi-klassiek stuk hoeft overigens niet noodzakelijkerwijs uit dit materiaal te bestaan. Andere materialen met goede filterwerking en een soortelijk gewicht zo mogelijk groter dan dat van water zouden eveneens bruikbaar zijn. Men denkt aan vlechtwerk van azobéhout of aluminiumstroken. Het onderzoek naar de bruikbaarheid van deze materialen is nog in gang.

De blokkering van het sluitgat in de afsluitdijk van de Lauwerszee

In aflevering nr. 37 (augustus 1966) van het Driemaandelijks Bericht is het ontwerp van het sluitgat van de Lauwerszee behandeld en uiteengezet waarom gekozen is voor een sluitingsmethode met behulp van doorlaatcaissons. In nr. 39 is het ontwerp van de caissons besproken, waarbij aandacht werd besteed aan een aantal details die in het ontwerp zijn opgenomen met het oog op de uitvoeringsproblemen van de sluiting. Opgemerkt werd, dat het moeilijkste vraagstuk bij de caissonsluiting wordt gesteld door de korte tijd waarin het grote aantal van vijfentwintig caissons moet worden geplaatst. Wat dit inhield voor het ontwerp van de caissons is reeds uiteengezet, maar het bleek ook nodig reeds in een vroeg stadium aandacht te schenken aan de organisatorische kwesties die met de blokkering van het sluitgat samenhangen. Wanneer wij dit keer willen stilstaan bij het programma van de sluiting en de daarbij optredende organisatorische vraagstukken, gaan we vanzelfsprekend uit van de huidige stand van de plannen.

Het tijdschema van het sluitingsjaar.

In het jaar van sluiting – volgens de plannen zal dat 1969 zijn – moet achtereenvolgens een groot aantal werkzaamheden worden uitgevoerd. Allereerst moet de ringdijk van de bouwput waarin de caissons zijn gemaakt, worden doorgebaggerd. Tevens moet men de drempel in het sluitgat, waarop de caissons geplaatst worden, controleren en zo nodig bijwerken. Als dit gebeurd is worden de caissons geplaatst en geballast. Telkens wordt steen gestort tussen de caissons en tegen de bodembakken van de caissons om onderloopsheid tegen te gaan; al eerder moeten de ruimten opgevuld worden die tussen de reeks caissons en de beide dijkkoppen overblijven. Tenslotte wordt er een grondlichaam over de caissons aangebracht, en dan wordt het dijkvak door het sluitgat aan de binnen- en buitenzijde bekleed tot zodanige hoogte, dat het tegen stormweer is beveiligd.
De voorbereidende werkzaamheden voor de eigenlijke blokkering van het sluitgat kunnen niet eerder beginnen dan half februari. Er mag daarom niet op gerekend worden dat de eerste caissons voor 1 april in het sluitgat kunnen worden gevaren. Anderzijds wordt de voor het plaatsen van de caissons beschikbare tijd beperkt door de periode die na het plaatsen nog nodig is om voldoende zand over en naast de caissons te spuiten voor het dijkvak, en voor de bekleding van dit zandlichaam tot een voldoende hoogte.

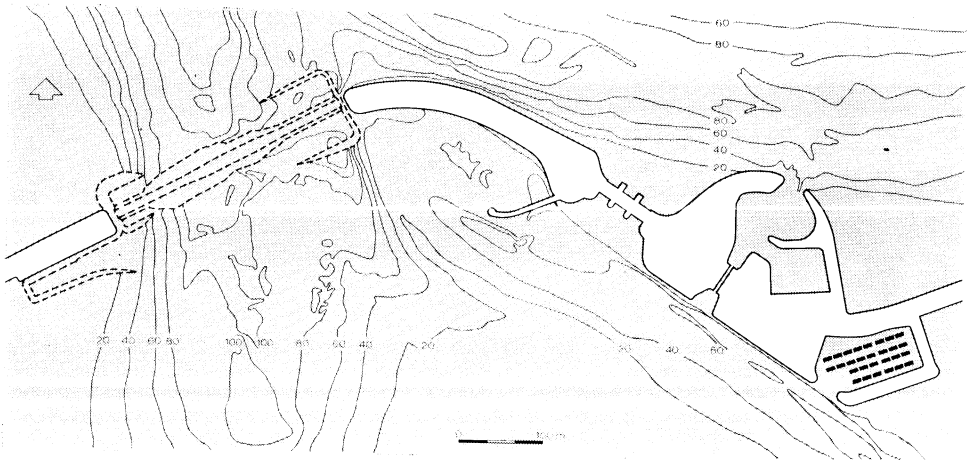
Die werkzaamheden mogen niet later dan half juni beginnen. De tijd, beschikbaar voor de eigenlijke blokkering, dat wil zeggen het plaatsen van de caissons en het afwerken daarvan, alsmede de aansluiting van de landhoofden op de eerste caissons, bedraagt dus ongeveer twee maanden. Pas daarna kunnen de kleppen van de caissons gesloten worden.
In het algemeen zal men bij de blokkering van een sluitgat de werkzaamheden zo proberen te verdelen, dat de laatste fase van de sluiting zich afspeelt in een periode tussen springtij en doodtij. Daarmee wordt bereikt dat naarmate de stroomsnelheden groter worden ten gevolge van het geringere doorstromingsprofiel, de snelheden weer wat worden gereduceerd ten gevolge van de geringere tijverschillen. Deze omstandigheid is bijvoorbeeld bij de blokkering van het sluitgat van het Veersche Gat in 1961 ten volle uitgebuit. Door het grote aantal te plaatsen caissons zal het in de Lauwerszee niet mogelijk zijn evenzo van de zonne- en maanstand te profiteren.
Onderstaande tabel geeft het berekende verschil in maximale stroomsnelheid in het sluitgat bij springtij en doodtij tijdens verschillende stadia van de blokkering.

Grootste gemiddelde stroomsnelheid tijdens eb in het profiel van het sluitgat in m/sec.

Aantal geplaatste caissons	gemiddeld springtij	gemiddeld getij	gemiddeld doodtij
0	2,0	1,8	1,6
10	2,4	2,2	1,9
15	2,6	2,4	2,1
20	3,0	2,6	2,4
25	3,4	3,1	2,7

In de periode tussen 1 april en half juni van het jaar 1969 treden er vijf dode tijen en vijf springtijen op.
Hoeveel dagen zijn er nu werkelijk in deze periode voor het plaatsen van caissons beschikbaar? Om deze vraag te kunnen beantwoorden is het nodig de gang van zaken tijdens het plaatsen van de caissons enigermate te kennen.
Bij het ontwerp van de caissons is erop gerekend, dat zij bij de laagwaterkentering, dus de overgang van eb naar vloed, zullen worden geplaatst. Dit betekent, dat zij zich op dat tijdstip aan de waddenzeezijde van het sluitgat moeten bevinden om in de laatste fase van de eb tegen de dan nog maar geringe stroom in het sluitgat te worden binnengevaren. Om nu te zorgen, dat een convooi van caissons tijdig aan de waddenzeezijde aanwezig is, moet men het gedurende de voorafgaande hoogwaterkentering, dat wil zeggen zes uur voor de plaatsing, uit het bouwdok naar buiten varen.
Na de plaatsing moeten de caissons worden geballast met zand en aangestort met steen; pas daarna kan aansluitend een nieuwe serie worden neergezet. Hoe groter aantal caissons men in één keer neerzet, des te langer duurt de afwerking. De afwerking van één caisson duurt ongeveer acht uur. Voor een convooi van vijf caissons dat in één keer wordt geplaatst, is ongeveer 30 uur afwerkingstijd nodig.
Het behoeft wel geen betoog, dat er naar wordt gestreefd, de manoeuvres met de caissons zoveel mogelijk bij daglicht te doen geschieden. Dat wil zeggen, dat slechts

1



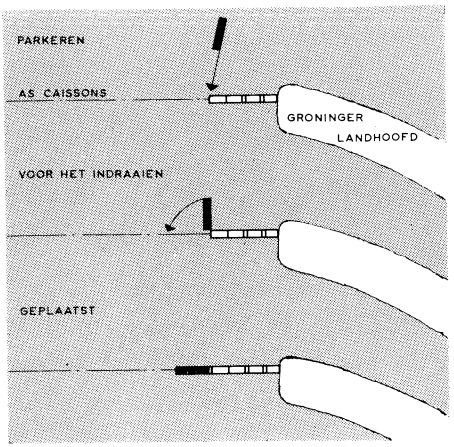
die dagen optimaal werkbaar zijn, waarop een periode van hoogwater tot en met het volgende laagwater tussen zonsopgang en zonsondergang valt.
Een ander uitgangspunt bij deze planning is geweest dat er in het stadium van de voorbereiding niet zonder meer van mag worden uitgegaan, dat er in het jaar 1969 gedurende het weekeinde zal worden gewerkt. Dat wil niet zeggen, dat die mogelijkheid dan volledig is uitgesloten, maar alleen dat de weekeinden slechts in uiterste noodazak zullen worden gebruikt en dat het werken tijdens de weekeinden niet als uitgangspunt van de planning mag dienen. Doordat vele arbeiders van elders in het algemeen pas maandagmiddag op het werk zijn en vrijdagmiddag weer vertrekken, geldt dit ook ten aanzien van de maandagen en de vrijdagen.

De genoemde beperkingen leiden tot de volgende rekensom:

– aantal kalenderdagen in de periode van 15 april tot 10 juni		57
– niet geschikte dagen, omdat er geen periode van H.W. tot L.W. tijdens het daglicht valt	11	
– zaterdagen, zondagen en feestdagen	16	
– dagen aansluitend aan het weekeinde of aan feestdagen	12	
		39
Bruikbare werkdagen:		18

Uit deze berekening blijkt wel dat het zonder bijzondere maatregelen niet mogelijk is, de vijfentwintig caissons één voor één te plaatsen en toch binnen de gestelde tijd gereed te komen met de volledige blokkering van het sluitgat. Twee oplossingen zijn nu mogelijk: men zou telkens tegelijk twee caissons kunnen plaatsen, één aan elke zijde van het sluitgat, daarmee het tempo verdubbelend, maar men zou ook sneller kunnen werken door de caissons tot grotere eenheden aan elkaar te koppelen en aan elkaar gekoppeld te plaatsen.

2



1 Situatie van het sluitgat, het werkeiland en de bouwput voor de caissons

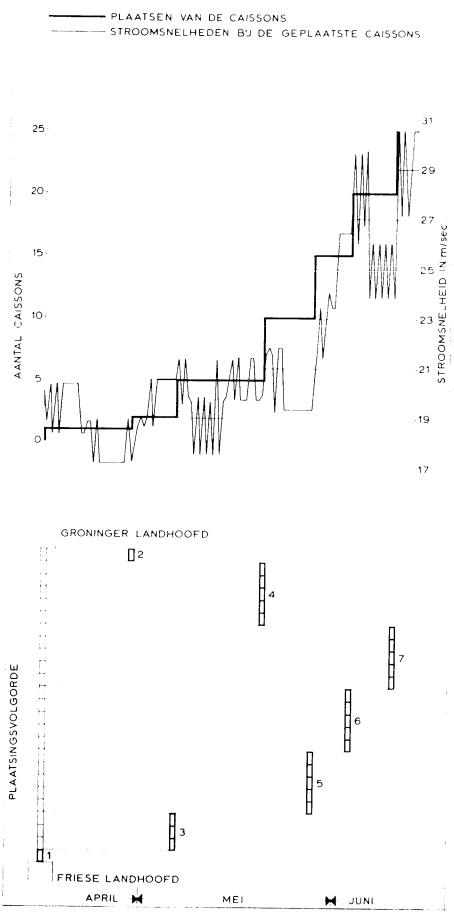
2 Opeenvolgende manoeuvres voor het plaatsen van de caissons in het sluitgat

Bij het onderzoek van de vele varianten, die op deze wijze mogelijk zijn, bleek de eerstgenoemde tempoverhoging ontoereikend. Alle beschouwde varianten van het plaatsingsprogramma gaan derhalve uit van de gedachte een aantal caissons te koppelen. Men stelt zich in alle gevallen voor omstreeks half april de beide landhoofdcaissons te plaatsen en daarna gedurende ongeveer twee weken geen nieuwe caissons neer te zetten. Zodoende geeft men zichzelf voldoende tijd om met de operatie van het afzinken van een caisson ervaring op te doen; wanneer er nog fouten of onvermoede moeilijkheden worden opgemerkt, is er nog voldoende tijd beschikbaar om daar oplossingen voor te vinden; tevens kan die tijd worden gebruikt om de openingen tussen de dijkkoppen en de landhoofdcaissons te dichten.
De eigenlijke blokkering bestaat uit het plaatsen van de overige drieëntwintig caissons. Naarmate meer caissons worden geplaatst en dus een groter deel van het doorstroomprofiel van het sluitgat wordt geblokkeerd, nemen de stroomsnelheden in het sluitgat toe, zoals uit de opgenomen tabel bleek. Om de ontgrondingen die aan weerszijden van het sluitgat zullen optreden zoveel mogelijk te beperken, dient de periode van vernauwing van het sluitgat zo kort mogelijk te zijn. Bij het geschetste programma bedraagt die tijd ongeveer vijf weken. In die vijf weken zijn volgens de bovengenoemde criteria twaalf geschikte dagen. Het is wel duidelijk, dat ook wanneer steeds tegelijk één caisson aan beide zijden van het sluitgat wordt geplaatst, alle dagen die geschikt zijn zullen moeten worden gebruikt, zodat er geen enkele reserve aanwezig is voor tegenslagen of onwerkbaar weer. Dagen met een windkracht groter dan 6 Beaufort moeten als onwerkbaar worden aangemerkt.
Trouwens, ook wanneer er zoveel mogelijk steeds één caisson of aan beide zijden één caisson wordt geplaatst, zal er aan het eind van de blokkeringsperiode een gekoppelde eenheid moeten worden gebruikt. De redenen hiervoor zijn van waterloopkundige aard en zullen verderop worden besproken.
De mogelijkheid tot het koppelen van de caissons werd reeds in een vroeg stadium van de plannen onderzocht, zoals ook in nummer 39 van het Driemaandelijks Bericht werd medegedeeld. Proeven die in het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen met modellen van de caissons zijn uitgevoerd, toonden aan dat het zelfs mogelijk was tot een convooi van vijf aaneengekoppelde caissons te gaan.

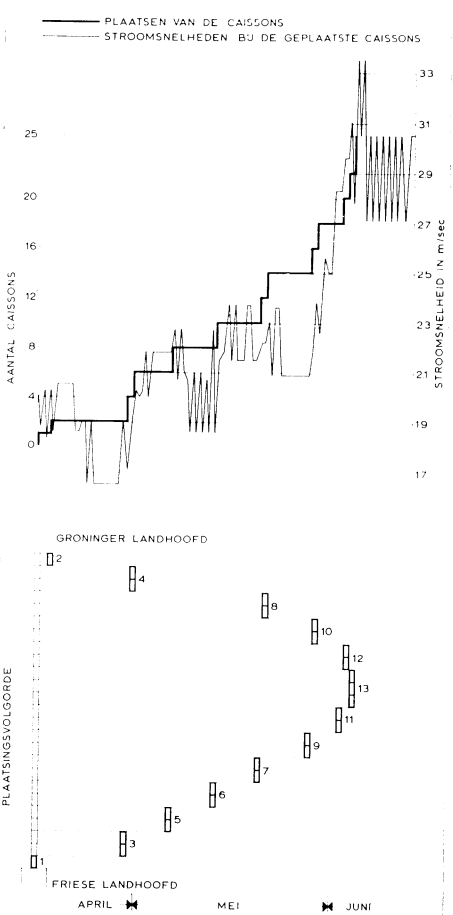
De stroomsnelheden nemen toe, naarmate het doorstromingsprofiel kleiner wordt. Wanneer er telkens 5 caissons tegelijk worden geplaatst (A), gebeurt dat sprongsgewijs.

Wanneer er telkens 2 caissons tegelijk worden geplaatst (B), komen de veranderingen geleidelijker tot stand.

A



B

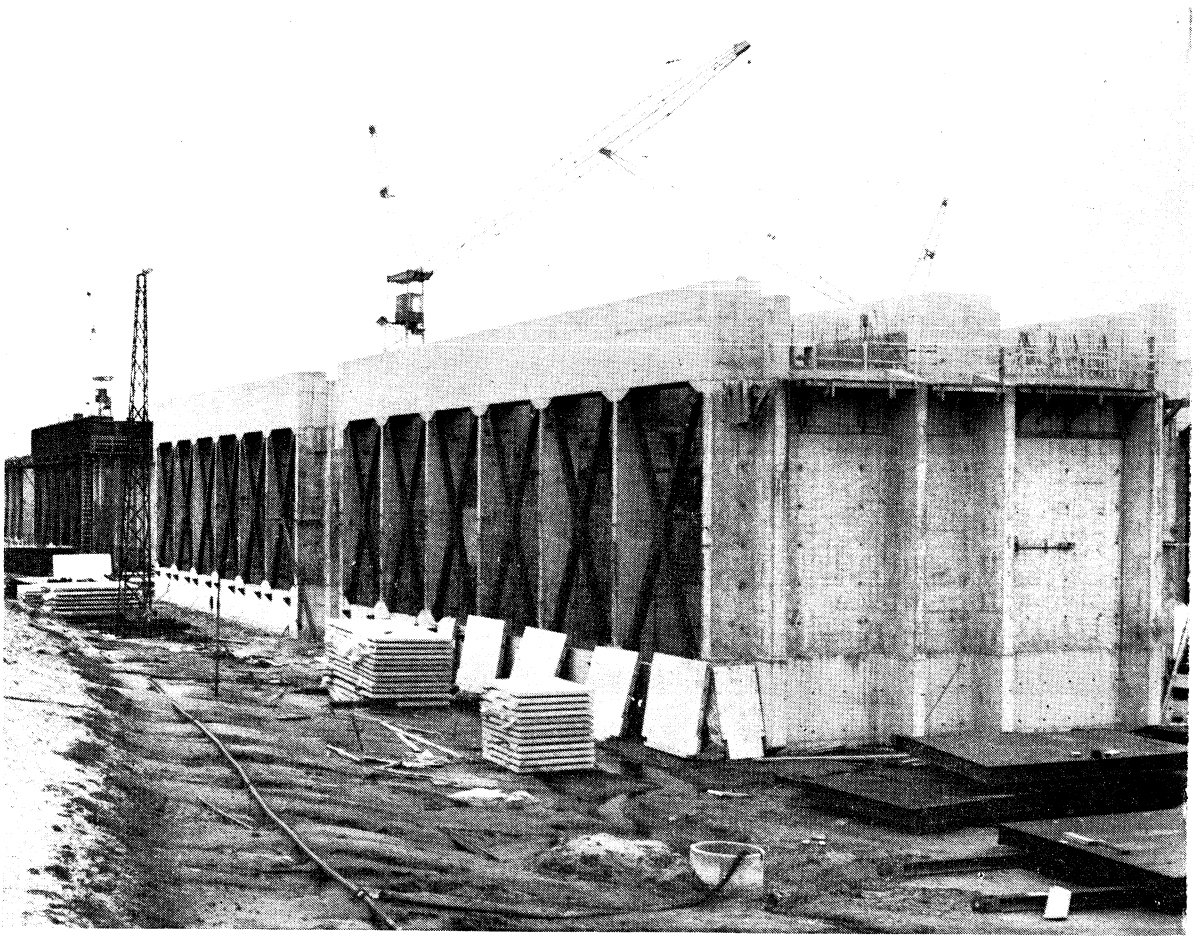


Het gebruik van deze grote convooien heeft zowel voor- als nadelen. Laten wij eerst de nadelen noemen. Voor het manoeuvreren met een eenheid van dergelijke grootte is, gezien de optredende stroomsnelheden, een groot aantal sleepboten van aanzienlijk vermogen nodig. Meer in het algemeen: hoe groter het aantal caissons dat tegelijkertijd wordt geplaatst, hoe omvangrijker en ingewikkelder het werk. Onder geen enkele omstandigheid mag het verlies van een convooi van vijf caissons worden geriskeerd, zodat de planning en de organisatie volkomen waterdicht moeten zijn. Het op de juiste plaats in het sluitgat brengen van een eenheid van 165 m lengte, die bovendien niet volkomen star is, vereist vrij veel tijd, terwijl de beschikbare periode, dus de tijd waarin de stroomsnelheden tijdens de stroomkentering klein genoeg zijn, met het vorderen van de blokkering van het sluitgat steeds kleiner wordt. De omstandigheden in het sluitgat veranderen naarmate de blokkering verder voortgang vindt. Bij gebruik van zulke grote eenheden vinden deze veranderingen sprongsgewijze plaats, in plaats van geleidelijk zoals bij toepassing van kleinere eenheden. De kans op onaangename verrassingen is dus groter.
Echter: bij de procedure van een blokkering is het eigenlijke afzinken van de caissons ongetwijfeld de werkzaamheid die de meeste risico's in zich bergt. Bij het afzinken van vijf caissons tegelijk is het aantal keren dat caissons moeten worden geplaatst 7, tegenover 21 keer wanneer zo vaak mogelijk één caisson tegelijk zou worden geplaatst. Als het aantal dagen waarop caissons moeten worden geplaatst geringer is, wordt ook het risico kleiner dat naar ongeschikte dagen moet worden uitgeweken ten gevolge van tegenslag of slecht weer. Wordt er minder dikwijls afgezonken, dan behoeven de overige werkzaamheden aan de caissons, zoals het vullen van de naden tussen de caissons en het maken van aanstortingen tegen onderloopsheid, niet zo vaak te worden onderbroken. Een definitieve keuze van het te volgen programma is nog niet gemaakt.

De volgorde van plaatsing van de caissons in het sluitgat

Zoals in nr. 37 van deze Berichten is medegedeeld zijn de plaats en de afmetingen van het sluitgat zo gekozen, dat de beide stromingen, die afkomstig zijn uit het Nieuwe Robbengat en het Vaarwater naar Oostmahorn, zich zo gunstig mogelijk over het sluitgat kunnen verdelen.
In het model in het Waterloopkundig Laboratorium te De Voorst is onderzocht in hoeverre de verdeling van de stromingen over het sluitgat van invloed is op de volgorde waarin de caissons het beste kunnen worden geplaatst. Uit deze proeven bleek dat er geen voorkeur bestaat voor enig punt in het sluitgat waar de blokkering moet worden aangevangen, maar om in het laatst van de sluitingsperiode een zo regelmatig mogelijk stroombeeld te verkrijgen moet de laatst te sluiten opening iets ten oosten van het midden van het sluitgat liggen, en bij voorkeur niet kleiner zijn dan de lengte van drie caissons. Het bleek namelijk dat de stroomsnelheid tegen het einde van de sluitingsperiode in het dan nog overblijvende gat groter was dan de gemiddelde snelheid door de reeds geplaatste caissons. In een opening ter grootte van één of twee caissons, dus met een breedte van 35 resp. 70 m, zouden de stroomsnelheden tot 4,5 à 5,5 m/sec. oplopen. Bij zo hoge stroomsnelheden treden bij de koppen van de geplaatste caissons zulke krachtige stroomwervels op, dat de steenlaag op de drempel van het sluitgat ernstige schade kan oplopen. Is de breedte van de laatste opening ongeveer 100 m, dus gelijk aan de lengte van drie caissons, dan zal volgens modelproeven de stroomsnelheid maximaal 3,5 m/sec bedragen, hetgeen aanvaardbaar is.

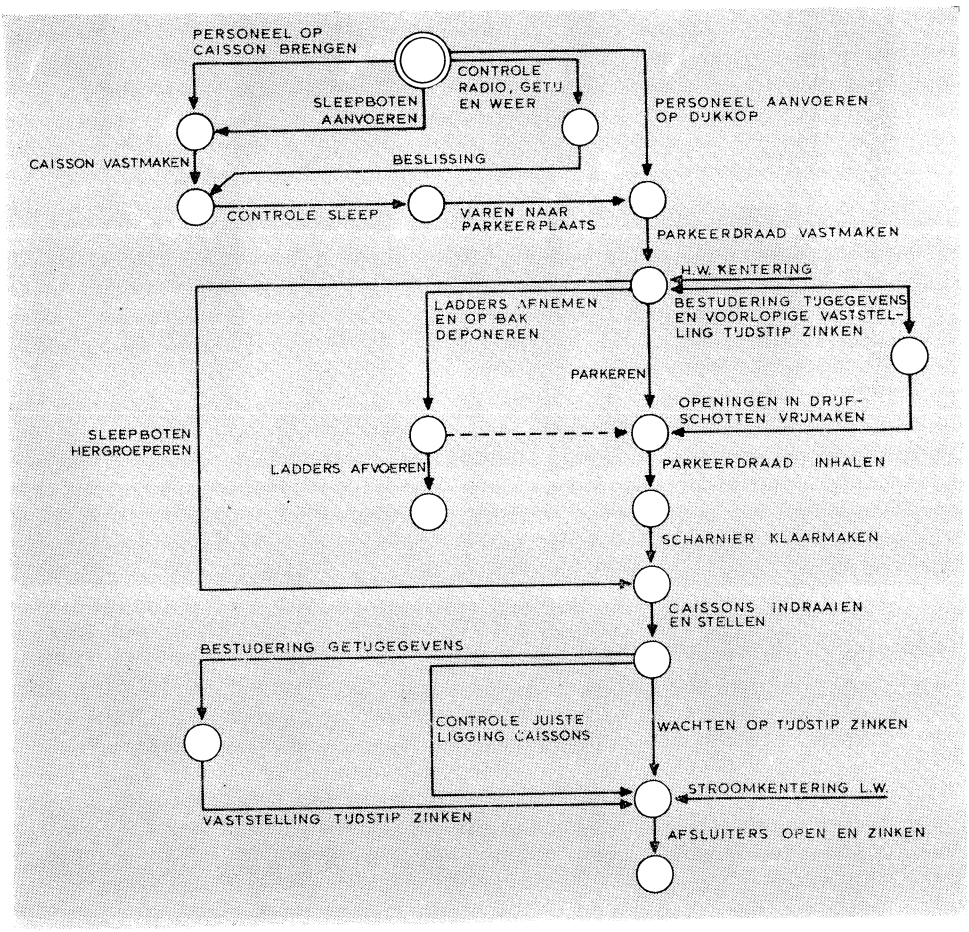
De eerste caissons zijn in ruwbouw gereed



Netwerkplanning

De plaatsing van een caisson in het sluitgat en dus zeker het plaatsen van een eenheid van een aantal gekoppelde caissons is een zo ingewikkelde operatie, dat hierbij niet op improvisatietalent, in hoe ruime mate ook voorradig, mag worden vertrouwd. Een goede planning is een eerste vereiste. Een operatie als de onderhavige leent zich bijzonder voor toepassing van de techniek van netwerkplanning, die de laatste jaren op allerlei gebied steeds meer ingang vindt.
Het uitgangspunt bij deze planningtechniek is, dat er bij de uitvoering van een werk een uit de aard van dit werk noodzakelijke volgorde en samenhang bestaat tussen verschillende onderdelen van de uitvoering. De kap van een woonhuis kan niet eerder worden geplaatst dan nadat de fundering en de muren zijn voltooid. Het netwerk brengt deze samenhang op duidelijke wijze in beeld.
Om het netwerk op te kunnen stellen moet men zich van alle fasen van het werk een

Netwerkplanning toont de samenhang van de verschillende handelingen



helder inzicht verschaffen, waardoor het risico wordt verkleind dat men iets over het hoofd ziet. Wanneer nu de benodigde tijd van alle handelingen bekend is, blijkt uit het netwerk tevens welke opeenvolgende handelingen bepalend zijn voor de duur van het gehele werk. De keten van die handelingen, het zogenaamde 'kritieke pad', moet dus in het oog worden gehouden. Voor de handelingen die niet op het kritieke pad liggen, dus een zekere reserve aan tijd bezitten, kan enige uitloop worden toegestaan.
Wanneer, zoals tijdens een sluiting, vele dingen tegelijkertijd moeten gebeuren, is het netwerk een uitstekend hulpmiddel om de gang van zaken goed voor te bereiden, zodat onder meer van te voren bekend is waar de knelpunten in de organisatie liggen. Dit houdt tevens in, dat men zich er van te voren rekenschap van moet geven welke organisatie nodig is om de planning goed te doen verlopen. Niet alleen moet op de juiste plaats en de juiste tijd voldoende geschikt materiaal en materieel aanwezig zijn, maar ook moet rekening worden gehouden met mogelijke tegenslagen.
Naast alle direct met de plaatsing en afwerking van de caissons samenhangende werkzaamheden zijn er nog een groot aantal andere taken en werkzaamheden die de aandacht vragen. Deze werkzaamheden kunnen worden gesplitst in een aantal groepen. Allereerst worden er tijdens de gehele duur van het werk gegevens verzameld over de omstandigheden waaronder moet worden gewerkt, gegevens over de bodem, waarvoor regelmatig peilingen worden verricht, over waterstanden en stroomsnelheden en meteorologische gegevens over wind, temperatuur en zicht. Op basis van de verzamelde gegevens worden getijberekeningen uitgevoerd en voorspellingen opgemaakt over de loop van het getij waarin caissons worden geplaatst. Een geheel andere taak bestaat in het bijhouden van de planning, wat neerkomt op voortdurende controle van de gang van zaken met het oog op de mogelijke afwijking van de geplande wijze van werken. Uit geconstateerde afwijkingen kan de noodzaak blijken om de wijze van werken aan de mogelijkheden aan te passen. Speciale zorg dient besteed aan het onderhouden van verbindingen. Gezien de afstanden, die tijdens het werk tussen verschillende medewerkers kunnen bestaan, is het nodig gebruik te maken van radioverbindingen.
Onder het hoofd huishoudelijke- en hulpdiensten kunnen worden samengevat al die werkzaamheden die moeten worden verricht om het mogelijk te maken, dat er wordt gewerkt. Daaronder zijn onder meer te verstaan de zorg voor voeding en onderdak van al diegenen die bij het werk betrokken zijn, het ontvangen en rondleiden van belangstellenden en het zorgen voor vervoer zowel te land als te water.
Nauwkeurige taakomschrijving is voor ieder van de betrokkenen noodzakelijk. Om mogelijke verwarring te voorkomen moet het van te voren duidelijk zijn, welke verantwoordelijkheden ieder der betrokkenen draagt wanneer zich bepaalde problemen voordoen. Uitgangspunt van de organisatieschema's zoals die in grote lijn reeds in dit stadium van voorbereiding zijn opgesteld is, dat er tussen de aannemer en de directie van de werken op elk niveau een overlegmogelijkheid bestaat. Dit wordt bereikt door de organisatie bij de aannemer en bij de directie dezelfde vorm te geven. De feitelijke leiding van de uitvoering zal in handen moeten worden gesteld van een uitvoerend toporgaan, dat over alle gegevens beschikt en op grond daarvan zonodig beslissingen kan nemen, die afwijken van de vooraf opgestelde planning. De leden van deze groep zullen bij voorkeur niet door enige taak die onmiddelijk verband houdt met de uitvoering, dienen te worden belast. Zij moeten voortdurend met elkaar in verbinding staan, zodat zij in staat zijn om steeds tijdig het nodige overleg te plegen.
Men bereidt thans verdere uitbouw van de organisatie voor.

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput

In de noordwestelijke hoek van de bouwput is, nadat de asfaltbekleding was opgebroken en een keileemkade was weggegraven, met een cutterzuiger een doorgang gemaakt in de ringdijk. Nadat ze geprofileerd waren zijn de taluds van deze opening beneden N.A.P. verdedigd met kraagstukken, terwijl boven N.A.P. een bekleding van gepenetreerde stortsteen werd aangebracht. De bodem, op N.A.P. – 5 m, is voorzien van een laag grind.
Begonnen is met het wegcutteren van de kruin van de ringdijk.
Voor de cutterzuiger uit wordt het zand boven N.A.P. + 4 m met bulldozers naar binnen geschoven om het bressen gelijkmatiger te laten verlopen. Een hoeveelheid van ± 450 000 m³ zand werd naar de duinaansluiting bij Goedereede geperst.
Met poliepkranen is de bekleding van zandasfalt van de kruin opgebroken en in een depot ten zuiden van de bouwput gebracht. De bescherming tegen golfoploop op de buitenberm, die bestaat uit een stalen damwandscherm met daarvoor een dubbele rij betonnen tetraëders, is verder uitgebouwd.
De beteugelingsdam van hardere materialen, die destijds tijdens het opspuiten van het terrein was aangelegd om een zich ontwikkelend geultje te bedwingen, en zich nog steeds in de Noordwesthoek van de ringdijk bevond, is met een baggermolen weggebaggerd. De uitkomende materialen, een hoeveelheid van 70 000 m³, zijn tegen de Voornse oever gestort.
Begonnen is met het uitbaggeren van de bouwhaven en de aanleg van haventaluds. Met een cutterzuiger is het haventerrein ten zuiden van de bouwhaven weggecutterd tot N.A.P. – 6 m. 100 000 m³ van het uitkomende zand is naar een stort ten zuiden van de vissershaven geperst, en van de overige 150 000 m³ werd een zandlichaam voor de overbrugging van het Zuiderdiep gespoten.

Plateau en werkweg op het strand van Voorne

De werken zijn op 1 mei opgeleverd. In de verslagperiode werden voor de strandbezoekers drie bruggen over de weg gebouwd.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

De werken werden, behoudens de doorgraving van de bouwput voor de overbrugging van het Zuiderdiep, op 1 mei opgeleverd.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

Van de overbrugging over het Zuiderdiep kwamen het betonwerk van de kleine en grote brug vrijwel gereed. Begonnen werd met het plaatsen van leuningen en vangrails op beide brugdekken.
Van de toekomstige onderwatertaluds moet de bekleding nog enkele meters worden verlengd; de bovenwatertaluds moeten nog onder profiel worden gebracht en met keien bestraat. Daarna kan worden begonnen met de verdere afwerking van het betonwerk en het opruimen van de bouwput.
Bij het viaduct is een aanvang gemaakt met de opbouw van de ondersteuningsconstructie voor het maken van het rijdek.
De werkzaamheden aan de uitwateringssluis vorderen gestadig. Van de acht sluismoten zijn er vijf gereed. Van de drie overige moten zijn de vloeren gestort.
Van de ruim 10 000 m³ in de bruggen, het viaduct en de sluis te verwerken beton werd tot nu toe ca. 8 000 m³ gestort.

Volkerak

De schutsluizen

De bewegingswerktuigen voor de sluisdeuren in de buitenhoofden zijn gemonteerd en van hun elektrische installatie voorzien. In de middenhoofden zullen deze voorzieningen pas later worden aangebracht. De basculebruggen zijn van bewegingswerken voorzien. Er werd een aanvang gemaakt met het aanbrengen van de nautische beseining en de verdere inrichting van de voorhavens.

Geleidewerken en wachtplaatsen

In beide voorhavens kwamen de vaste en de drijvende geleidewerken geheel gereed. Nu moeten alleen aan de zijde van het Volkerak de dukdalven voor de duwvaart en voor de conventionele vaart nog worden geheid. In beide voorhavens zullen ligplaatsen worden gemaakt voor schepen met ontplofbare of licht ontvlambare lading, en drijvende aanlegplaatsen voor de pleziervaart.

Caissonbouw

Van dertien caissons kwamen in de verslagperiode de vloeren van de onderbakken gereed. Op vijf van die vloeren zijn de twee meter hoge balken van het roosterwerk gestort. Voortgegaan werd met het stellen van de tien meter hoge diagonaalverbanden en schuifgeleidingen. Van één caisson werden de portalen gestort die de verbinding vormen tussen de onder- en de bovenbak. Deze zogenaamde derde storten zijn zeer bewerkelijk omdat ze zo hoog moeten worden uitgevoerd. Om niet achter te raken op het tijdschema heeft de aannemer een vierde bouwkraan in gebruik genomen.
De levering van 2000 ton stalen onderdelen verloopt naar wens. Een begin werd gemaakt met de vervaardiging van de aan de zijkanten van de caissons te plaatsen waterdichte drijfschotten van vurenhout.

Het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven

De schermdam is geheel gereedgekomen. Aan de havendam dient alleen nog enig basalt gezet te worden rond de kop; verder moet daar nog grondwerk worden verricht voor de kleibelopen en voor de afdekking met teelaarde van de toekomstige windsingel. Aan de oostzijde nadert de opbouw van de havennol met aansluitende glooiingen zijn voltooiing. Ook hier moet nog basalt worden gezet. De stortlaag van maassteenslag is er aangebracht.
Het haventerrein zelf dient nog gedeeltelijk geprofileerd en met teelaarde te wor-

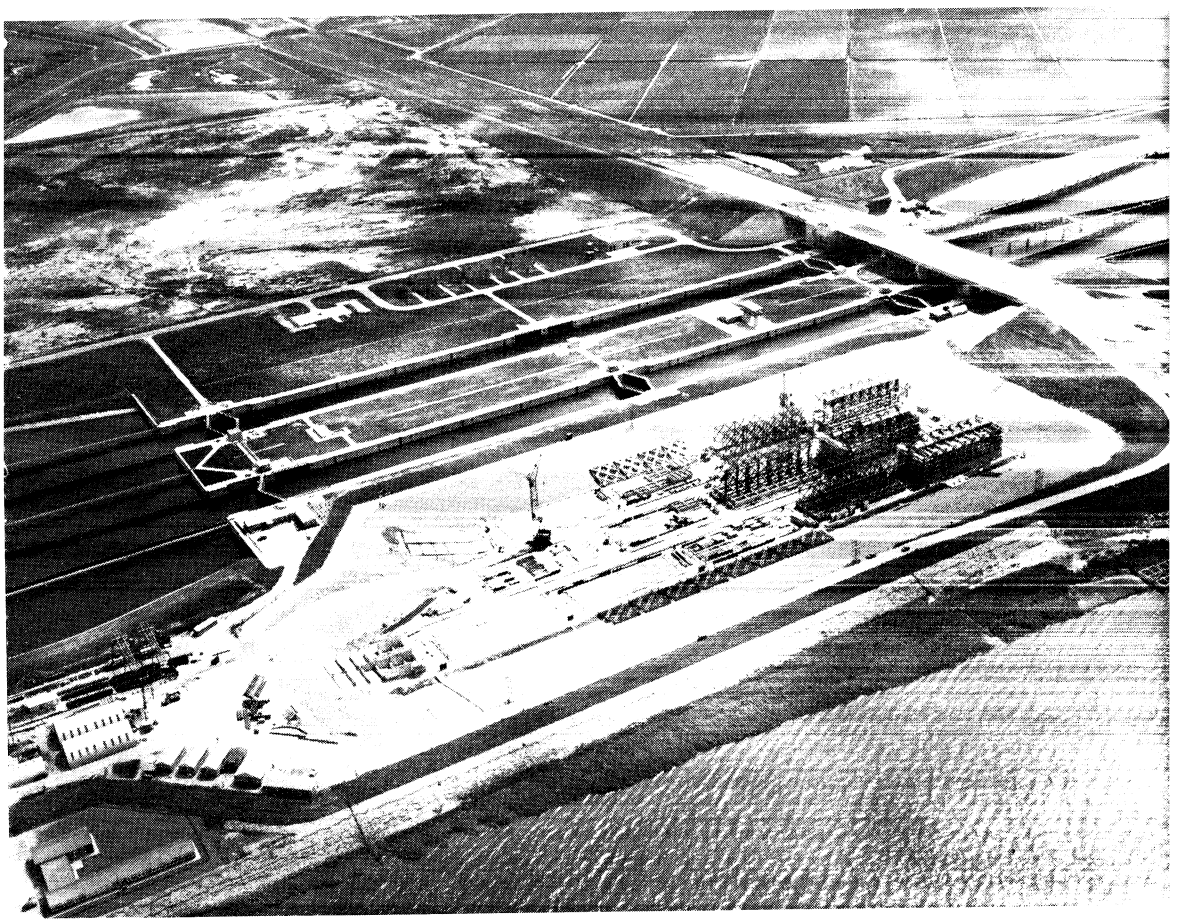
den afgedekt. Het werk zou wel binnen de gestelde termijn opgeleverd kunnen worden, ware het niet dat het baggerwerk voor de scheepvaart niet klaarkomt: de hoeveelheden zijn veel groter geworden doordat er belangrijke aanzandingen zijn opgetreden. Er moet nu nog 150 000 m³ specie worden gebaggerd in de mond van de geul bij Dintelsas, en dan moet er nog 150 000 m³ aangezande specie worden verwijderd.

In het zuidelijk havenbekken is nog 120 000 m³ baggerwerk te verrichten, waarmee men verwacht op 1 september gereed te komen. De aannemer heeft uitstel van oplevering gevraagd tot 1 december 1967.

Wegen in de buitenpolder Maltha

Het werk is op 1 juni 1967 voor de eerste maal opgeleverd en goedgekeurd, nadat

Overzicht van de bouw van de doorlaatcaissons in het bouwdok bij het schutsluizencomplex in het Volkerak



de aannemer in verband met de minder gunstige weersomstandigheden nogmaals uitstel van oplevering was verleend tot 3 juni 1967.

Brouwershavensche Gat

Het damvak op de Kabbelaarsbank

Afgezien van de oppervlaktebehandeling van de asfaltbekleding en van het inzaaien van een deel van de kleibekleding, is het damvak voltooid; de overblijvende werkzaamheden worden nu uitgevoerd.
Langs de oost- en zuidzijde van de werkhaven wordt nog steeds gewerkt aan de aanleg van een stenen dam, die tevens dienst doet als depot van stortsteen 10/300 kg.
In de verslagperiode werden in en bij de haven geleidewerken voor de scheepvaart gemaakt. Dit onderdeel werd door de firma A. van der Straaten te Hansweert uitgevoerd voor een bedrag van f 98 500,–.

Verlenging van het damvak op de Middelplaat

In mei werd een begin gemaakt met de verlenging van het damvak op de Middelplaat in zuidelijke richting over een lengte van 160 m. Om een goede aansluiting van het nieuwe op het reeds gemaakte werk te verkrijgen werden de taludbekleding en de teenvoorzieningen van en langs de zuidelijke dijkkop van het damvak op de Middelplaat opgebroken.
Door de profielzuiger 'Sliedrecht XV', met een zuigbuisdiameter van 70 cm, werd zand gewonnen in de ingang van de haven op de Middelplaat. Al het benodigde zand is reeds opgespoten. Ook de mijnsteenperskaden en de damwand van de teen aan de zeezijde zijn klaar.

Bodembescherming in de zuidelijke geul van het Brouwershavensche Gat

In mei werd begonnen met het aanbrengen van de bodembescherming. Aansluitend aan de kop van het verlengde damvak op de Middelplaat en tegen de Schouwense oever werd reeds een gedeelte van de kraagstukken aangebracht. Na de bouwvakvakantie zal met het aanbrengen van de in de stroomrichting liggende stukken worden begonnen.
In de maand juni werden de funderingen van de pijlers van de kabelbaan aangebracht. Het werk werd door de Combinatie Brug Oosterschelde te Kats voor een bedrag van f 1 665 000,– uitgevoerd.
De constructie is gelijk aan die welke werd toegepast bij de bouw van de Oosterscheldebrug. Elke pijler bestaat uit drie putten met daarop een koppelstuk of caisson; alles is uitgevoerd in voorgespannen beton.
De putten hebben een diameter van 4,25 m. De bovenkant van de funderingen ligt op N.A.P. + 3 m, de onderkant van de meest zuidelijke pijler op N.A.P. – 45,50 m; de bodem ligt ter plaatse van deze pijler op N.A.P. – 21 m; de onderkant van de meest noordelijke pijler is op N.A.P. – 43,30 m gelegen, terwijl de bodem ter plaatse op N.A.P. – 13 m ligt.

Dok voor de bouw van doorlaatcaissons bij Nieuw Bommenede

In april werd met het aanleggen van het dok begonnen. Het werk werd aan de N.V. 'Dijksbouw' opgedragen voor de somma van f 2 910 745,–. Begonnen werd met het baggeren van de haveningang; vervolgens werd een caisson geplaatst die gebruikt zal worden als loswal. Er werd een hoeveelheid schorklei ontgraven, en de zinkstukken en de mijnsteen voor de te maken perskaden werden aangevoerd.
Een ter plaatse van de noordelijke ringdijk van de bouwput lopende geul werd

afgesloten. Zand werd gewonnen in de te ontgraven put en in de haventoegang door middel van de cutterzuiger 'Linquenda II' met een zuigbuisdiameter van 65 cm.

Oosterschelde

De werkhaven Schelphoek

De aanleg van de werkhaven begon met een grote hoeveelheid baggerwerk. Voor dat werk werden twee baggermolens aangevoerd, de 'Holland VII', met een emmerinhoud van 300 liter, en de 'De Kil', met een emmerinhoud van 235 liter. De 'Holland VII' begon met baggeren voor de grondverbetering ter plaatse van de westelijke havendam, en de 'De Kil' met het opruimen van funderingsresten van een boerderij bij de oostelijke havendam. Nadat deze funderingsresten waren opgeruimd, werd ook de 'De Kil' ingezet voor het baggeren ten behoeve van de grondverbetering ter plaatse van de westelijke havendam, en later ter plaatse van de schermdam. Half april begon de 'Holland VII' de grondslag voor de westelijke loswal op diepte te baggeren. De opgebaggerde specie werd of in de oosthoek van de Schelphoekkom of in de Hammen geklapt. Inmiddels werd met de begin april aangevoerde bakkenzuiger 'Nieuwpoort V' zand geperst in de oostelijke havendam. Begin mei werd de zuiger verplaatst en begon hij met zand te persen voor de westelijke havendam.
Nadat de geklapte mijnsteenlaag door de baggermolen 'Holland VII' was vlakgebaggerd, werd medio mei de uit zes eenheidscaissons bestaande loswal geplaatst. Door een drijvende kraan werden de caissons met zand gevuld, en begin juni werden de opzetstukken op de caissons geplaatst.
Op 20 juni was het baggerwerk voor de grondverbeteringen gereed, en kon met het opschonen van de haven nabij de schermdam worden begonnen. De mijnsteen ter plaatse van de oostelijke teen van de westelijke havendam werd met behulp van de drijvende kraan aangebracht. Aan de westelijke teen van deze dam wordt de mijnsteen met vrachtauto's uitgereden. Op twee van de drie daarvoor aangewezen plaatsen werd een aantal elektrische waterspanningsmeters geplaatst.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De versterking van de zeedijk van de Anjumer- en Lioessenserpolder vorderde snel in de verslagperiode. Het persen van zand zal binnenkort voltooid zijn. Met het aanbrengen van de asfaltbekleding is een aanvang gemaakt.
Bij de uitwateringssluizen is het betonwerk gereed en zijn de hefdeuren geplaatst. Begonnen werd met de montage van de bewegingswerken voor de deuren. Ook de bouw van de schutsluis is zover gevorderd, dat de bewegingswerken van de puntdeuren geplaatst kunnen worden.
De caissonbouw blijft volgens het voorgenomen schema voortgaan. Van alle zesentwintig caissons is de onderbak gereed. Van zes caissons behoeven alleen de bovenvloeren nog te worden aangebracht.
De vorm en de afmetingen van de nieuwe sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen tekenen zich reeds nu duidelijk af. De vloer is volledig gestort; van het brughoofd zijn ook de wanden gereed.
Voor het aanbrengen van de zinkstukken van de bodembescherming aan weerszijden van het sluitgat is een methode ontwikkeld, waarbij voor het aanbrengen van de stortsteen die het zinkstuk naar de bodem moet brengen, gebruik wordt gemaakt van de steenstorter 'Lauwerszee'. Deze methode is zeer doeltreffend gebleken, zodat het zinkprogramma van dit jaar snel en zonder moeilijkheden voortgang kan vinden.

A. Deltawerken Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 850	25 oktober 1966	Het maken van wegen in de buitenpolder Maltha met bijkomende werken in de gemeenten Willemstad, Fijnaart en Heyningen
DED 852	17 augustus 1966	Het leveren van stortsteen ten behoeve van het maken van het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen in de gemeente Willemstad
DED 854	22 augustus 1966	Het vervaardigen en leveren van een bovenbouw op zes plaatstalen drijvers voor een boorvlot
DED 855	15 juli 1966	Het vervaardigen en leveren van Enkalondoek ten behoeve van het dijkvak op de Kabbelaarsbank
DED 856	10 mei 1966	Het leveren van rijsmaterialen voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 857	5 september 1966	Het verrichten van werkzaamheden voor het onderzoek van doorlaatcaissons
DED 859	25 mei 1966	Het leveren van rijsmaterialen voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 860	25 mei 1966	
DED 861	31 mei 1966	Het leveren van rijsmaterialen t.b.v. het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen te Willemstad
DED 862	2 juni 1966	
DED 863	2 juni 1966	
DED 864	2 juni 1966	
DED 865	2 juni 1966	
DED 866	2 juni 1966	
DED 869	25 oktober 1966	Huur van een pand te Zierikzee ten behoeve van de opslag van materiaal van de afdeling Waterhuishouding van de Deltadienst
DED 874	21 juli 1966	Leveren van rijsmaterialen ten behoeve van het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen te Willemstad
DED 877	5 september 1966	Het verrichten van werkzaamheden voor het onderzoek van grondmonsters
BR 2720*b*	6 juli 1966	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen voor de elektrische installatie t.b.v. de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 2891*b*	16 september 1966	Aanvulling van overeenkomst BR 2891 voor het vervaardigen en leveren van 68 gieken c.a. ten behoeve van de bewegingswerken voor de segmentschuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 2892*b*	16 september 1966	Aanvulling van overeenkomst BR 2892 voor het vervaardigen en leveren van 68 trekstangen c.a. giek- segmentschuif en 68 trekstangen c.a. giek- hydraulisch bewegingswerk ten behoeve van de bewegingswerken voor de segmentschuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3040*c*	24 december 1965	Het vervaardigen en leveren van staalconstructies ten behoeve van 34 stuks segmentschuiven voor de afsluiting van het Haringvliet
BR 3040*d*	2 september 1966	idem
BR 3087*a*	12 augustus 1966	Aanvulling van overeenkomst BR 3087 voor het vervaardigen en leveren van smeedstalen assen en het bewerken van diverse onderdelen voor de draaipunten van de schuiven aan de zeezijde van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3266*b*	30 september 1966	Het assembleren en conserveren van de staalconstructies van 17 stuks segmentschuiven zeezijde voor de afsluiting van het Haringvliet
BR 3757	10 mei 1966	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van verwarmingselementen c.a. t.b.v. de verwarming van de 17 schuiven (rivierzijde) van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3818	21 april 1966	Het vervaardigen en leveren van klembouten compleet met één moer en twee volgringen per bout t.b.v. de versterking van spanten V voor de zee- en rivierzijde van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3834	2 mei 1966	Het leveren van afsluiters met bijbehorende losse handwielen t.b.v. eenheidscaissons
BR 3884	5 juli 1966	Het gedeeltelijk demonteren c.a. van de kabelbaan aan de Grevelingendam

Deltawerken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
f 702 100,—	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij. Arnold Maassen te Maastricht
f 14 454,25	Havehasta Fabrieken N.V. te Stadskanaal
eenheidsprijzen	Nico ter Kuile en Zonen N.V. te Neede
eenheidsprijzen	N.V. Aannemersbedrijf Jac. v. d. Vlies te Sliedrecht
—	Instituut T.N.O. voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies te Rijswijk Z.H.
eenheidsprijzen	fa. A. J. van Loon te Drimmelen
eenheidsprijzen	fa. Gebr. Dubbeldam te Lage Zwaluwe
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	fa. A. J. van Loon te Drimmelen
eenheidsprijzen	C. T. den Breejen te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
eenheidsprijzen	C. J. Versluis te Lexmond
—	L. J. van Houten te Zierikzee
eenheidsprijzen	E. H. van Hoff te Woerden
eenheidsprijzen	Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek
f 8 440 395,—	Heemaf N.V. te Hengelo
f 102 000,—	Nederlandsche Dok- en Scheepsbouw Mij te Amsterdam
f 34 000,—	Nederlandsche Dok- en Scheepsbouw Mij te Amsterdam
f 356 856,—	Werkspoor N.V. Bedrijf te Utrecht
Gewijzigd van f 33 886 466,— in f 37 669 786,—	Werkspoor N.V. Bedrijf te Utrecht
f 348 365,—	N.V. Werkspoor Amsterdam
Gewijzigd van f 12 716 300,— in f 13 672 068,—	Werkspoor N.V. Bedrijf te Utrecht
f 449 000,—	Lubbers' Constructiewerkplaats en Machinefabriek 'Hollandia' N.V. te Krimpen a/d IJssel
f 10 720,50	Everts en van der Weyden N.V. te Helmond
f 15 580,—	N.V. Econosto te Rotterdam
f 496 460,—	F. Kloos en Zonen's Werkplaatsen N.V. te Kinderdijk

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
BR 3769*a*	20 december 1965	Het schilderen c.q. conserveren van diverse onderdelen van de schutsluis en de uitwateringssluizen in het Haringvliet nabij Hellevoetsluis
BR 3903	17 augustus 1966	Het schilderen van de dubbele basculebrug en enige nader te beschrijven onderdelen van het sluiscomplex in het Volkerak nabij Willemstad
DED-819	11 november 1966	Het maken van een plateau op het strand van Voorne en het maken van een verbindingsweg tussen het plateau en de werkhaven van Hellevoetsluis in de gemeente Hellevoetsluis
DED-875	5 december 1966	Het maken en leveren van een aluminium motorvlet met toebehoren
BR 3039a	21 november 1966	Wijziging van de overeenkomst BR 3039 voor het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een ophaalbrug met elektro-mechanische bewegingsinrichting over de schutsluis in het Haringvliet
BR 3388b	19 december 1966	Wijziging van overeenkomst BR 3388, voor het vervaardigen en leveren van aanvullende onderdelen en het opstellen van de bewegingswerken voor de segmentschuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 3939	12 oktober 1966	Het vervaardigen en leveren van in te betonneren diagonaalverbanden en pijpen voor afsluiters c.a. ten behoeve van de doorlaatcaissons voor het Volkerak
BR 3940	13 oktober 1966	Het vervaardigen en leveren van in te betonneren schuifgeleidingen c.a. ten behoeve van de doorlaatcaissons voor het Volkerak
BR 3985	30 november 1966	Het vervaardigen en leveren van stalen bolders en roestvrijstalen bouten en ringen ten behoeve van pijlers C, D en E van de kunstwerken in het Zuiderdiep
BR 3994	19 december 1966	Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een roestvrijstalen smeerolietank ten behoeve van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 4002	13 december 1966	Het wijzigen c.q. vervangen van onderdelen voor de stalen deuren en kozijnen c.a. voor pijlers en landhoofden ten behoeve van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 4012	8 december 1966	Het vervaardigen en leveren van 34 buffers (zeezijde) ten behoeve van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
BR 4024	21 november 1966	Het ter beschikking stellen van personeel en materieel voor het bewerken van ca. 3.270 m^3 azobéhout ten behoeve van de toeleidingswerken voor de schutsluizen in het Volkerak
SS 414 SS 414a	24 september 1966	Het schoonmaken, vullen en afdichten van voegen in de pijlervoeten en bodemvoegen van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
SS 454	10 oktober 1966	Het maken van doorlaatcaissons en landhoofdcaissons in gewapend beton, met bijkomende werken in een bouwput, gelegen in de gemeente Willemstad
DED 423a	20 januari 1967	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 423 voor het verhuren en huren van een perceelgedeelte te Schiedam
DED 781a	17 april 1967	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 781 voor het huren van de motorsleepboot 'Zuidvliet' mede ten behoeve van de uitvoering van duikwerk
DED 832a	13 april 1967	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 832 voor het ontwerpen van een beladingsinrichting voor een dambouwschip
DED 848	11 januari 1967	Huur van een dieselpomp ten behoeve van de uitwatering van een gedeelte van het grondgebied van de Vereniging van Aanwassen onder Fijnaart in de gemeente Willemstad
DED 849a	15 maart 1967	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED 849 voor de levering van mijnsteen ten behoeve van de Volkerakwerken te Willemstad
DED 853	15 juni 1966	Overeenkomst tussen de Staat der Nederlanden en Spido, inzake het verzorgen van voorlichting met betrekking tot de uitvoering van de Deltawerken en het vervoer van bezoekers naar de afsluitingswerken in het Haringvliet
DED 858	30 september 1966	Het in gebruiknemen gedurende het tijdvak van 1 december 1958 tot 1 december 1966 van een terrein ten behoeve van de uitbreiding van het arbeiderskamp 'Het Groote Weergors'
DED 879	16 januari 1967	Levering van mijnsteen ten behoeve van de uitvoering van de Deltawerken

Aannemingssom	Aannemer
f 361 250,—	N.V. Schildersbedrijf J. Th. Mansveld en Zonen te Utrecht
f 68 400,—	Schilderswerken Otjens en Zn. te Terheyden (N.Br.)
f 2 360 000,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
f 36 200,—	Verhoef Aluminium Scheepsbouwindustrie en Metaalwarenfabriek N.V. te Aalsmeer
—	Boele's Scheepswerven en Machinefabriek N.V. te Bolnes
—	Gusto Staalbouw N.V. Werf Gusto v/h firma A. F. Smulders te Schiedam
f 561 900,—	Lubbers' Constructiewerkplaats en Machinefabriek 'Hollandia' N.V. te Krimpen a/d IJ..
f 437 200,—	Koninklijke Fabrieken Penn en Bauduin N.V. te Dordrecht
f 11 415,—	Constructiebedrijf M. J. Stekelenburg te Middelharnis
f 10 375,—	Gusto Staalbouw N.V. Werf Gusto v/h firma A. F. Smulders te Schiedam
f 48 283,—	N.V. Eland-Brandt te Amsterdam
f 27 750,—	Koninklijke Fabrieken Penn en Bauduin te Dordrecht
f 62 400,—	Van Splunder's Aanneming Mij N.V. te Ridderkerk
f 47 553,—	Imbema-Holland N.V. te Haarlem
f 7 922 000,—	N.V. Nederlandsche Betonmaatschappij Bato te 's-Gravenhag
—	Burgemeester der Gemeente Schiedam
verrekenprijzen	C. P. Noordhoek te Goes
verrekenprijzen	Werktuigkundig Adviesbureau Kubbe N.V. te Amsterdam
verrekenprijzen	P. C. Klein te Willemstsd
eenheidsprijzen	Utroma N.V. te Arnhem
—	Nederlandsche Stoomsleepdienst v/h P. Smit jr., afd. Havendienst Spido te Rotterdam
—	Waterschap 'De Brielse Dijkring' te Brielle
eenheidsprijs	Staatsmijnen in Limburg te Heerlen

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

De Muynck Goes	5 7
L. G. M. Delft	13 14 15
Aero-Camera	20
Rijkswaterstaat	34 35 37
Han de Vries	44
Bart Hofmeester	2 49

Inhoud nr. 42

A. De werken van het Deltaplan

59 Beheer van de vogelreservaten in het Veerse Meer

63 Onderzoek naar het dynamische gedrag van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

70 Betonblokken als stortmateriaal bij een geleidelijke sluiting

74 De kabelbaan over het Brouwershavensche Gat

82 Voorzieningen op Schouwen voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat

85 De invloed van de afsluiting der zeegaten op de golfaanval in het Deltagebied

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

94 De bestemming van het ingedijkte Lauwerszeegebied

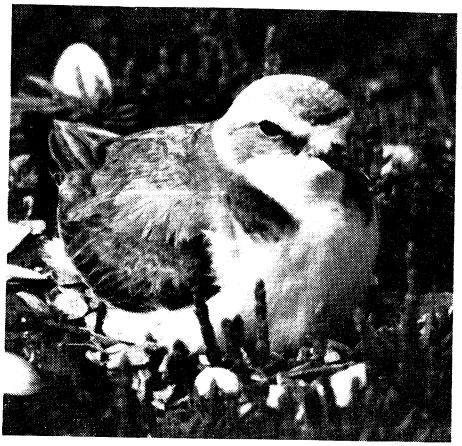
100 **Vorderingen**

Opvliegende brandganzen



Het beheer van de vogelreservaten in het Veerse Meer

Toen in 1961 het Veersche Gat werd afgesloten en het Veerse Meer ontstond, was het duidelijk, dat er ook ten aanzien van de in dit gebied aanwezige natuurterreinen diep ingrijpende veranderingen op komst waren, die een totaal nieuwe beheersaanpak nodig zouden maken. Tot dusver was het gebied een zeearm geweest, met uitgestrekte en weinig betreden schorren en bij eb droogvallende slikken en zandplaten. Grote broedkolonies van meeuwen en sternen bevonden zich op enkele plaatsen in de schorren. Een minstens even belangrijk aspect was het voorkomen van vele tienduizenden trekvogels, die er pleisterden en overwinterden. Door terugmelding van geringde vogels is bekend, dat deze doortrekkers en wintergasten afkomstig zijn uit een zeer uitgestrekt areaal, dat grote delen van noord- en noordoost-Europa en van noordwest-Azië omvat. Een belangrijk deel van al deze vogels dringt op de verdere trek door tot in het Middellandse-Zeegebied en Afrika. Men mag dan ook vaststellen dat de enorme vogelscharen van het Deltagebied een integrerend deel vormen van de vogelrijkdommen van een gebied waarvan de uitersten duizenden kilometers uit elkaar liggen en waar miljoenen mensen wonen, die als jager, vogelliefhebber, natuurliefhebber-in-algemene-zin of op andere wijze voor hun vrijetijdsbesteding direct of indirect betrokken zijn bij het voortbestaan van die vogels. Dergelijke vogelconcentraties vormen een voor ieder zichtbare manifestatie van deze rijkdommen. Beter dan wat ook geeft het aanschouwen ervan een verdiept inzicht in de rijke veelzijdigheid van de ons omringende wereld.
Van de veranderingen die in het Veerse Meer zouden optreden was het karakter in grote lijn bekend, onder meer door ervaringen in de IJsselmeerpolders en de Braakman. Sommige onderdelen werden echter pas in de loop der volgende jaren duidelijk. Hieronder zullen enige aspecten van deze veranderingen worden besproken. Hierbij is dankbaar gebruik gemaakt van de structuur-oecologische inzichten van de onderzoekers van het Rijksinstituut voor Veldbiologisch Onderzoek ten behoeve van het Natuurbehoud.
In het algemeen kan men zeggen, dat het hoofdprobleem in het Veerse Meer voortvloeit uit een verschijnsel dat wij misschien het beste kunnen aanduiden als *schaalverkleining*. Terwijl vroeger duizenden hectaren schorren, slikken, zandplaten en water slechts incidenteel werden betreden en bevaren, is door het wegvallen van de 'getijbarrière' de menselijke beïnvloeding verveelvoudigd. Bovendien vormen de reservaten – in beheer bij de Stichting 'Natuurmonument De Beer' – slechts een deel van het gehele gebied. De betrekkelijk geringe grootte hiervan schept extra beheersproblemen.



Een strandplevier tussen de verdwijnende zeekraal

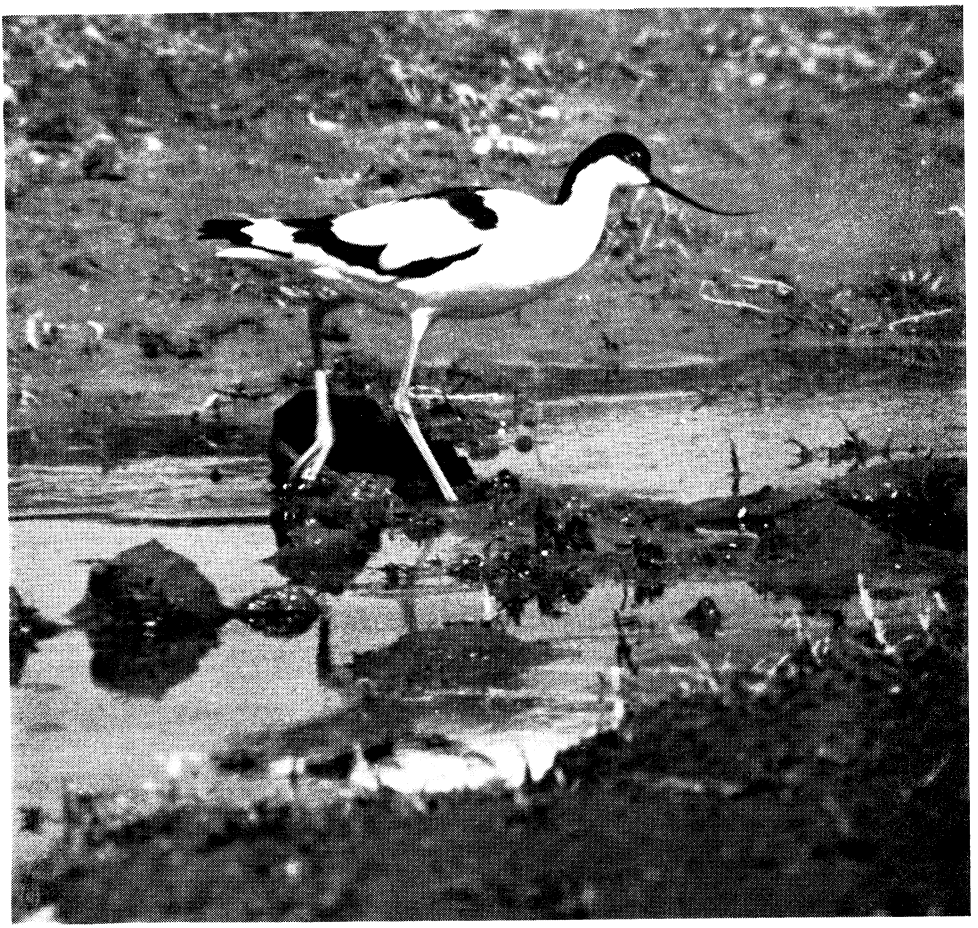
De veranderingen die in het geheel van vegetatie en fauna worden teweeggebracht door het elimineren van het getij en door de snelle lokale ontzilting, hebben aanvankelijk een zo plotselinge en diepgaande werking dat men van een explosie mag spreken. Pas veel later treedt een stabilisatie op. Het beheer stuurt aan op een stabilisatie waarin een aantal levensvormen die voor dit milieu karakteristiek zijn, zo goed mogelijk worden begunstigd.

Bij deze ontwikkelingen vallen drie fasen te onderscheiden. Alleen in de natuurreservaten worden deze alle doorlopen. Daarbuiten worden zij door ingrepen zoals landbouw, bosbouw en recreatievoorzieningen vroeger of later storend beïnvloed.

De eerste fase wordt gekenmerkt door het verstuiven van zandplaten, waardoor schelprijke vlakten ontstaan. Op meer slikhoudende terreindelen ontstaat een ijle vegetatie, terwijl langs de oevers door zoutinvloed het milieu geschikt is voor planten als zeekraal, zilte, schijnspurrie en zilt vlotgras. Het meest spectaculaire van deze fase zijn de vestigingen van visdiefjes, dwergsternen, kluten, strandplevieren, bontbekplevieren, kleine plevieren en scholeksters. Bergeenden komen met hun jongen naar het ondiepe, voedselrijke oeverwater. Na enkele jaren ontstaan grote broedkolonies van kokmeeuwen. Al deze vestigingen zijn bijzonder interessant, maar voor vele soorten zijn ze tijdelijk. De eerste fase duurt ongeveer vijf jaar; plaatselijk, met name op lage schelpenbanken, duurt zij langer. Zo zijn de eilandjes van het reservaat op de Middelplaten wat achter op de vaste wal; het reservaat op de Goudplaat is nog verder achter. Bepaalde maatregelen kunnen deze fase rekken, maar niet bestendigen. Op de Goudplaat, met een oppervlakte van 650 ha, wordt een lichte begrazing met enkele schapen toegepast.

De tweede fase wordt gekenmerkt door vorming van ruigten met veel akkerdistels en wilgenroosjes, waarin ook opslag van wilgen en vlieren gaat optreden. Ervaringen in de Braakman en elders hadden te zien gegeven, dat deze ruigten na een aantal jaren een weinig interessante fauna herbergen. Het lijkt misschien een aantrekkelijke gedachte om 'natuurlijk bos' te laten ontstaan door iedere vorm van menselijk ingrijpen achterwege te laten, dus door de natuur haar gang te laten gaan. Dit laatste is echter maar schijn. Zoals Westhoff aantoont, zijn er grote hiaten ontstaan in het ingewikkelde geheel van betrekkingen tussen de planten en hun omgeving, toen de mens in het verleden de grote planteneters oeros, eland, edelhert, ree, wild zwijn en bever uitroeide of terugdrong tot enkele relict-gebieden. Het is duidelijk dat zonder een vrij intensieve vraat van al deze dieren geen werkelijk natuurlijke vegetatie mogelijk is. De vogels die hiervan afhanke-

De kluut in zijn element



lijk zijn kunnen zich dan ook slechts handhaven, als wij voor die natuurlijke begrazing een substituut vinden. Een dichte stand van hazen en konijnen kan zichtbare invloed hebben, maar men moet toch de hulp inroepen van gedomesticeerde hoefdieren, zoals schapen, pony's en runderen. Dit is door de Stichting 'De Beer' in het Veerse Meer niet zonder succes toegepast, nadat tevoren enkele daarvoor geschikte plaatsen waren ingezaaid met een grasmengsel, dat overeenkomst had met de daar te verwachten natuurlijke gras-vegetatie. De resultaten zijn goed, al is in enkele details nog herhaald ingrijpen nodig.

Drie belangwekkende vogelgroepen konden op deze wijze worden behouden. In het broedseizoen worden de reservaten verlevendigd door talrijke weidevogels: kieviten, tureluurs, scholeksters, grutto's en kemphaantjes. Kluten en bergeenden handhaven zich in de oeverzones. Het vertier dat deze vogels geven, strekt zich ook buiten de reservaten uit. Zij zijn gemakkelijk te herkennen en in hun open biotoop gemakkelijk te observeren. Dat kluut, kievit, grutto en tureluur net als de koekoek hun naam aan hun roep danken, wijst mede op populariteit.

De tweede groep die in het Veerse Meer een bezienswaardigheid vormt zijn de wilde ganzen. Door de grootte van deze vogels en door de massaliteit van de troepen leveren zij een indrukwekkend schouwspel. Terreinverlies elders in Nederland en het feit dat zij verstoringsgevoelig zijn, maakt de ganzen kwetsbaar en wettigt een reservaatbeheer dat op hun behoud is gericht. Dat de jacht op het watergebied van het Veerse Meer al sedert 1939 is gesloten terwijl dit gebied door de Stichting 'Het Zeeuwsche Landschap' als waterwildreservaat wordt beheerd, is hierbij van even grote betekenis als het inzaaien van gras en het creëren van een open landschap.

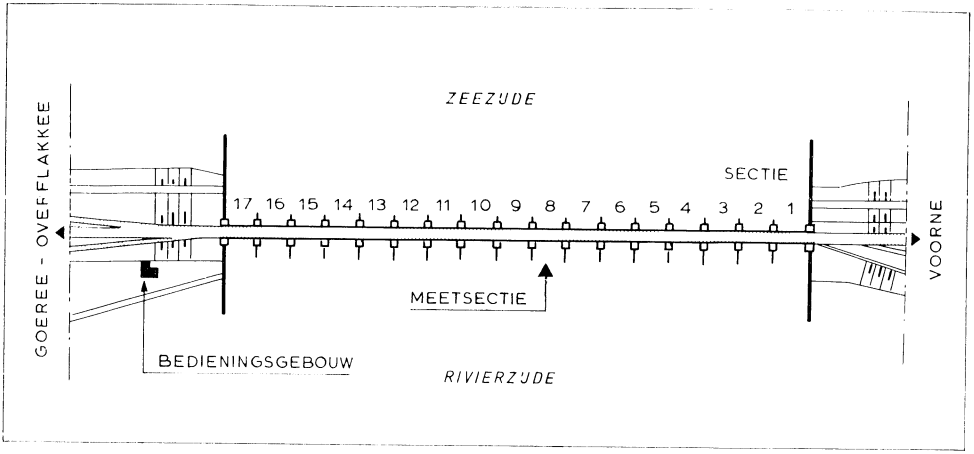
De derde groep vormen de eenden, die in juli en augustus grote troepen vormen. Onbetreden oeverstroken aan ondiep water en de afwezigheid van jacht vormen de voornaamste voorwaarden voor deze concentraties. De eenden zijn voor het landschap van belang doordat zij in hun uitwerpselen allerlei zaden aanvoeren, waardoor de vegetatie wordt verrijkt. Bovendien wordt het landschapsbeeld juist in het belangrijkste recreatieseizoen in sterke mate verlevendigd. Natuurlijk zouden er naast het behoud van deze drie groepen vogels nog tal van aspecten genoemd kunnen worden, maar wij dienen de laatste fase nog te bezien.

Deze zal eerst aanvangen, nadat de verzoeting zover is voortgeschreden, dat riet en andere oeverplanten van het zoete of zwak brakke water zich massaal komen vestigen. Weer biedt de Braakman een vergelijkingsobject. Maar ook hier moeten wij bedenken dat dichtgroeien van de oevers niet natuurlijk zou zijn. Enige begrazing zou juist die afwisseling van rietkragen en open oevers kunnen brengen, waardoor bijvoorbeeld kluten e.d. zouden kunnen worden behouden. In de rietkragen zouden wij dan soorten als fuut, dodaars, meerkoet, waterhoen, waterral, woudaapje, snor en andere karekieten, blauwborstje en baardmees in de reservaten kunnen herbergen; al deze soorten broeden nu al in verschillende kreken in Zeeuws-Vlaanderen, zij het in klein aantal. Ook aan soorten als knobbelzwaan, bruine kiekendief en roerdomp zou kunnen worden gedacht. De vraag of en hoe zich dit laat verwezenlijken ligt echter nog ver af. Voorlopig zullen talloze vogelaars een zinvolle vorm van vrijetijdsbesteding kunnen vinden bij de vogels van de zilte oevers van het Veerse Meer.

Onderzoek naar het dynamische gedrag van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

Alvorens de constructievorm van de uitwateringssluizen in het Haringvliet definitief kon worden vastgesteld, moesten tal van onderzoekingen worden gedaan; onder meer werd daarbij uitvoerig aandacht besteed aan het te verwachten dynamische gedrag van de schuiven en de liggers onder invloed van stroom- en golfaanval. In het Driemaandelijks Bericht nr. 23 (februari 1963) werd aan deze studies een beschouwing gewijd, en werd ook reeds meegedeeld dat besloten was het onderzoek te zijner tijd aan te vullen met metingen aan de voltooide sluizen. De uitvoering van deze metingen is opgedragen aan het Waterloopkundig Laboratorium, dat voor bepaalde onderdelen van zijn taak weer steunt op de medewerking van het Instituut T.N.O. voor Werktuigkundige Constructies en de Rijkswaterstaat. Het doel van deze metingen is voor een deel praktisch gericht, namelijk op het verzamelen van gegevens om de ontworpen bedrijfsvoering te controleren op zijn veiligheid en haar zonodig aan te passen. Anderzijds is het doel van puur wetenschappelijke aard: men wil door deze gelegenheid tot vergelijking van model en werkelijkheid lacunes opvullen in de kennis van de basisgegevens voor het in het verleden verrichte onderzoek, en betrouwbaarder normen vinden voor de vertaling naar de werkelijkheid van de uit modelstudies verkregen grootheden, zoals in dit geval belastingen en responsiekarakteristieken van het samenstel van nablaligger en schuiven. Aangezien deze doelstellingen in het vorige artikel uitvoerig werden toegelicht zullen ze hier als bekend worden verondersteld, zodat in het volgende alleen zal worden gesproken over het meetprogramma en de tot op heden gemaakte vorderingen.

De schuiven en de liggers kunnen door het water op twee manieren dynamisch worden belast, namelijk door golven en door het onder de schuiven doorstromende water. Bij de belasting door onderdoorstromend water spelen de mechanische eigenschappen van de schuiven en de liggers, alsmede de schuifstanden en de waterstanden ter weerszijden van de sluis een rol. Bij belasting door golven zijn bovendien de golfkarakteristieken, zoals hoogte, periode, lengte en richting van de golf, en de vorm en lengte van de golfkam van belang. Deze karakteristieken worden behalve door geografische factoren ook bepaald door meteorologische omstandigheden. Voor een juiste interpretatie van het gedrag van de sluis zullen de volgende grootheden dienen te worden bepaald:



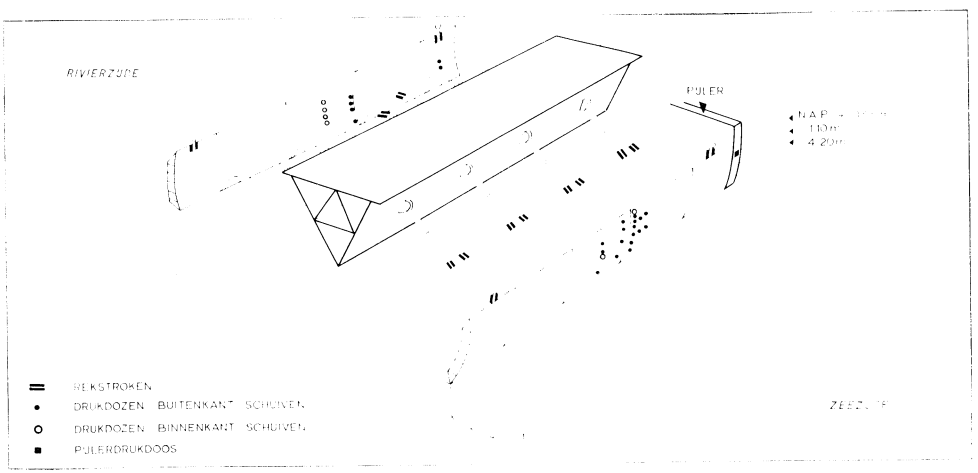
Overzicht van de uitwateringssluizen

windsnelheid, windrichting op zee	windsnelheids- en windrichtingsmeters op een lichtschip en op het bedieningsgebouw
windsnelheid, windrichting op de sluizen	
waterstand aan de zeezijde, waterstand tussen de schuiven, waterstand aan de rivierzijde	registrerende peilschalen
golven op zee, golven op de rivier	golfboeien en -palen; radar
stand der schuiven	schuifstandmeters
golfdruk tegen de schuiven, stroomdruk tegen de schuiven	drukdozen in de schuifbeplating en rekstroken op de schuifarmen en -hefwerken
trillen van de schuiven en liggers	verplaatsings- en versnellingsopnemers

Gezien het grote aantal te meten grootheden werd besloten de metingen in hoofdzaak te beperken tot één van de zeventien secties waaruit de sluizen bestaan. Men koos sectie 8, die vanwege haar centrale ligging representatief geacht werd voor de gehele sluis; sectie 9 kwam niet in aanmerking omdat zich daar machinerieën bevonden. Om randeffecten en de invloed van de golfdempende constructies in de landhoofden na te kunnen gaan, wordt in elk van de secties 1, 2 en 16 bovendien nog een armkracht gemeten. De golfaanval uit de rivier besloot men minder diepgaand te onderzoeken dan de golfaanval uit zee, aangezien ze soortgelijke verschijnselen zal veroorzaken als de golfaanval uit zee, doch aanzienlijk minder frequent, en op kleinere schaal. Daarom zullen er

aan de zeezijde op tenminste drie plaatsen golven worden geregistreerd en aan de rivierzijde slechts op één plaats; op zeeschuif 8 worden achttien naar de zeezijde gerichte drukdozen geplaatst en op rivierschuif 8 slechts zes naar de rivierzijde gerichte drukdozen. Bovendien wordt op de zeezijde van pijler 8 een pijlerdrukdoos geplaatst, waarmede men nader kan onderzoeken wat er precies gebeurt bij een golfklap; daartoe zijn op een drukdoos met een meetoppervlakte van een halve m², vijf kleine drukdozen van 13 bij 10 mm aangebracht van hetzelfde type als op de schuiven. Deze pijlerdrukdoos zal antwoord moeten geven op vragen als:
Heeft de grootte van het drukoppervlak invloed op de grootte van de gemeten golfklappen? Geeft een stijf opgelegde drukdoos – nr. 5 van de figuur op blz. 68 – andere meetsignalen dan een elastisch opgelegde drukdoos, zoals de nrs. 1 t/m 4? Treden er ook zeer lokale klappen op; bijvoorbeeld op een bepaald moment wel een klap tegen nr. 2 en niet tegen de nrs. 1, 3, 4 en 5?
Eén van de belangrijkste voorwaarden voor de bepaling van het dynamische gedrag van de sluis uit de meetgegevens is de exacte kennis van zijn mechanische eigenschappen. Om die eigenschappen te leren kennen brengt men de sluis door middel van een in frequentie en grootte te variëren sinusvormig verlopende kracht in trilling onder gelijktijdige meting van de beweging van een groot aantal punten van de sluis. Omdat het gedrag van de sluis onder invloed van een dergelijke belasting mede wordt bepaald door de waterstand zijn de metingen uitgevoerd in de afgelopen winter, vlak voor en tijdens het vollopen van de bouwput.
Er zijn twee soorten belasting op de sluis uitgeoefend en twee soorten metingen verricht. Allereerst is zeeschuif 8 in de richting van de koorde met behulp van een pulsator aangestoten. Deze pulsator is samengesteld uit een plunjer en een dubbelwerkende cylinder, en met ogen bevestigd aan de schuif en aan een op de sluisvloer bevestigd juk. Bij verschillende schuifstanden en waterstanden zijn de krachten in de hefwerken en de bewegingen van zee- en rivierschuif 8 en ligger 7, 8 en 9 gemeten. Vervolgens zijn tegen nablaligger 8 stootbewegingen uitgevoerd met een excitator. De hier gebruikte excitator is een samenstel van twee tegen elkaar in draaiende vliegwielen met instelbare onbalans, dat op de tussenvloer van ligger 8 is geplaatst; verandering van aan-

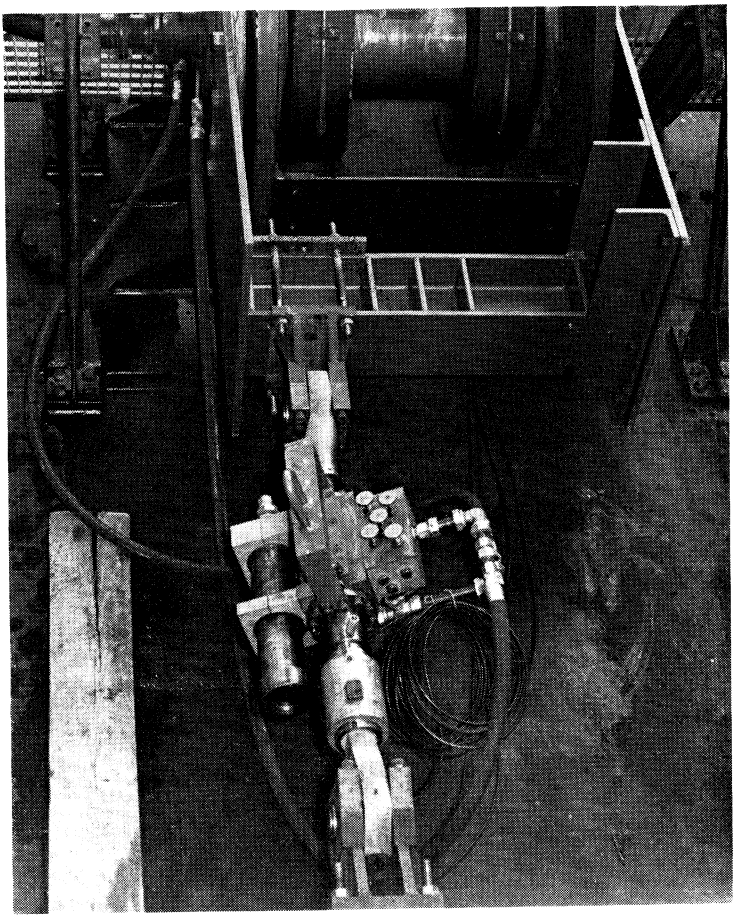
De meetsectie met de erop geplaatste rekstroken en drukdozen



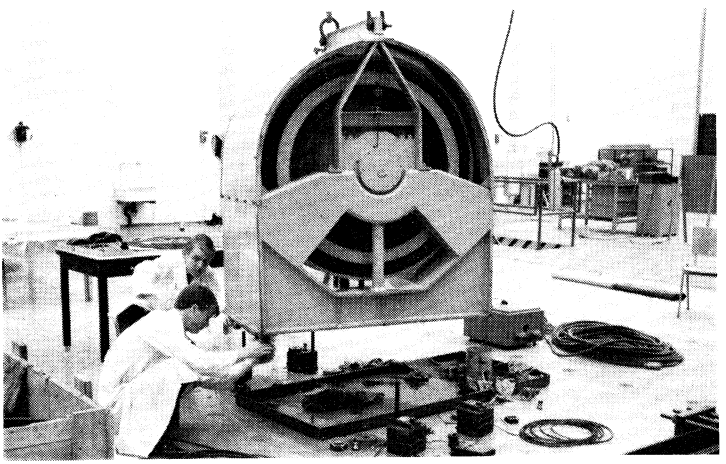
1 Pulsator, aan de bovenkant bevestigd aan de schuif en aan de onderkant aan het op de sluisvloer geplaatste juk; van dit juk is alleen de bevestiging aan de pulsator zichtbaar

2 Excitator, gefotografeerd tijdens een onderhouds- en controlebeurt in het laboratorium van het Instituut T.N.O. voor Werktuigkundige Constructies

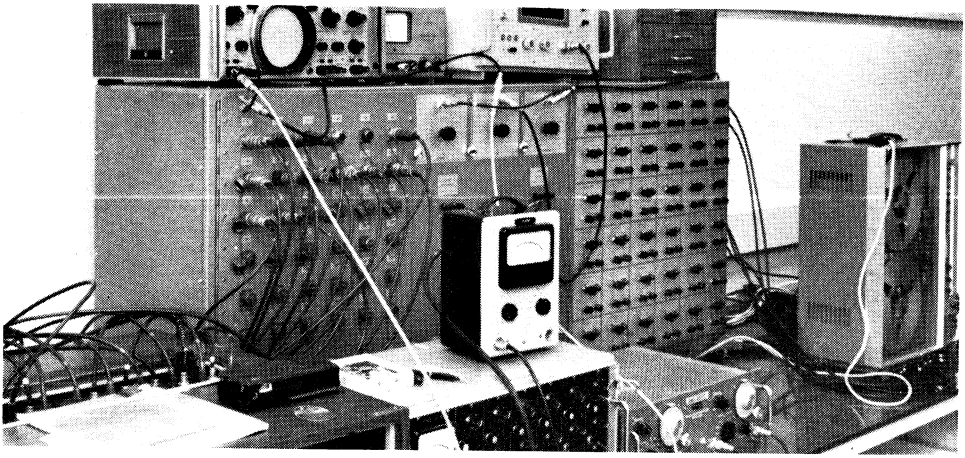
stootrichting kan worden bereikt door verplaatsing van de onbalans van beide vliegwielen. De stand van zee- en rivierschuif 8 is bij verschillende waterspiegels gevarieerd, terwijl zowel in verticale als in horizontale richting werd aangestoten. Daarbij mat men de krachten in de armen, de bewegingen van zee- en rivierschuif 8 en ligger 7, 8 en 9 alsmede de waterdrukken tegen zee- en rivierschuif 8.
Uit de resultaten van deze metingen blijkt dat de mechanische eigenschappen van de sluis vrij aanzienlijk afwijken van die van de indertijd onderzochte fysische en mathematische modelconstructies. Dat komt doordat liggers en schuiven zwaarder zijn uitgevoerd dan de beproefde modellen. In hoeverre de uit de modellen bepaalde stootcoëfficiënten op grond van deze afwijkingen moeten worden herzien, is nog niet vastgesteld.
Naast deze dynamische metingen is nog een onderzoek uitgevoerd, namelijk naar de statische belasting van de hefwerken van een schuif door het eigen gewicht van die schuif. Hierbij is voor een aantal schuifstanden de kracht bepaald die in enkele plaatsen van de hefwerken optreedt. De bij deze metingen gevonden krachten komen goed overeen met de bij het ontwerpen aangenomen krachten.
De metingen van de afgelopen winter hebben voorts aangetoond dat het dynamische gedrag van de schuiven voldoende nauwkeurig kan worden vastgesteld door de horizontale en verticale verplaatsing van vijf doorsneden gelijktijdig met de hef- en armkrachten te meten. Het gedrag van de ligger kan voldoende nauwkeurig worden bepaald door in twee doorsneden de horizontale en verticale verplaatsing te meten.
Hiermede komt het totale aantal kanalen dat nodig is voor het elektronisch vastleggen van alle uitwendige en inwendige factoren die het dynamische gedrag van de sluis onder invloed van golf- en stroombelasting bepalen, op ongeveer 70. Ieder meetkanaal bestaat in zijn eenvoudigste opzet uit één versterker en één of meer registratieapparaten zoals taperecorder, lusoscillograaf en/of oscilloscoop. Door zorgvuldige selectie kan het aantal meetsignalen dat gelijktijdig moet worden geregistreerd, worden beperkt tot een maximum van 26. Met een ver doorgevoerde uniformering en centrale bediening kan aldus op het totale aantal instrumenten worden bezuinigd. Daardoor werd het mogelijk alle versterkers en opnemers onder te brengen in een speciaal daarvoor ingerichte ruimte op de tussenvloer van ligger 8, en bestaande uit een kantoor en twee meetkamers.
Deze indeling van de meetruimten in twee kamers vindt zijn reden in het feit dat



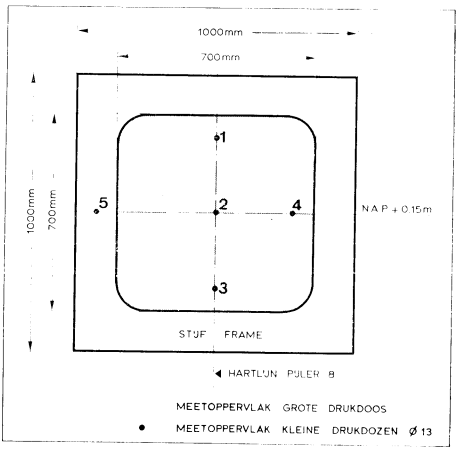
1



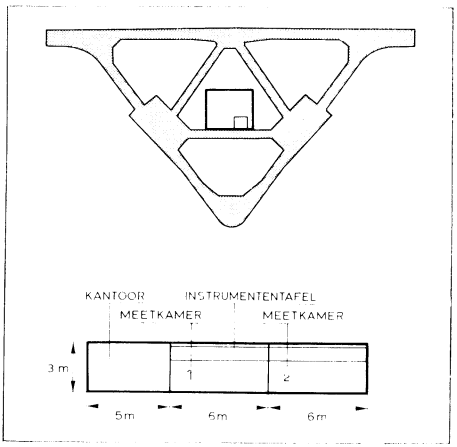
2



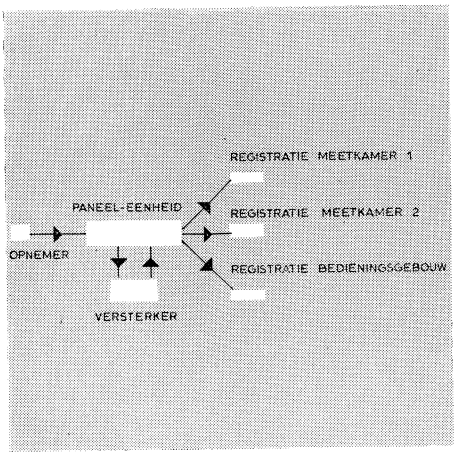
Overzicht van een gedeelte van de apparatuur die gebruikt wordt bij de pulsatie- en excitatiemetingen



Pijlerdrukdoos



Plaats en plattegrond van de meetcabine



Schema van een meetkanaal

na ingebruikneming van de sluis twee afzonderlijke series metingen zullen worden uitgevoerd. Eensdeels zullen statistische gegevens worden verzameld over golven, golfdrukken en armkrachten, waarbij wordt nagegaan hoeveel maal per jaar een golf van een bepaalde hoogte voorkomt, of een bepaalde golfdruk. Andersdeels zal een serie metingen worden verricht waarbij het directe verband tussen twee grootheden wordt onderzocht; daarbij komen vragen aan de orde over de invloed van wind op de golven; men wil weten wat voor golfdrukken een bepaalde golf oplevert, in wat voor armkrachten een tegen de drukdozen gemeten golfdruk resulteert en wat de invloed is van de armkrachten op de beweging van de liggers.

De eerste soort metingen zal doorlopend plaatsvinden over een periode van 10 tot 20 jaar; de tweede soort alleen bij een aantal stormen – voor de invloed van golven en stroom – en in een aantal perioden van windstil weer – voor de invloed van stroom alleen. Aangezien het verzamelen van statistische gegevens alleen maar zin heeft als het continu gebeurt, moeten de twee groepen metingen onafhankelijk van elkaar kunnen plaats vinden. Een garantie daarvoor is alleen te verkrijgen als men voor beide metingen een volledig gescheiden discipline handhaaft; in de twee meetcabines is die scheiding ruimtelijk tot uitdrukking gebracht.

De signalen van de verspreid staande opnemers worden via kabels naar een in één van de meetkamers opgesteld meetpaneel gevoerd. Dit paneel komt te bestaan uit 72 identieke eenheden, voor elk meetkanaal één, elk voorzien van een afregel- en ijkinrichting; in de afgelopen winter is al de helft van het meetpaneel gebouwd. Voor beide meetploegen bestaat de mogelijkheid deze signalen door te voeren naar de eigen registratieapparatuur. Het is zelfs mogelijk dat ook het bedieningspersoneel van de sluis gebruik maakt van deze signalen. De kans bestaat namelijk dat er op de schuiven ontoelaatbaar grote krachten worden uitgeoefend wanneer ze bij storm in gedeeltelijk geheven stand staan. Ook is het mogelijk dat de schuiven bij onderdoorstroming op ontoelaatbare wijze in trilling geraken. Zodra zo'n toestand dreigt te ontstaan moet de stand van de schuiven onmiddellijk worden gewijzigd. Om snel te kunnen reageren moet er in het bedieningsgebouw apparatuur staan waarmede de in de hefwerken van zee- en rivierschuif 8 optredende krachten kunnen worden geregistreerd. Bovendien wordt deze apparatuur voorzien van een alarminstallatie die in werking treedt zodra in één van de hefwerken een bepaalde kracht wordt overschreden.

Waterloopkundige aspecten van betonblokken als stortmateriaal bij een geleidelijke sluiting

De geleidelijke sluiting van de Grevelingen is onder meer gebruikt als een gelegenheid om allerlei experimenten op grote schaal te doen met stortmaterialen; dat verklaart ook de grote verscheidenheid van de bij die sluiting toegepaste materialen. Aan het gebruik in de werkelijkheid ging een aantal modelproeven vooraf waarin de stabiliteit tegen stroomaanval van onder meer grind, stortsteen, slappe zakken en spanzandzakken onder verschillende omstandigheden werd onderzocht. De omstandigheden waaronder de materialen hun stroombestendigheid zullen moeten bewijzen, zijn in het Haringvliet en het Brouwershavensche Gat aanzienlijk zwaarder. Met name zullen de stroomsnelheden in het eindstadium van de damopbouw en de golfslag tengevolge van de wind groter zijn dan in de Grevelingen. De opbouwmaterialen zullen bovendien in het Haringvliet en het Brouwershavensche Gat gedurende een langere periode aan die omstandigheden worden blootgesteld, omdat de sluitgaten hier groter zijn. In verband daarmee was het noodzakelijk het onderzoek voort te zetten.

De hydraulische omstandigheden hangen in belangrijke mate af van de fase waarin de opbouw van de dam zich bevindt. In dit verband dient onderscheid te worden gemaakt tussen de bouwfase, waarin de kabelbaan de beteugelingsdam opbouwt, en de eindfase, waarin de beteugelingsdam tot boven hoogwater reikt en er een zandlichaam tegenaan wordt gespoten.

In het Haringvliet zullen de stroomsnelheden en vervallen in de eerste fase onder normale getijomstandigheden slechts weinig groter zijn dan in de Grevelingen. Tijdens de opbouw van de sluitkade immers zullen de uitwateringssluizen volledig geopend zijn, zodat ook bij vernauwing van het sluitgat een groot deel van het doorstroomprofiel behouden blijft. Het huidige profiel aan weerszijden van de bouwput bedraagt ongeveer 18 000 m², terwijl de geheel geopende sluizen beneden N.A.P. een doorstroomprofiel van 6 000 m² zullen bezitten. In de tweede fase echter kan het nodig blijken de sluizen vroegtijdig te sluiten ter regeling van de waterhuishouding in het noordelijk bekken van ons grote-rivierensysteem, om bij het opspuiten van de uiteindelijke sluitdam zo weinig mogelijk zand te verliezen, dan wel om het gevaar van ontgrondingen aan weerszijden van de sluizen, dat maximaal wordt als men het Rak van Scheelhoek sluit, tijdig te onderdrukken. Bij een zomerstorm kunnen de vervallen dan hoog oplopen, omdat het Haringvlietbekken de veranderingen van de buitenwaterstand dan niet snel genoeg meer kan volgen. Daar komt nog bij dat de golfaanval er toch al groter zal zijn dan in de Grevelingen vanwege de meer open ligging aan zee.

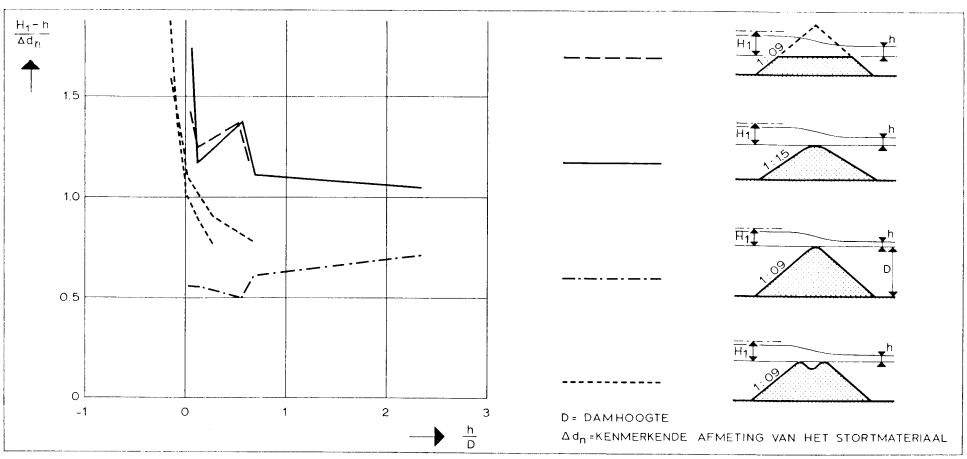
In het Brouwershavensche Gat bevindt zich achter de afsluitdam een afgesloten bekken dat fungeert als kombergingsgebied, zodat daar in beide fasen grotere vervallen verwacht moeten worden dan in de Grevelingen. Ook hier zal de golfaanval zwaarder zijn. De voor de Grevelingen onderzochte materialen kunnen ook in het Haringvliet en het Brouwershavensche Gat worden toegepast, maar tot een geringere hoogte ten opzichte van N.A.P. Voor het slotgedeelte van de opbouw, wanneer de damkruin komt in de waterlaag waarin zich de normale getijbeweging afspeelt, zal een zwaarder materiaal dan bijvoorbeeld stortsteen 10-300 kg noodzakelijk zijn om weerstand te kunnen bieden aan de te verwachten vervallen en golfbeweging. Dit zwaardere materiaal zal een zo hoog mogelijk soortelijk gewicht moeten hebben terwille van de stroom- en golfbestendigheid. In het belang van het laden en lossen van de kabelbaan geeft men de voorkeur aan een op het terrein vervaardigd element. Op grond van deze eisen gingen de gedachten uit naar betonblokken met een stukgewicht van 2500 kg en een volume van iets meer dan 1 m³. Het soortelijk gewicht van beton is 2,4.

Om het ontworpen blok op zijn waarde te testen werd in het Waterloopkundig Laboratorium een onderzoek gedaan naar de mate waarin een uit dergelijke betonblokken opgestorte dam weerstand zou kunnen bieden aan de gecombineerde aanval van stroom en golf, en naar de vervorming van zo'n dam in extreme omstandigheden. Hoewel het stukgewicht en het soortelijk gewicht ongeveer vaststonden, bestond er nog onvoldoende inzicht in de meest gewenste vorm van het betonelement. Uit het onderzoek dat ten behoeve van de Grevelingensluiting werd verricht naar de stabiliteit van spanzandzakken is gebleken dat de vorm van een stortelement een grote invloed heeft op het gedrag ervan in stromend water. In het waterloopkundig onderzoek is de vorm van het betonelement daarom een van de variabelen. Tot nu toe zijn in het onderzoek een kubusvormig element waarvan de ribben waren afgeschuind, en een plat blok, eveneens met afgeschuinde ribben, betrokken geweest. De in dit artikel genoemde onderzoekresultaten hebben alle betrekking op het afgebeelde platte blok met afgeschuinde ribben, dat als eerste is onderzocht.

Het eerste deel van het onderzoek had tot doel na te gaan bij welke vorm van de dam de blokken de grootste weerstand hadden tegen overtrekkende stroom alleen. De vier besproken damvormen zijn schematisch weergegeven in figuur 1. Uit de resultaten blijkt dat de dam met een brede kruin en die met een afgeronde kruin het meest stabiel zijn. De stabiliteit van het materiaal wordt niet alleen bepaald door de eigenschappen van het materiaal zelf, maar ook door de vorm van de dam. In het algemeen zal eenzelfde materiaal op een dam met een brede kruin een groter verval kunnen weerstaan dan op een dam met een smalle kruin. Daarnaast staat, dat een dam met een steil talud minder stroombestendig is dan een dam met een flauwer talud. Dat de bovenste twee dammen van figuur 1 in gelijke mate stroombestendig zijn moet dan ook worden toegeschreven aan het feit dat de gunstige invloed van de brede kruin wordt genivelleerd door het steilere talud van 1 : 0,9, dat de betonblokken aannamen wanneer ze in het model onder water werden gestort. Deze twee damvormen zouden zeer wel kunnen worden opgebouwd door ze op te storten vanaf vaartuigen. De twee andere onderzochte damvormen zijn typische resultaten van de opbouw door een kabelbedrijf, zoals dat toepassing zal vinden in het Haringvliet en het Brouwershavensche Gat. Deze kabelbaan zal bestaan uit één enkelvoudig circuit, waarvan de kabels op een afstand van 6 meter van elkaar hangen. Een dam met dubbele kruin blijkt meer stromingsweerstand te bezitten dan een met enkele kruin, want hoewel de taluds van beide dammen gelijk zijn, kan de dam met dubbele kruin ten opzichte van die met enkele kruin worden beschouwd als een dam met een relatief brede kruin.

In het tweede deel van het onderzoek is nagegaan welke vervorming de twee laatstgenoemde dammen – een dam met scherpe kruin en een met dubbele kruin – kunnen ondergaan in de extreme omstandigheden van een stormvloed, die immers ook in de sluitingsperiode een kans van optreden heeft. In een stroomgoot van het Waterloopkundig Laboratorium werd een sectie van een dam beproefd onder gelijktijdige aanval van stroom en golf. De golfhoogte werd hierbij onveranderlijk op twee meter gehouden, terwijl het verval langzaam werd opgevoerd. De benedenstroomse waterstand werd gefixeerd op N.A.P. Om tevens een inzicht te verkrijgen in de uitwerking van een storm tijdens de verschillende stadia van de bouw werd de kruinhoogte van de dam gevarieerd. Ook onder extreme omstandigheden blijkt een dam met een dubbele kruin een grotere weerstand te bezitten dan een dam met een enkele kruin. In de eerste serie proeven werd de stroomrichting steeds gelijkgehouden aan de voortplantingsrichting van de golven; deze situatie zal in de werkelijkheid het meest voorkomen tijdens vloed. Om na te gaan wat er in de daarna intredende eb zou gebeuren, is in een aantal gevallen na enige tijd de stroomrichting in het model omgekeerd. De kruin van de dam bleek nu te worden vervormd tot ze een enigszins platte, brede gedaante had aangenomen. De grootste schade bleek bij deze gecombineerde stroom- en golfaanval bij een dam met dubbele kruin op te treden aan de benedenstrooms gelegen kruin. Hoe hoger de kruin, des te geringer de schade. Kan er geen golf meer over de dam slaan, dan treedt er ook geen beschadiging meer op. Zo bleek in het onderzoek een dubbelkruinige dam op N.A.P. + 4 m geen schade meer op te lopen bij een bovenstroomse waterstand van N.A.P. + 3 m. Als de sluitdam plaatselijk bezwijkt en er een stroomgat wordt gevormd, ontstaat in de werkelijkheid een zeer benarde situatie. De doorstroomopening van het totale sluitgat wordt er maar weinig groter door, en de vervallen, waarvan de grootte bepaald wordt door de totale doorstroomopening, zullen maar weinig of helemaal niet kleiner worden. Ter plaatse van het stroomgat echter zullen de snelheden naarmate het gat dieper wordt, steeds hoger oplopen. Het gevaar is dan niet denkbeeldig dat er een doorgaande uitschuring optreedt, waardoor ineenstorting van de gehele sluitdam wordt ingeleid. Om het effect van de groter wordende snelheden in het model na te bootsen is het verval

Fig. 1. Invloed van het damprofiel op de stabiliteit van het stortmateriaal



2

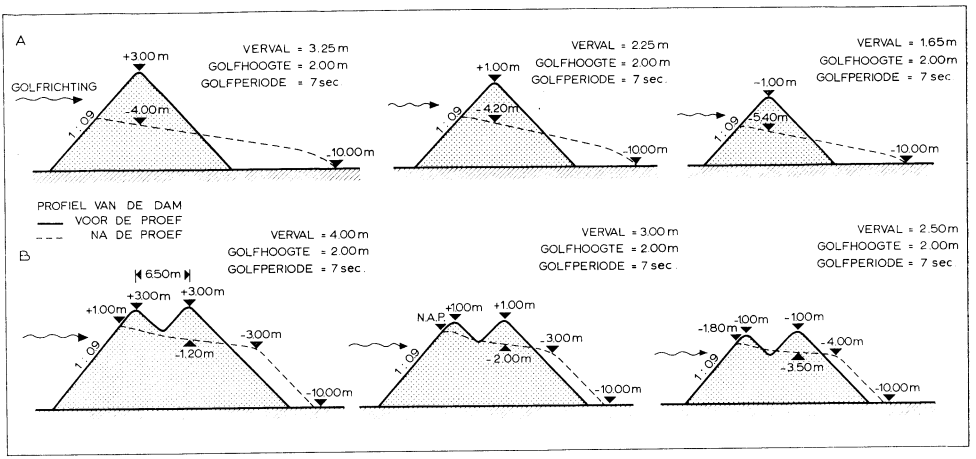


Fig. 2. Vervorming van een uit betonblokken opgebouwde dam met enkele en dubbele kruin onder invloed van stroom en golven uit dezelfde richting

3

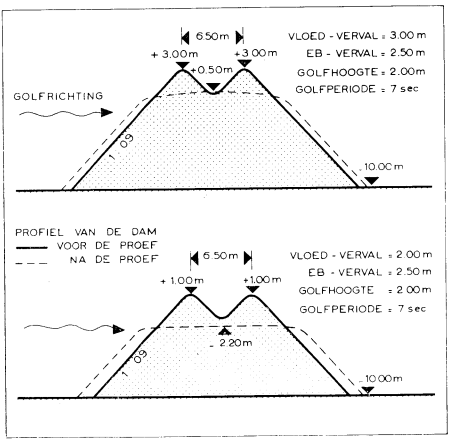


Fig. 3. Vervorming van een uit betonblokken opgebouwde dam met dubbele kruin onder invloed van stroom uit twee richtingen en golven uit één richting

bij de vervorming van de dam steeds constant gehouden. Steeds bleek in de onderzochte gevallen evenwel dat er een toestand van evenwicht optreedt. Op de afbeeldingen 2 en 3 zijn de uitgangssituatie en het ingetreden evenwicht telkens samen afgebeeld. Bij toepassing van betonblokken hoeft dus niet gevreesd te worden voor doorgaande uitschuring als er een gat in de dam valt. Er wordt een evenwicht bereikt doordat het materiaal waaruit de dam wordt opgebouwd, bij aantasting een profiel aanneemt waarbij het een grotere stabiliteit verkrijgt. Een dam met scherpe kruin immers zal vervormd worden tot een dam met ronde kruin, waarop, zoals gezegd, het materiaal stabieler is. De aard van de vervorming en de vorm van het evenwichtsprofiel hangen af van de mate waarin de stabiliteitscriteria van het materiaal, uit te drukken in bijvoorbeeld het toelaatbare verval, in een bepaalde situatie worden overschreden.

Op grond van het beschreven modelonderzoek werd besloten in het Haringvliet en het Brouwershavensche Gat, zeker in de slotfase van de damopbouw, gebruik te maken van betonblokken van tweeëneenhalf ton. Over de uit hydraulisch en praktisch oogpunt meest geschikte vorm is nog geen definitieve uitspraak gedaan. Het modelonderzoek dat hierover mede uitsluitsel zal moeten geven, is nog niet afgesloten.

De kabelbaan over het Brouwershavensche Gat

De afsluiting van het Brouwershavensche Gat is begonnen met de aanleg van damvakken op de midden in die zeearm gelegen Middelplaat en Kabbelaarsbank. Aan weerszijden van dit centrale damvak-eiland zullen sluitgaten worden gevormd.
In de nummers 38 (november 1966) en 39 (februari 1967) van deze Berichten werden de overwegingen weergegeven welke hebben geleid tot de keuze van een geleidelijke sluiting met behulp van een kabelbaan voor de zuidelijke geul van het Brouwershavensche Gat en van een sluiting met doorlaatcaissons voor de noordelijke geul, de Kous. Deze simultane sluiting, die in 1971 zal plaatsvinden, vraagt een nauwkeurige voorbereiding ten aanzien van het tempo waarmee in beide geulen de stroom van week tot week moet worden beteugeld. Tijdens de sluiting moet de afvoer in beide geulen in dezelfde mate afnemen, om hinderlijke dwarsstromingen en oncontroleerbare ontgrondingen in het platengebied achter het tussen de geulen gelegen damvak te ontgaan. Dit houdt in dat de eigenlijke sluitingswerkzaamheden, bestaande uit het opstorten van de sluitdam en het afzinken van de doorlaatcaissons met de daarop volgende manipulaties met de schuiven, op elkaar moeten zijn afgestemd en bij onverhoopte vertragingen of tegenslagen soepel moeten kunnen worden aangepast. In de praktijk is ervan uitgegaan dat de kabelbaan geen hogere capaciteit behoeft te hebben dan overeenkomt met een sluitingsduur van 9 à 10 weken, waarbinnen ook de caissonsluiting van de zuidelijke geul kan plaatsvinden.
Uit modelproeven is gebleken dat tijdens de voorafgaande periode veel grotere ontgrondingen moeten worden verwacht dan tijdens de sluitingswerkzaamheden zelf. Toch zal er uiteraard naar gestreefd worden de ontgrondingen ook tijdens de sluiting, vooral aan de Schouwense oever, binnen redelijke grenzen te houden; maar een duidelijke aanwijzing of de sluitingsduur 10 dan wel 15 weken mag bedragen, volgde uit het modelonderzoek niet zonder meer.
Mede op grond van uitvoeringstechnische overwegingen is het tenslotte nog toelaatbaar geacht dat de sluiting in 12 à 15 weken tot stand wordt gebracht. Er is dan nog gelegenheid om in hetzelfde werkseizoen het damlichaam van zand tot voldoende hoogte op te spuiten en te verdedigen vóór de najaarsstormen inzetten.
In totaal moet in de sluitdam van de zuidelijke geul ongeveer 600 000 ton stortmateriaal worden verwerkt. Rekening houdend met onwerkbaar weer en met een aan- en afloopverlies van 2 à 3 weken moest dus een installatie worden ontworpen waarmee de dam in

10 weken vol bedrijf kan worden gebouwd. Werkt men in twee ploegen – dus ca. 90 uur per week – en vanaf beide oevers van het sluitgat, dan moet per laadstation ongeveer 350 ton per uur worden verwerkt. Dit is de *praktische* capaciteit, die dan ook week in week uit moet worden gehaald. Om tekortkomingen in het samenspel van het stort- en het laadbedrijf en van de bedrijfseenheden van beide bedrijven onderling, door welke oorzaak dan ook, te kunnen opvangen, moet de theoretische capaciteit gesteld worden op 600 ton per uur per laadstation, zulks mede op grond van ervaringen bij het sluiten van de Grevelingen.

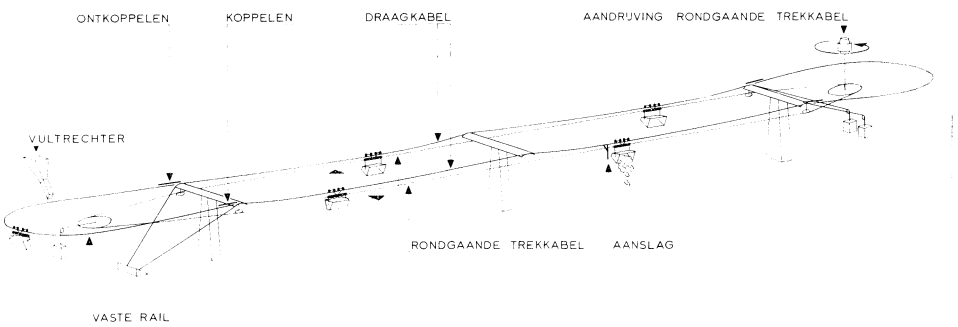
Opbouw en materiaal van de dam

Bij de keuze van het stortmateriaal dient men er allereerst op bedacht te zijn dat het tijdens de opbouw bestand moet zijn tegen de toenemende krachten van de stroom, en voor wat het bovenste deel van de dam betreft tevens tegen golfaanval. Zoals bekend – men zie bijvoorbeeld nr. 21 (augustus 1962) van deze Berichten – neemt de stroomsnelheid aanvankelijk toe naarmate de nog onder water gelegen damkruin hoger wordt, totdat een volkomen overlaat is ontstaan. Daarna neemt de stroomsnelheid weer af tot nul op het moment dat de kruin boven water komt; alleen door de nog poreuze dam vindt dan nog een zekere afvoer plaats. In dit eindstadium is voornamelijk de golfaanval maatgevend voor de zwaarte van de stortmaterialen. Er is echter een omstandigheid denkbaar die de dam meer in gevaar brengt: nadat de kruin op hoogte is gebracht, zou door een uitzonderlijk hoge waterstand, gepaard gaande met hoge golven, plaatselijk een deel van de kruin weggeslagen kunnen worden, zodat de zee weer toegang krijgt tot het zojuist afgesloten bekken. Het volledige verval blijft op dit gat staan, want de bekkenstand past zich niet zo snel aan. In dit kleine gat ontstaat een veel hogere stroomsnelheid dan tijdens het sluiten bij het bereiken van de volkomen overlaat is opgetreden, zodat het gevaar bestaat dat de erosie van de dam zich naar de diepte toe voortzet, eventueel ook de drempel aantast, en ter plaatse een diepe geul uitschuurt. Het is duidelijk dat op grond van deze gevaren bijzondere eisen zullen moeten worden gesteld aan de zwaarte van het stortmateriaal.
Wat de verwerkingswijze betreft, is nagegaan of het stortmateriaal vanaf één vaste lijn – in dit geval een kabel – kan worden losgelaten, waarbij de dam in elk stadium van zijn opbouw een min of meer scherpe kruin heeft, òf dat het materiaal in horizontale lagen direct op de juiste plaats van het damprofiel moet worden aangebracht. In het laatste geval immers doorloopt men sneller het stadium van de hoogste stroomsnelheden, en dat lijkt zeer aantrekkelijk.
In de afgelopen jaren is naar aanleiding van deze overwegingen veel speurwerk verricht, waarbij in het laboratorium ook het stortmateriaal in vele varianten naar vorm en aard werd onderzocht. Niet alle waargenomen verschijnselen zijn op dit ogenblik theoretisch verklaard; als praktisch resultaat kan evenwel worden vermeld, dat een dam opgebouwd uit betonblokken van 2,5 ton stukgewicht niet aan alle eisen voldoet wanneer één enkele scherpe kruin wordt opgebouwd, maar wèl voldoende stabiel is indien de kruin ongeveer 6 m breed is; deze breedte kan met storten vanaf twee kabels in één circuit worden bereikt. In dit laatste geval gaat een plaatselijke schade bij zware aanval niet dieper door dan tot N.A.P. – 4 à 5 m. Hieruit volgt, dat althans boven dit peil met deze blokken of met een even bestendige natuursteen in een sortering van bijvoorbeeld 2 tot 4 ton stukgewicht moet worden gewerkt, terwijl op een veilige afstand daar beneden eventueel met lichtere steen zou kunnen worden volstaan. Voor het ontwerp van de kabelbaan is dit een belangrijk gegeven.

Schematische voorstelling van een circuitbaan met rondgaande trekkabel

Latere mogelijkheden van de kabelbaan

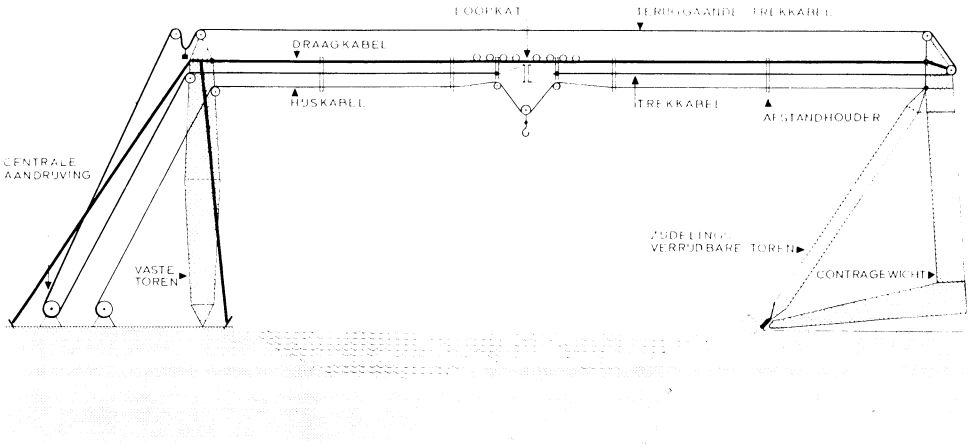
Bij de keuze van het type kabelbaan dient men te bedenken dat de ontwikkeling zowel van doorlaatcaissons als van de kabelbanen zich uiteindelijk richt op de afsluiting van de Roompot, de grootste af te sluiten geul in het deltagebied. De inhoud van deze sluitdam vergt ongeveer 2 000 000 ton aan stortmaterialen, dus ruim het drievoudige van de zuidelijke geul van het Brouwershavensche Gat. Nu is het niet zonder meer juist om te stellen dat een eventuele kabelbaan voor de Oosterschelde derhalve driemaal de capaciteit moet bezitten van die voor het Brouwershavensche Gat. De vereiste sluitingsduur en de te verwachten ontgrondingen, alsmede een aantal andere factoren zoals de mogelijkheid een deel van de dam met behulp van een varend bedrijf te bouwen, zijn mede bepalend voor de eisen die aan een kabelbaan moeten worden gesteld. Wel is het zinvol om bij de verdere ontwikkeling de mogelijkheid dat zulk een hoge capaciteit inderdaad nodig kan blijken, te blijven overwegen.
Er moet bovendien rekening mee worden gehouden dat de geweldige zandhoeveelheden voor het damlichaam door de Oosterschelde niet vóór de winter volgende op de sluiting kunnen zijn verwerkt en geconsolideerd met verdedigingen. Dan zou de sluitdam moeten kunnen overwinteren, en dan zouden nog zwaardere eenheden voor de afwerking van de kruin nodig zijn dan bij de dam in het Brouwershavensche Gat, die slechts zomerstormen hoeft te kunnen doorstaan. Deze mogelijkheid kan mede van invloed zijn op de keuze van het afsluitingsinstrument.
Ook bij de studie en het ontwerp voor de kabelbaan over de Grevelingen is al steeds gedacht aan de mogelijkheden voor de Oosterschelde. Tenslotte zijn toen twee vaak toegepaste systemen, te weten de circuitbaan met trekkabel en de kabelkraan, verlaten en is gekozen voor een minder gebruikelijk type, waarbij bemande en zichzelf aandrijvende gondels (automoteurs) over een enkele zware draagkabel rijden. Het leek zinvol eens na te gaan of de visie van toen ook vandaag nog als juist kan worden beschouwd. Wat hielden de verschillende keuzemogelijkheden in?
Een circuitbaan met trekkabel dient men zich als volgt voor te stellen: Over een draagkabel lopen onbemande wagentjes, die door een trekkabel onderling en met het centrale aandrijfmechanisme zijn verbonden. Bij de laadstations gaan de wagentjes over op een vaste railbaan, rijden onder invloed van de zwaartekracht naar het laadpunt, worden daar geladen en naar de andere draagkabel gesleept; hebben ze de snelheid van de continu rondlopende trekkabel, dan worden ze er met behulp van een klemconstructie



door meegenomen. De wagentjes zijn elk voorzien van een laadbak, die met behulp van een verstelbare commandokabel door een plaatselijke nok worden ontgrendeld en dus gelost op elke gewenste plaats. Banen van dit type worden veelvuldig gebruikt in het mijnbedrijf voor het transport van kolen en lichte steen, in het bouwbedrijf voor de aanvoer van de grondstoffen voor beton bij bijvoorbeeld de bouw van stuwdammen, waar ze dienen ter vervanging van een werkweg in berggebieden, en verder in allerlei gevallen waarbij transport van lichte massagoederen in grote hoeveelheden op een boven het terrein gelegen niveau gewenst is. Bij de huidige stand der techniek bedraagt de maximale capaciteit 400 à 500 ton per uur en de maximale last 5 ton per wagentje. Als men eenheden van 2,5 ton wil verwerken, zou men een automatische belading moeten ontwerpen, waarbij elke 20 sec. een last wordt aangehaakt. Echter, automatische belading moge voor installaties die een reeks van jaren draaien van voordeel zijn, toepassing bij het opstorten van een sluitdam stuit op het bezwaar dat weer een kwetsbaar punt zou worden ingevoegd in een systeem dat slechts enkele maanden in bedrijf is. De tijd die nodig is voor het overwinnen van de altijd optredende kinderziektes, wordt dan relatief gauw te lang.

Dan is er de beperking van de zwaarte van de last tot 5 ton, een gevolg van het feit dat de wagentjes een boog met korte straal in de railbaan moet doorlopen, waarbij de constructie van de wielstellen deze beperking oplegt. Rekening houdend met de mogelijkheid dat het onderzoek naar de opbouw van een dam die ook zonder consolidatie winterstormen kan doorstaan de noodzaak van nog zwaardere eenheden zou uitwijzen, kan men zich moeilijk 10 jaar van te voren vastleggen op een systeem met beperkte laadcapaciteit; de marges ten aanzien van de capaciteit dienen juist zo groot mogelijk te worden gehouden.

Verder is bij dit systeem de storthoogte niet regelbaar. De lasten worden nabij de pylonen van grote hoogte afgeworpen en dit geeft veel breuk, waardoor de stroombestendigheid van het materiaal te sterk achteruit gaat. Tenslotte is de windgevoeligheid van een meerkabelsysteem, met onder meer verschillende vrij dunne kabels, groter dan van een systeem met een enkele dikke kabel. Exacte gegevens zijn op dit punt moeilijk te verkrijgen; bij de sluiting van de Grevelingen waren de ervaringen met een dikke kabel in dit opzicht zeer gunstig; er kon nog worden gewerkt bij windkracht 7 loodrecht op de baan en bij windkracht 10 in de richting van de baan. Het aantal onwerkbare dagen was daardoor gering.

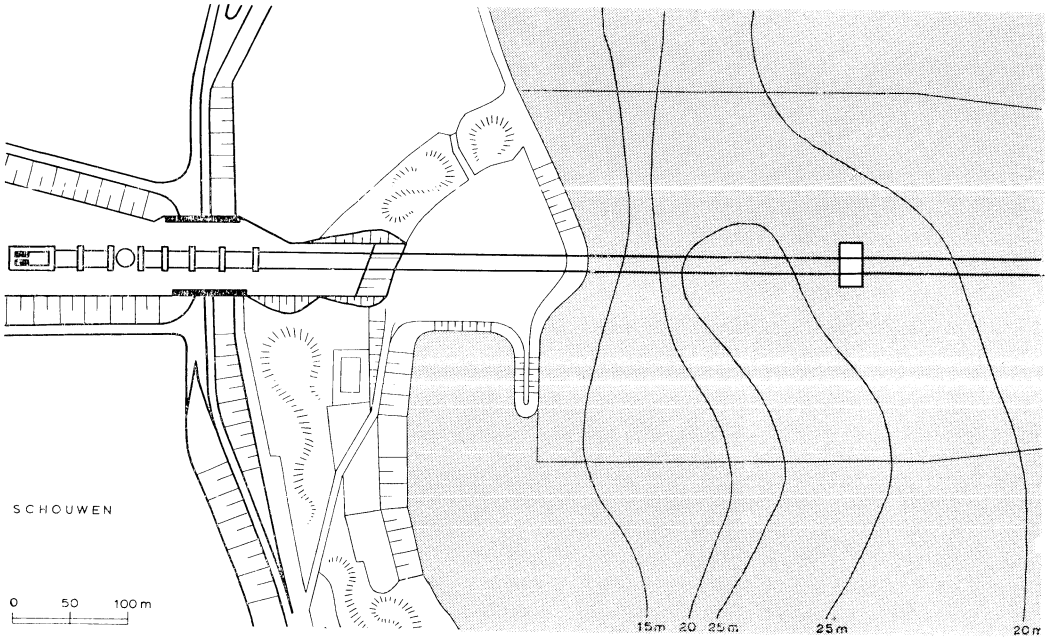


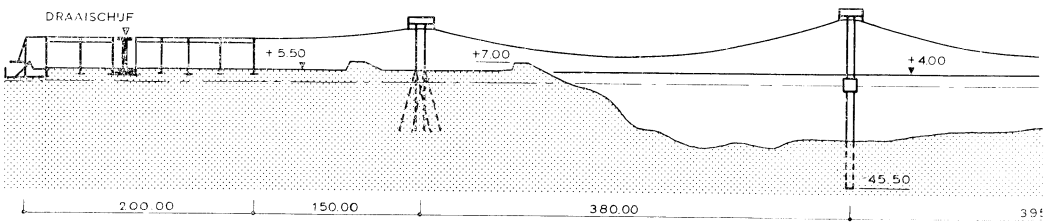
Indertijd is ook de centrale aandrijving van het meerkabelsysteem als een kwetsbaar punt beschouwd. Deze overweging blijft uiteraard van kracht, al speelt zij een minder grote rol bij het installeren van parallelbanen, wanneer een grote capaciteit gewenst is. Werkt men met twee parallelbanen, dan zou men bij stagnatie in het aandrijfsysteem tijdelijk op halve capaciteit terug moeten vallen. Bij gebruik van een circuitbaan met automoteurs kan men bij stagnatie van een der draaischijven overschakelen van circuitbedrijf op retourbedrijf. Bij de Grevelingen bleek het retourbedrijf, dat om andere redenen meermalen is ingesteld, nog een vrij grote capaciteit te halen.
Bovenstaande overwegingen en ervaringen maken het gebruik van een circuitbaan met trekkabel voor een grote sluiting toch weinig aantrekkelijk. Een paar belangrijke bezwaren, de beperking in gewicht van de te vervoeren eenheden en de te grote storthoogte, vallen weg bij gebruik van een of meer kabelkranen in plaats van onbemande gondels. Er wordt dan een loopkat door middel van een trekkabel over de draagkabel heen en weer getrokken, terwijl de last gevierd wordt door een vanaf de oever te bedienen hijskabel. Het is mogelijk hiermee een nuttige last van 15 of 20 ton te vervoeren. Het systeem is meermalen toegepast bij de bouw van betonnen stuwdammen, waarbij dan de pendeltorens met contragewicht langs rails verreden werden. Men kan op deze wijze het gehele werkterrein bestrijken, en dit zou voor de aanleg van sluitdammen van groot belang kunnen zijn indien men een dam in horizontale lagen zou willen opstorten. Het waterloopkundig onderzoek heeft echter uitgewezen dat een brede kruin niet zo onontbeerlijk is voor de stabiliteit van een beteugelingsdam als men aanvankelijk dacht. Verder zouden in ons vlakke land zeer hoge waltorens nodig zijn om een breed sluitgat te overspannen; voor de afsluiting van de Oosterschelde zouden bijvoorbeeld torens van ruim 150 m hoogte nodig zijn. Het lijkt technisch onmogelijk deze ook nog verrijdbaar te maken. Maar bovendien is de capaciteit van een dergelijke installatie zeer gering, want er kan maar één loopkat per overspanning opereren. Om een en ander aan de omstandigheden aan te passen zijn daarom ontwerpen en studies gemaakt van een aantal parallelbanen volgens dit systeem, waarbij ongeveer in het midden van de overspanning een vaste riviertoren werd gedacht. Het uit de benodigde capaciteit volgend aantal kabels vond hier zijn vaste verankering; de waltorens van 50 en 80 m hoogte waren evenmin verrijdbaar. Op deze wijze kon een in principe technisch uitvoerbare oplossing worden verkregen, die redelijk voldeed aan de uit de aard van het werk vol-

Schema van een kabelbaanconstructie

gende eisen. Een oplossing overigens, die geen uitgesproken voordelen meer had boven de circuitbaan met automoteurs en nog wel enkele nadelen bevatte. Er zou slechts retourbedrijf mogelijk zijn, bij plaatselijke beschadiging van de dam zou niet meer dan de helft van de capaciteit ter plaatse kunnen worden ingezet – de riviertoren splitst het bedrijf immers volledig in tweeën –, en de windgevoeligheid van het grote aantal kabels bleef een bedenkelijk punt.

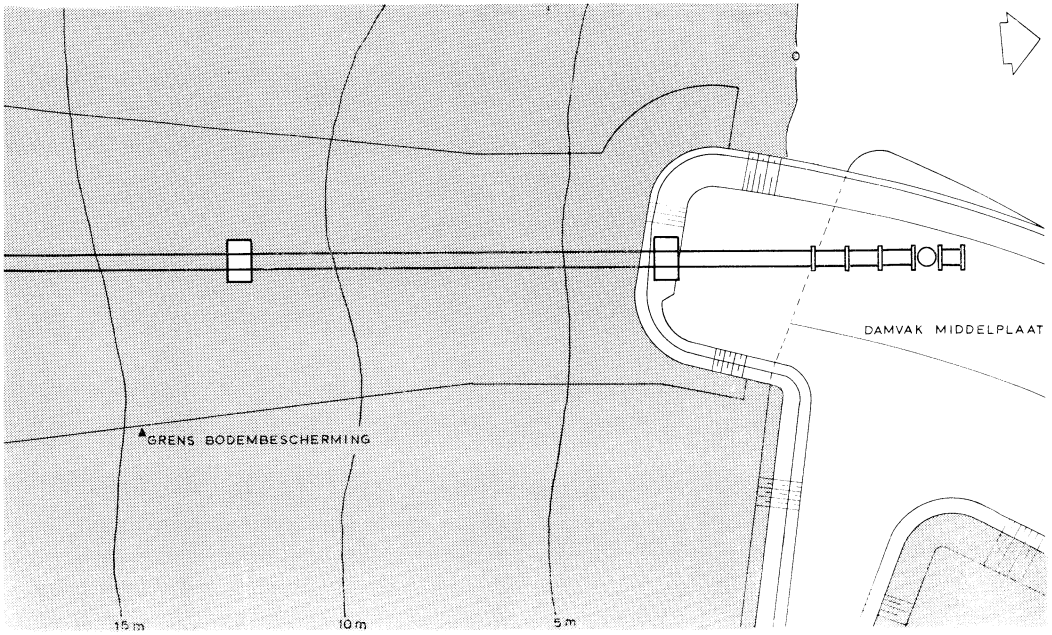
De vele bezwaren en moeilijkheden die de andere kabelbaansystemen meebrengen deden besluiten voort te bouwen op de reeds verkregen ervaringen en de circuitbaan met automoteurs ook voor het Brouwershavensche Gat toe te passen. Uit een analyse van het bedrijf in de Grevelingen is onder meer gebleken, dat de capaciteit bepaald werd door de tijd die een automoteur of motorgondel nodig had om een overspanning te doorlopen en zijn last te storten. Door de overspanningen, die destijds 630 m bedroegen, te verkleinen tot 400 m kan de capaciteit met 50% worden vergroot; het laadbedrijf kan deze verhoging nog goed verwerken. De kortere overspanning maakt het bovendien mogelijk twee gondels per overspanning toe te laten, waardoor de capaciteit theoretisch wordt verdubbeld; in de praktijk zal het resultaat iets lager liggen omdat de snelheden van de gondels nooit geheel op elkaar zijn afgestemd. Wel moet ruimte worden geschapen voor een dubbel aantal laadplaatsen, terwijl de draaitijd van de keerschijf kleiner moet worden. Op dit punt zijn eveneens metingen verricht aan het nog bij de Grevelingendam aanwezige stuk railbaan met de daar ter beschikking staande reeds gereviseerde automoteurs. Op grond hiervan is een nieuwe draaischijf ontworpen die in theorie per minuut één gondel doorlaat, op- en afrijden inbegrepen. Bij de afsluiting van de Grevelingen werd in het steenbedrijf een weekcapaciteit gehaald overeenkomend met ongeveer 140 ton per uur. Door bovengenoemde maatregelen kan de capaciteit tot ongeveer het $2\frac{1}{2}$-voudige, dat is tot 350 ton per uur, worden opgevoerd. Een andere analyse, waarin alle ervaringscijfers betreffende de duur van alle afzonderlijke handelingen zijn verwerkt, leert dat de theoretische capaciteit dan ongeveer 600 ton per uur bedraagt. Dit betekent dus, dat in theorie elke minuut een gondel met 10 ton lading zou vertrekken. Hiermee is aan de ontwerpeis ten aanzien van de capaciteit voldaan, en de baan voor het Brouwershavensche Gat is dan ook op grond van deze berekeningen ontworpen.
Er is echter nog een belangrijk punt, en wel de nuttige last per gondel. De verhouding

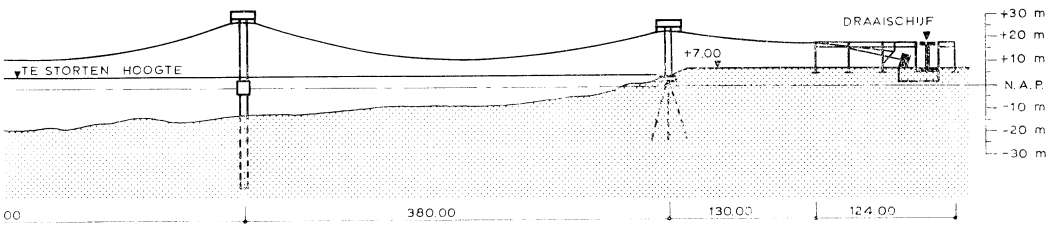




Bovenaanzicht en dwarsdoorsnede van de ontworpen kabelbaan over het Brouwershavensche Gat

tussen eigen gewicht en nuttige last ligt bij de bestaande gondels bepaald ongunstig: 10 ton nuttige last werd vervoerd door een gondel van 20 ton. Dit was mede een gevolg van de zware additionele eisen welke indertijd zijn gesteld en waarvoor op zeer korte termijn alleen een oplossing kon worden gevonden met behulp van bestaande technische apparatuur. Sindsdien is gebleken, dat een gondel kan worden gebouwd die 15 ton lading vervoert, terwijl het toelaatbare totale gewicht van 30 ton per wagen niet behoeft te worden overschreden. Ook kan de snelheid nog iets worden opgevoerd.
Op deze wijze zou de praktische weekcapaciteit van een circuitbaan met gondels van het nieuwe type bij belading vanaf beide oevers op een grenswaarde van 1000 ton per uur kunnen worden gebaseerd, overeenkomend met de maximale eis voor het Brouwershavensche Gat in verband met de gelijktijdige caissonsluiting. Ook voor de eventueel geleidelijke sluiting van de Oosterschelde biedt dat voldoende perspectief. Aanvankelijk is nog overwogen een kabelbaan met 4 kabels voor het Brouwershavensche Gat te in-

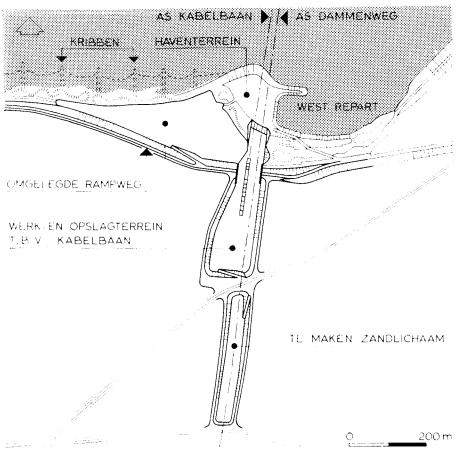




stalleren, zowel om voldoende spreiding van het materiaal als om een toereikende capaciteit te bereiken. Uit het bovenstaande volgt echter, dat de noodzaak van een viervoudige kabelbaan niet is gebleken.
In hoeverre oude en nieuwe gondels voor het afsluiten van het Brouwershavensche Gat gezamenlijk zullen opereren vormt thans nog een onderwerp van studie. Ook zijn bepaalde technische details weer iets anders opgelost dan bij de Grevelingen het geval was. Tezijnertijd zal op al deze aspecten nog nader worden ingegaan. Vermeldenswaard is tenslotte nog, dat de funderingen van de beide rivierpylonen reeds zijn gemaakt, op dezelfde wijze als bij de baan over het Haringvliet volgens het voor de Oosterscheldebrug ontwikkelde systeem. De hierop in het voorjaar van 1968 te plaatsen pylonen zullen niet meer zijn uitgevoerd als een stalen portaalconstructie, zoals ze gebruikt werden in de Grevelingen, maar als enkelvoudige rechthoekige centrale torens van voorgespannen beton.

Voorzieningen op Schouwen voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat

De zuidelijke stroomgeul van het Brouwershavensche Gat zal worden gedicht met een door een kabelbaan op te werpen sluitdam. Volgens de huidige ramingen zal daar een hoeveelheid materialen van ongeveer 600 000 ton voor nodig zijn, waarschijnlijk zeer zware stortsteen en/of betonblokken met een stukgewicht van 2,5 ton. De gondels van de kabelbaan zullen aan beide zijden van het sluitgat worden geladen; daarom moet aan weerszijden voldoende ruimte aanwezig zijn voor de opslag van de helft van de te verwerken hoeveelheid materiaal. Aan de noordzijde, dus op de kop van het damvak op de Middelplaat, zal eind 1967 voldoende ruimte voor materiaalopslag zijn geschapen (zie Driemaandelijks Bericht nr. 39, februari 1967). Met de aanleg van een opslagterrein aan de zuidzijde, op het eiland Schouwen, moet in het voorjaar van 1968 een begin worden gemaakt, opdat het medio 1969 kan worden voltooid; in de tweede helft van 1969 kan dan worden begonnen hier de stortmaterialen op te slaan of te vervaardigen die op dit terrein in depot moeten komen. Het depot zal volgens schema juist gereed zijn vóór de opgeslagen materialen met de kabelbaan moeten worden verwerkt.
Bij het ontwerp van het zuidelijk opslagterrein is ernaar gestreefd de uitvoering van dit werk zoveel mogelijk in de pas te brengen met andere werken, zoals de aanleg van het op de duinregel bij West-Repart aansluitende noordelijke gedeelte van de Dammenweg door Schouwen en het aanbrengen van een duinverzwaring onmiddellijk ten westen van de damaansluiting. Op de plaats waar na voltooiing van de afsluiting een afrit van de Dammenweg gemaakt moet worden, wil men nu het zuidelijke vaste railgedeelte van de kabelbaan en de zuidelijke materiaalopslag vestigen, waartoe dit terreingedeelte tijdelijk zal worden opgespoten tot het niveau van de Dammenweg, N.A.P. + 6 m. De extra zandhoeveelheid die dit werk vergt, kan later weer worden verwerkt in andere op- en afritten in de nabijheid, die omstreeks 1971 in uitvoering komen. Het op deze manier verkregen terrein zal echter niet toereikend zijn voor de materiaalopslag.
De duinregel onmiddellijk ten westen van het punt waar de dam door het Brouwershavensche Gat zal aansluiten op het eiland Schouwen, is tot aan het begin van de Zouten Haard vrij smal. Het wordt dan ook in verband met de voorgenomen afsluiting van de vlak ervoor gelegen zuidelijke stroomgeul noodzakelijk geacht dat duingedeelte te verzwaren.
De strandlijn is met behulp van kribben gefixeerd, en het voorland is er vrij smal. Daarom zal de verzwaring aan de polderzijde moeten plaatsvinden. Hoewel de normen voor



Overzicht van de uit te voeren werken

het ontwerpen van een aan de Delta-eisen voldoend duinmassief nog niet vaststaan, is toch reeds een verzwaring ontworpen, waarvan de hoogte reikt tot N.A.P. + 6 m. Deze duinverzwaring kan dienstbaar gemaakt worden aan de opslag van de benodigde stortmaterialen en/of voor het vervaardigen van de betonblokken die van Schouwen uit zullen worden verwerkt.

Het opspuiten van de duinverzwaring-annex-steendepot maakt het noodzakelijk dat de bestaande Rampweg voor een gedeelte wordt omgelegd. Nu heeft deze weg een belangrijke functie in het lokaal en toeristisch verkeer, en aangezien dit verkeer het snelverkeer over de Dammenweg niet gelijkvloers mag kruisen, zal voor de kruising van die twee wegen een tunnel worden gebouwd. De tunnelbouw zal in de uitvoering worden gecombineerd met de aanleg van de funderingen voor het vaste railgedeelte van de kabelbaan.

De besproken opslag- en werkterreinen bevinden zich in de buurt van de vlettenhaven van West-Repart. Deze haven is in haar tegenwoordige toestand niet geschikt voor de aanvoer en overslag van grote hoeveelheden materiaal. Daartoe zou dan naast de bestaande haven in het betrekkelijk geringe resterende gedeelte van de inham een tweede haven moeten worden aangelegd. Deze oplossing van het aanvoerprobleem is niet aantrekkelijk, en daarom is naar andere gezocht.

Men zou gebruik kunnen maken van de werkhaven van Den Osse, ongeveer 6 km ten oosten van West-Repart. Dat zou echter een verbreding en verbetering vereisen van de smalle polderwegen tussen Den Osse en het werk- en opslagterrein. Een door geringere kosten en gemakkelijker uitvoering veel aantrekkelijker oplossing zou het zijn, vroegtijdig het gedeelte ten noorden van de Schelphoek van de geprojecteerde Dammenweg op Schouwen aan te leggen. Voorlopig zou men kunnen volstaan met een tweetal rijstroken. De materialen zouden dan per schip naar de werkhaven Schelphoek kunnen worden aangevoerd, daar in auto's worden overgeslagen, en dan via de Dammenweg naar het opslag- en werkterrein vervoerd. Na onderlinge vergelijking van de genoemde drie mogelijkheden, viel de keus op deze laatste. De voorbereidingen voor de aanleg van het benodigde opslag- en werkterrein zijn in volle gang. Met de uitvoering zal in 1968 een begin worden gemaakt.



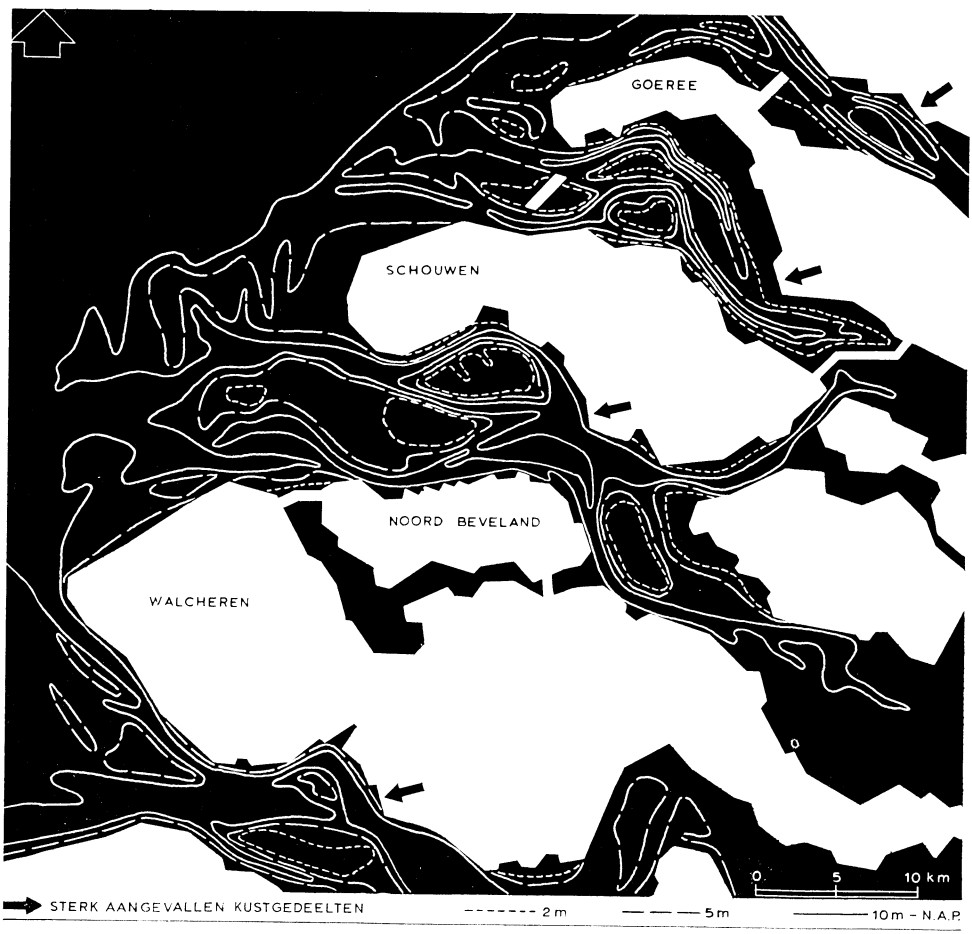
De invloed van de afsluiting der zeegaten op de golfaanval in het Deltagebied

De waterkeringen, en trouwens alle constructies aan de kust, zoals havendammen, golfbrekers en strandmuren, dienen bestand te zijn tegen de aanvalskracht der golven. Uit de ervaring die in de loop der jaren met deze constructies onder golfaanval is opgedaan, blijkt dat men van de aanvalskracht die de golven kunnen uitoefenen, niet gering moet denken.

Een waterkering heeft in de eerste plaats tot taak het achterliggende land te vrijwaren tegen overstroming. In vroeger tijden werd de kruinhoogte van een waterkering gebaseerd op de hoogst bekende waterstanden, die tijdens stormvloeden tot dan toe optraden, zonder rekening te houden met de golfoploop. Bij latere stormvloeden kon het voorkomen dat de kruinhoogte van menige waterkering in zo geringe mate het waterpeil overtrof, dat de golven grote watermassa's over de kruin stortten. Behalve wateroverlast kon hierdoor ook schade aan de landzijde van de waterkering ontstaan. Wanneer zo'n constructie niet bestand bleek tegen deze golfaanval en beschadigd of zelfs geheel vernietigd werd, zag de beheerder veelal geen andere mogelijkheid, dan haar bij het herstel een grotere hoogte te geven en/of de bekledingsconstructie ervan te versterken, door inplaats van bijvoorbeeld een grasmat een steenglooiing aan te brengen. In onze tijd kan het ontwerp van een waterkering door modelonderzoek in het waterloopkundig laboratorium van te voren proefondervindelijk worden getoetst. Uit een grote hoeveelheid van dit soort onderzoeken konden gemiddelde relaties worden afgeleid tussen de golfbeweging en de vereiste kruinhoogte en vormgeving van een waterkering. Het is duidelijk dat men zich dit inzicht alleen ten nutte kan maken wanneer men weet welke golfbeweging en welke waterstanden in de loop der jaren in het beschouwde gebied zullen kunnen optreden.

De voor het ontwerp van een waterkering maatgevende omstandigheden kunnen speciaal wat de golfbeweging betreft, van plaats tot plaats verschillen. In de zeewering van het Deltagebied komen gedeelten voor die sterk aan de golfslag zijn blootgesteld. Het zijn in de eerste plaats de koppen van de eilanden Goeree, Schouwen, Noord-Beveland en Walcheren. De zeewering bestaat hier grotendeels uit een natuurlijke duinenrij met voorliggend strand. Uitzonderingen vormen de kustgedeelten nabij Vlissingen, Domburg en Westkapelle, waar geen duinen aanwezig zijn, en de zeewering grotendeels wordt gevormd door een dijk; voorts het zogenaamde Flaauwe Werk nabij Ouddorp en Goeree. Meer landinwaarts liggen op de eilanden nog enkele sterk aangevallen kustgedeelten. Ze zijn met pijltjes aangegeven op de eerste figuur. In welke mate zal de afsluiting van

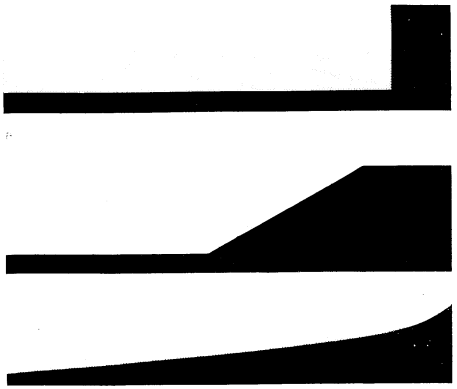
Kaart van Z.W.-Nederland. De pijlen wijzen sterk aan golfslag geëxposeerde kustgedeelten landinwaarts aan



de zeegaten volgens het Deltaplan nu invloed hebben op de in dit gebied voorkomende golfbeweging, en kan er een vermindering van de aanval op de waterkeringen van worden verwacht?
De wind die over het wateroppervlak blaast, is er de oorzaak van dat op de Noordzee en ook op de betrekkelijk grote wateroppervlakken van de zeegaten golven ontstaan waarvan de richting ongeveer samenvalt met die van de wind. Door de in hoofdzaak Z.W.–N.O. gerichte ligging van onze zeekustlijn blijven de richtingen waaruit de Noordzeegolven de kust naderen, eveneens beperkt tot een sector tussen Z.W. en N.O. Dichter bij de kust, waar de waterdiepte sterk is afgenomen, is de richtingsvariatie nog veel kleiner. Dit komt doordat de voortplantingsrichting van golven die met hun kammen scheef de kust naderen ingevolge het zogenaamde refractie-effect zo verandert, dat ze er meer loodrecht op aanlopen. Naast het refractie-effect heeft de verminderde waterdiepte nog een andere uitwerking op de vanuit zee komende golfbeweging. Beschouwen wij een groep van elkaar opvolgende golven die vanuit het diepe gedeelte der Noordzee de kust naderen, dan blijken zij onderling grote verschillen te vertonen in vorm en hoogte. Wanneer de waterdiepte kleiner wordt, neemt de afstand tussen de opeenvolgende golfkammen af; tegelijk worden de golven hoger en hun voorflanken steiler. Uiteindelijk wordt het profiel van enkele golven onstabiel, zodat ze ineenstorten of, zoals men zegt, breken of branden. Eerst breken alleen de hoogste golven, maar naarmate de waterdiepte blijft afnemen, breken er steeds meer. De diepte waar de Noordzeegolven beginnen te breken varieert van 3 tot 7 m, afhankelijk van de grootte der golven; in het algemeen bij een diepte van 2 tot 3 maal de significante golfhoogte H 1/3, dat is de gemiddelde hoogte van het hoogste derde deel der golven van een groep. Als het water na aanvankelijke vermindering van de diepte en een begin van breking toch weer dieper wordt – wanneer de golven bijvoorbeeld over een onder water gelegen zandbank zijn gelopen –, dan kan het voorkomen dat alleen de grootste golven uit een groep zijn gebroken, terwijl de overige golven deze hindernis min of meer ongestoord konden passeren. De significante golfhoogte van een groep golven is na het passeren van een dergelijke zandbank natuurlijk kleiner geworden. De grootte van de golven die op kustconstructies komen aanrollen, is derhalve sterk afhankelijk van de diepteligging van de nabije onderwaterkust. De mate waarin Noordzeegolven de zeegaten kunnen binnendringen, wordt in hoofdzaak bepaald door de bodemligging ter plaatse.
Voor de kust en in de zeegaten van Z.W.-Nederland ligt de zogenaamde onderwaterdelta. Dit is een uitgestrekt gebied van ondiepten, bestaande uit zandbanken die door diepe getijgeulen worden doorsneden. Het gebied reikt tot een afstand van 5 à 7 km uit de zeekust. De eerste figuur geeft er een beeld van. Uit luchtfoto's en metingen van de golven in dit gebied is duidelijk gebleken dat de onderwaterdelta een belangrijke barrière vormt voor de vanuit de diepe Noordzee aanrollende golven. Een groot deel van de golfenergie gaat hier verloren door de sterke vervormingen en het daarmee samenhangende proces van breking, zodat de hoeveelheid golfenergie die de kust bereikt en de zeegaten binnendringt, al sterk is verminderd. Het grootste deel van de nog aanwezige energie dringt binnen via de diepe getijgeulen; door de beperkte breedte en het veelal bochtige tracé van die geulen gaat op de aangrenzende ondiepten weer golfenergie verloren. In het Deltagebied is geen enkel kustgedeelte aan te wijzen dat de golfreducerende werking van de onderwaterdelta niet in meer of mindere mate ondervindt. Alleen de koppen van de havendammen van Hoek van Holland zijn hiervan uitgezonderd; ze reiken daarvoor te ver in zee.
De zwaarte van de golfaanval op een kustconstructie houdt nauw verband met de afmetingen der golven en met de snelheid waarmee ze op de constructie komen aan-

Ontmoeting van een teruggekaatste golf met een aankomende geeft een waterzuil op enige afstand van de wand





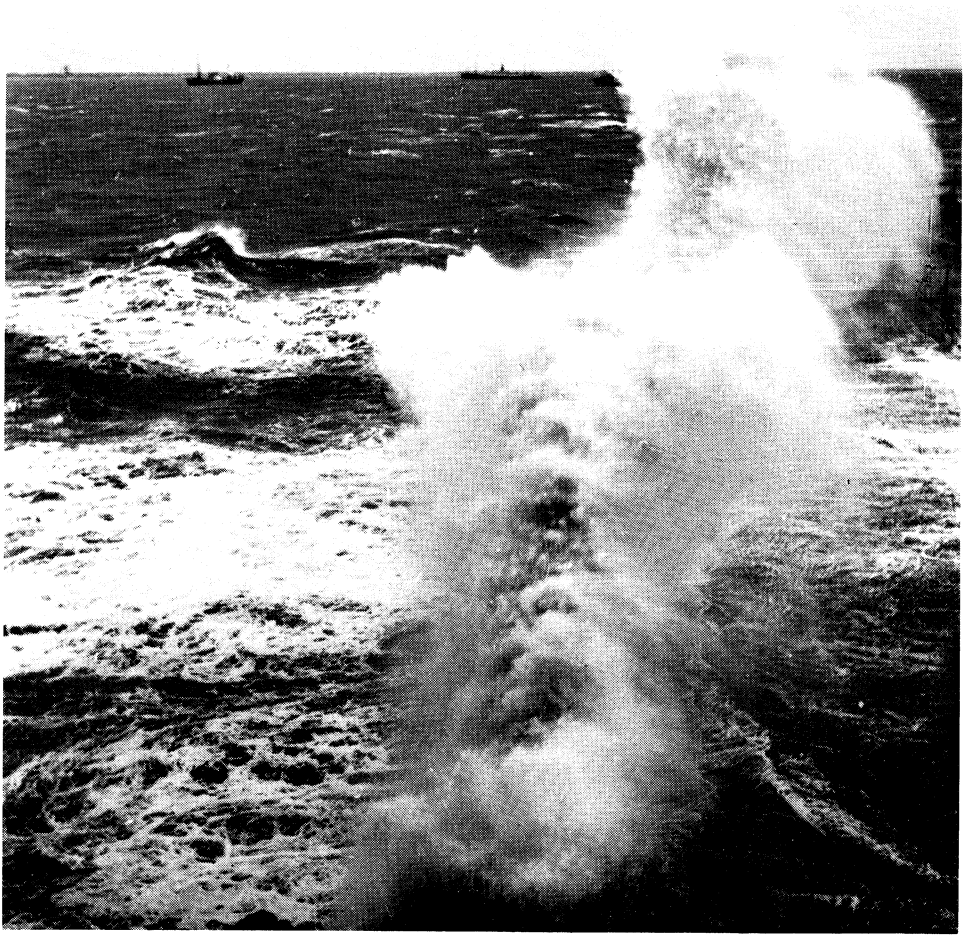
Golfoploop tegen verschillende taluds

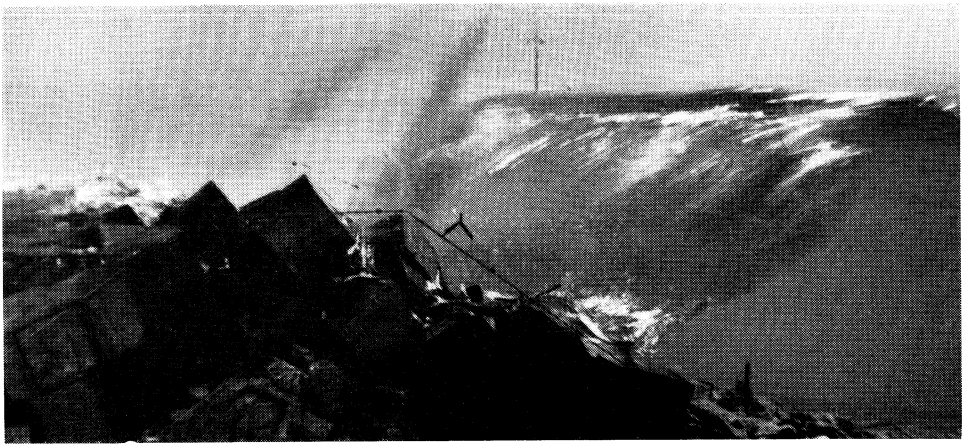
rollen. Wij spreken hierbij alleen over windgolven; deininggolven kunnen buiten beschouwing blijven vanwege hun geringe hoogte en de omstandigheden waarin ze gewoonlijk waarneembaar worden, namelijk in perioden van betrekkelijk rustig weer. De grootte van windgolven wordt vooral bepaald door de afstand, waarover de wind over het wateroppervlak blaast, de strijklengte van de wind. Van winden uit zuidwestelijke richting wordt de strijklengte beperkt door de Engelse oostkust, bij richtingen tussen noordwest en noordoost kan de strijklengte vrijwel onbeperkt groot zijn; dan gaat echter de lengte van het windveld meetellen. Vooral tijdens zware stormen uit deze richtingen kan de strijklengte vele honderden kilometers bedragen. Het is vooral onder die omstandigheden dat de golven, wanneer ze onze kust naderend aan het einde van de windbaan hun grootste hoogte bereiken, een krachtige aanval op de kustconstructie doen. Door deze stormen wordt het water in de kom die het zuidelijke deel van de Noordzee vormt, namelijk opgestuwd tot hoogten die het normale peil tijdens springtij aanzienlijk kunnen overtreffen, zoals dat bijvoorbeeld tijdens de storm van februari 1953 het geval was. De afstand van de bodem tot het waterniveau is op de onderwaterdelta onder deze omstandigheden veel groter dan gewoonlijk, zodat zeegolven die er tijdens de normale getij-waterstanden op breken, nu min of meer ongestoord door kunnen lopen. Bepalend voor de golfaanval op kustconstructies zijn dus vooral de omstandigheden tijdens stormvloeden bij een wind uit N.W.- tot N.O.-richting. Op het diepe gedeelte van de Noordzee kunnen dan zeer hoge golven voorkomen; bij metingen zijn wel hoogten van ruim 10 meter geregistreerd. Wanneer deze golven de onderwaterdelta bereiken breken de hoogste golven. De kleinere, die door de vergrote waterdiepte op de onderwaterdelta de toch nog aanmerkelijke hoogte kunnen hebben van 3 tot 4 m, rollen op de zeekust aan of dringen verder een zeegat in.

Uiteindelijk moeten al deze golven aan de kust in hun loop worden gestuit. Er zijn dan in waterloopkundig opzicht drie gevallen te onderscheiden: de golven worden in hun loop gestuit door een verticale wand, een relatief steil talud, of een betrekkelijk flauw talud. Het is uit waarnemingen in de natuur bekend dat tegen een verticale wand lopende windgolven deels direct worden teruggekaatst in tegengestelde richting; een ander deel van het water wordt hoog opgestuwd langs de verticale wand, en de wind blaast een zekere hoeveelheid ervan als stuifwater landinwaarts. De ontmoeting van een

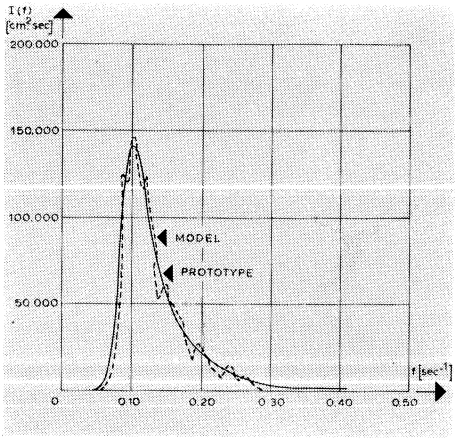
Modelproef van golfaanval op een havendam

Waterzuil





teruggekaatste golf met een aankomende kan een waterzuil opleveren, waarvan de wind weer een hoeveelheid stuifwater landinwaarts blaast.
Wanneer de golven een relatief steil hellend talud ontmoeten, worden ze sterk vervormd. Enkele breken en andere storten hun water, ogenschijnlijk zonder gebroken te zijn, tegen het talud op. Een gedeelte van de energie wordt direct teruggekaatst in de vorm van golven, die bij ontmoeting met andere golven weer een waterzuil kunnen voortbrengen. Van de aankomende golven loopt een gedeelte in de vorm van tongen tegen het talud op, en gedeeltelijk eroverheen, afhankelijk van de hoogteligging van de kruin. Het deel dat terugstroomt kan een sterk remmende werking uitoefenen op de golf die op dat moment aankomt.
Golven die een betrekkelijk flauw hellend talud ontmoeten worden door de langzaam afnemende waterdiepte vervormd op een wijze die eerder is beschreven. Op een diepte van 2 à 3 maal H 1/3 begint het breken; bij kleinere diepten gaan de golven met geringere hoogten breken, totdat tenslotte de allerkleinste golven, ook weer door breking, hun water voorwaarts stuwen in het gebied van de waterlijn. Langs dit flauw hellend talud treedt aldus een geleidelijke en algehele afbraak van de golfenergie op. De zeeweringen in het Deltagebied kunnen naar vorm veelal als een combinatie van de bovengeschetste typen worden beschouwd. Daarop zijn twee uitzonderingen: een strandkust heeft geheel en al de uitwerking van een flauw hellend talud, en dijken met meteen ervoor een tamelijk diepe onderwaterkust – wanneer bijvoorbeeld een geul voor de dijk langs loopt – tonen alle golfbrekende eigenschappen van een relatief steil talud. Bij golfbeweging tijdens de normale getij-waterstanden lijkt het proces van golfaanval en golfafbraak bij de overige constructies vrijwel steeds het meest op de breking van golven op een flauw talud. Naarmate de waterstanden hoger worden verschuift het beeld bij dijken naar dat van breking op een steil talud; een strandmuur vertoont dan een beeld dat gedeeltelijk aan de breking op een verticale wand, en gedeeltelijk aan die op een flauw talud doet denken.
Na afsluiting van de zeegaten blijven de waterstanden in het zuidelijk Deltagebied op een vast gemiddeld peil dat ook tijdens zware stormen niet verandert. Slechts kan er een zekere verhoging van de waterstand aan de benedenwindse zijde optreden doordat de wind de watermassa in het bekken opstuwt, zoals men het bijvoorbeeld ook ziet op het IJsselmeer. De golfaanval op de waterkeringen in het zuidelijke bekken wordt na



Energiespectrum in grafiekvorm

uitsluiting van de zeegolven alleen veroorzaakt door golven die de wind in het bekken zelf opwekt. De dijken, die in de eerste figuur met een pijl aangegeven zijn, liggen nu nog bloot aan golven die door de wind in de Noordzee en in het zeegat zijn opgewekt. De afsluiting verkort de strijklengte van de wind sterk, er komen geen zeegolven meer, en de waterdiepten zijn vooral bij stormvloeden veel geringer dan onder de huidige omstandigheden. Daardoor zal de golfaanval op deze waterkeringen in de toekomst belangrijk geringer zijn, en zich afspelen op een lager niveau van het dijktalud.
In het noordelijk bekken, voornamelijk bestaande uit het Haringvliet, komt na de afsluiting nog wel variatie in de waterstanden voor. De waterhoogten zullen hier tijdens stormvloeden, wanneer de Haringvlietsluizen gesloten zijn, kunnen oplopen tot een hoogte van N.A.P. + 3 m. De golven die door de wind in dit bekken worden opgewekt, blijven vanaf de sluis tot het eiland Tiengemeten zeker lager dan onder de huidige omstandigheden, niet alleen door de beperkte strijklengte van de wind, maar vooral ook doordat de waterstanden tijdens stormvloeden niet meer zo hoog oplopen; de plaatselijk voorkomende ondiepten kunnen dan reducerend op de golfbeweging inwerken.
Aan de zeezijde van de afsluitdam wordt de golfbeweging, en daarmee ook de zwaarte van de golfaanval, na de afsluiting nog steeds sterk bepaald door de bodemligging van de onderwaterdelta. Men mag verwachten dat zich hier door de afsluiting der zeegaten bepaalde veranderingen in de bodemfiguratie zullen voltrekken. Het onderzoek naar deze veranderingen is in een gevorderd stadium. Zodra er resultaten van bekend zijn, kan nagegaan worden in hoeverre een verandering in het patroon van de golfaanval op deze kustgedeelten in de toekomst kan worden verwacht en kan met redelijke nauwkeurigheid worden voorspeld welke golfaanval de afsluitdammen zullen ondervinden tijdens stormvloeden.

Geprogrammeerd golfschot

Bij de voorspelling van de golfbeweging wordt gebruik gemaakt van de kennis die uit de golfmetingen in dit gebied is verkregen, terwijl het bovendien ook mogelijk is om in een waterloopkundig laboratorium de golfbeweging op natuurgetrouwe wijze na te bootsen, zodat proefondervindelijk kan worden bepaald welk type verdediging in een bepaald geval de voorkeur verdient. Het golfonderzoek in de natuur heeft ook een ver-

diept inzicht opgeleverd in enkele meer fundamentele aspecten van onregelmatige golfbeweging. Daarvan kon weer gebruik gemaakt worden bij het modelonderzoek in een waterloopkundig laboratorium, in het bijzonder om vast te stellen in hoeverre de in het model opgewekte golfbewegingen overeenstemmen met die in de natuur. De eigenschappen van modelgolven blijken sterk af te hangen van het gebruikte systeem van golfopwekking. Een eenvoudige en tot nu toe veel toegepaste wijze is het regelmatig heen en weer bewegen, dan wel om de verticale as draaien van een loodrecht in het water geplaatst schot; de opgewekte golven zijn dan allemaal langkammig en regelmatig van vorm en hebben een gelijke golfhoogte en voortplantingssnelheid. Door met behulp van een ventilator een krachtige luchtstroom over het wateroppervlak te blazen, worden, al of niet in combinatie met schotbewegingen, windgolven opgewekt, die onregelmatig en asymmetrisch van vorm zijn. De op deze wijze opgewekte modelgolven blijken toch wel te verschillen met de in de natuur voorkomende golfbewegingen. Het is wel mogelijk om met behulp van deze modelgolven kustconstructies op modelschaal proefondervindelijk te onderzoeken, maar er zijn veelal uitgebreide en langdurige proevenseries voor nodig.

Een belangrijke vooruitgang betekende recentelijk de ontwikkeling van een golfopwekkingssysteem waarbij men de snelheid en de grootte van de heen en weergaande beweging van het golfschot voortdurend laat veranderen. Voor de verschillende bewegingen die men het schot wil laten uitvoeren heeft men een bepaald, aan de golfbeweging op zee ontleend programma ter beschikking. Daarom spreekt men van een geprogrammeerd golfschot. In grote lijnen gaat het programmeren als volgt: men meet de golfbeweging op een in zee geplaatst waarnemingsstation; de meetgegevens worden radiografisch overgebracht naar een ontvangstation op de wal, en daar geregistreerd op een ponsband die wordt ingevoerd in een computer; die herleidt de meetgegevens via een wiskundige berekeningsmethode tot een energiespectrum. In grafiekvorm geeft het energiespectrum weer hoe de in de golfbeweging op zee aanwezige energie is verdeeld over de perioden van de componenten waaruit men de onregelmatige bewegingen van het wateroppervlak in wiskundige zin opgebouwd kan denken. Met componenten worden hier de uiterst kleine regelmatige golfjes bedoeld, die in een zo groot aantal en met zoveel verschillende perioden aanwezig moeten zijn, dat men bij optelling van de bewegingen die ieder van deze componenten aan het wateroppervlak teweegbrengt, de onregelmatige golfbeweging verkrijgt zoals die op zee is gemeten. In het laboratorium laat men vervolgens een ruisgenerator eenzelfde reeks van bewegingen produceren als in de golfbeweging werd aangetroffen. Deze bewegingen, nu in de vorm van geluidsignalen, worden langs elektronische weg omgezet in stuursignalen voor het bewegingsmechanisme van het golfschot. Als alles naar wens verloopt, moet de door het schot opgewekte golfbeweging hetzelfde energiespectrum hebben als dat van de golven die in de natuur zijn gemeten. De thans gebruikte apparatuur levert een golfbeweging in het model die met de geregistreerde zeegolven een goede overeenstemming vertoont, niet alleen ten aanzien van de golfhoogten, perioden en golfvormen die in een onregelmatige golfbeweging voorkomen, maar ook wat betreft andere eigenschappen, zoals het gedrag in ondiep water en het proces van breking. Wanneer voldoende meetgegevens bekend zijn van de golfbeweging in een gebied waar een kustconstructie moet worden gemaakt, kan het hier beschreven modelonderzoek belangrijk bijdragen tot het bepalen van de optimale vormgeving van kustconstructies.

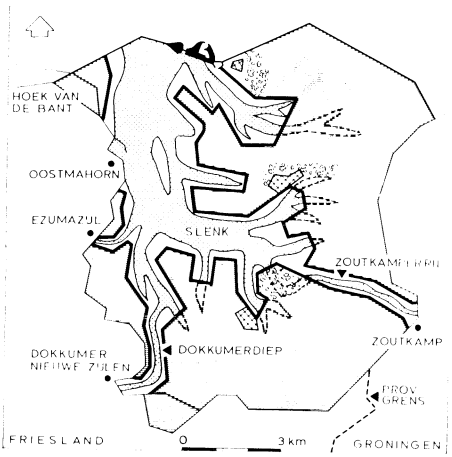
De bestemming van het ingedijkte Lauwerszeegebied

De afsluiting van de Lauwerszee is in de eerste plaats gericht op vergroting van de veiligheid en verbetering van de waterbeheersing in het noorden van ons land; bovendien komt er een gebied van ruim 9 000 ha ter beschikking, waarmee wij iets zullen moeten doen. Het aantal mogelijkheden voor de bestemming van het aan de zee ontnomen gebied is niet onbegrensd; de natuurlijke gesteldheid van het terrein en de geografie van het randgebied geven duidelijke aanwijzingen voor de inrichting. Voor het eerst wordt hier een deel van de Waddenzee bedijkt, voordat de aanwezige zandbodem met een voldoende dikke sliblaag is bedekt om vruchtbare landbouwgrond te vormen. Het overgrote deel van de Lauwerszee bestaat uit zandplaten, die worden doorsneden door een wijd vertakt geulenstelsel.
In het noordelijke gedeelte van de Lauwerszee, ten noorden van de lijn Zoutkamp-Ezumazijl, liggen onbeschut grote platen, die dan ook vrijwel geheel uit enigszins grof zand bestaan. In de richting van de kust en naar het zuiden toe wordt het zand fijner. Langs de randen en aan de uiteinden van de geulen is de bodem meestal wat kleiiger. Ook in de richting van de kust neemt het aantal kleideeltjes toe. De zwaarste gronden zijn te vinden op de boven gemiddeld hoogwater gelegen kwelders langs de zeedijken. Een soortgelijk beeld vindt men in het zuidelijk deel van de Lauwerszee, alleen is het aantal kleideeltjes hier veel groter. Dit is het gevolg van de meer beschutte ligging. Hier komt veel lichte tot zware zavel voor, en op de kwelders klei. Ook de oevers van de geulen zijn samengesteld uit zware gronden. De ondergrond is veelal minder slibhoudend dan de bouwvoor. Op vele plaatsen wordt er zand in aangetroffen. Alleen langs de kust is dit zelden het geval, en is de kleilaag in het algemeen dikker, zelfs gemiddeld 2 meter.
De hoogteligging in de bodem van de Lauwerszee vertoont grote verschillen van plaats tot plaats. Er zijn diepe geulen, zoals de Slenk, het noordelijke gedeelte van het Dokkumer Diep en het zuidelijke deel van het Vaarwater naar Oostmahorn. Hier komen diepten van meer dan N.A.P. – 10 m voor. De hoogste delen van de platen liggen over het algemeen boven N.A.P. en reiken soms tot 30 à 40 cm erboven. Naar de kust van het vasteland toe is eveneens een belangrijke toeneming van de hoogte waar te nemen. De hoogste gedeelten, de kwelders, liggen boven gemiddeld hoogwater, N.A.P. + 1 m. De gemiddelde helling op de platen bedraagt 5 cm per 100 m, maar plaatselijk loopt ze op tot 30 cm per 100 m. In de kustzone treft men veel grotere hoogteverschillen aan

dan in het platengebied. De kwelder, die plaatselijk tot N.A.P. + 1,8 m reikt, daalt in zeewaartse richting af onder een helling van 50 cm per 100 m tot ongeveer N.A.P. + 1 m. De diepere geulen in de Lauwerszee zullen een zoetwatermeer vormen; het milieu van dit gebied zal na de afsluiting dan ook nog al plotseling veranderen. Door het wegvallen van de eb- en vloedbeweging zal bovendien een tamelijk grote oppervlakte zand- en slikplaten droog vallen. Er zal naar een waterpeil worden gestreefd van 's zomers N.A.P. – 0,83 m, en in de winter N.A.P. – 0,93 m, maar onder bepaalde omstandigheden zullen er toch schommelingen in het niveau van het boezemmeer optreden. Ten behoeve van de regeling van de waterbeheersing van het Friese en Groninger achterland wordt er namelijk gedurende de periode van laagwater op de Waddenzee gespuid, terwijl de sluizen bij hoogwater gesloten blijven. Hierdoor wordt de Lauwerszeeboezem beurtelings bijgevuld en afgelaten, hetgeen een wisselende waterstand tengevolge heeft.
Onder invloed van deze dagelijkse schommelingen, die naar verwachting 's zomers gemiddeld 10 cm, 's winters gemiddeld 50 cm zullen bedragen, zullen bepaalde oppervlakten van de gronden in het Lauwerszeegebied afwisselend met water bedekt zijn en droog liggen. Bij het streefpeil zullen ongeveer 2 000 ha water en ruim 7 000 ha droogvallende gronden in het Lauwerszeegebied liggen.
De eerste plannen voor de inrichting van de Lauwerszee, die tussen 1950 en 1955 werden opgesteld, waren duidelijk een produkt van de periode waarin alle landaanwinning in Nederland nog stond in het teken van de uitbreiding der agrarische gronden. Het waren verkavelingsplannen, waarin werd getracht de sloten zodanig in het over het algemeen vrij sterk hellende terrein te leggen, dat vooral een aanvaardbare grondwaterstand zou kunnen worden bereikt. Een extra probleem vormden de zandgronden, die steeds van voldoende zoet water zouden moeten worden voorzien om voor veeteeltbedrijven te kunnen worden bestemd. Een uitgebreid aanvoersysteem voor zoet water met vele stuwtjes en duikers werd ontworpen, waarbij het infiltratiesysteem in de Noordoostpolder als voorbeeld diende.
De toenmalige afzetmoeilijkheden in de zuivel maakten het echter twijfelachtig of de hoge investeringen voor zoetwatervoorziening van graslanden in de Lauwerszee voldoende rendement af zouden werpen. Ook de bestedingsbeperking in 1957 maakte het noodzakelijk na te gaan of niet een plan kon worden ontworpen dat veel kleinere investeringen eiste. Er ontstond toen een plan dat inhield dat het ingedijkte Lauwerszeegebied vrijwel geheel zonder polderkaden aan de natuur zou worden overgelaten, met uitzondering van een aantal hogere gronden van goede landbouwkundige kwaliteit, die zonder hoge kosten in cultuurtoestand zouden kunnen worden gebracht.
De regering publiceerde in 1960 twee plannen, een mét en een zónder inpolderingen. Volgens het eerste plan zou een aantal polders in de Lauwerszee worden aangelegd waarin de zandgronden grotendeels voor bos zouden worden bestemd en de betere gronden voor landbouw. Een duidelijke voorkeur voor een van beide plannen werd echter niet uitgesproken.

Tijdens de uitvoering van de werken aan de afsluitdijk na 1961 hebben verschillende belanghebbende groepen hun plannen ontvouwd voor de bestemming van de Lauwerszee. De natuurbescherming zag grote mogelijkheden in het plan zonder polderkaden. Hier immers zou men voor het eerst de kans krijgen op grote schaal een nieuw natuurgebied te scheppen, in plaats van te conserveren. De provincies Friesland en Groningen brachten met klem de recreatieve mogelijkheden van het Lauwerszeegebied naar voren en publiceerden een plan waarin polders van kleinere omvang waren voorzien. In vele opzichten

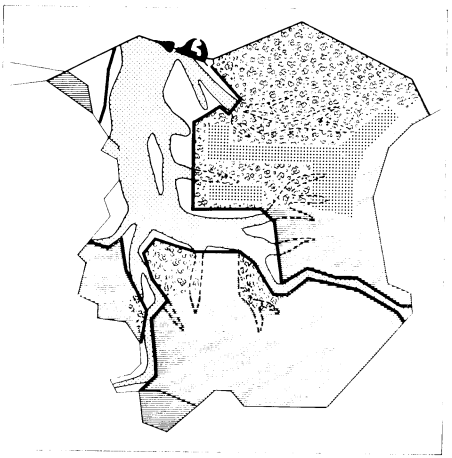
1



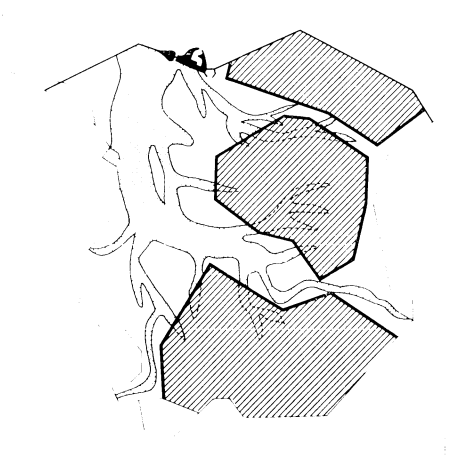
3



2



4



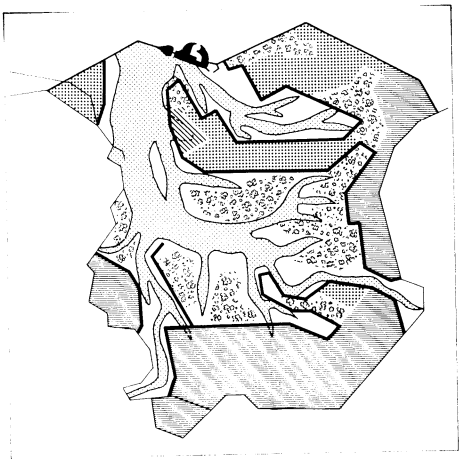
1 Volgens het plan van 1955 zou de Lauwerszee ongeacht de grondsoort geheel voor de landbouw bestemd worden

2 In 1958 werden bossen of landbouwproefbedrijven op de zandgronden ontworpen

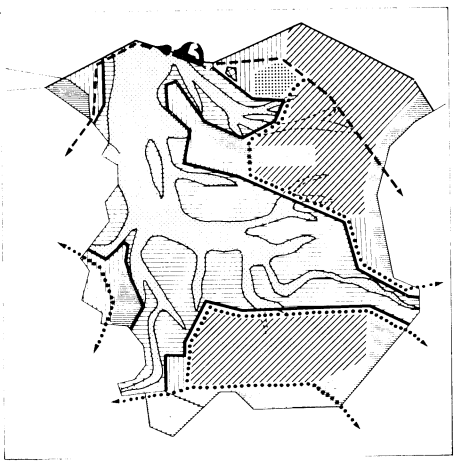
3 Zonder polderkaden kan een bijzonder boeiend natuurlijk landschap ontstaan

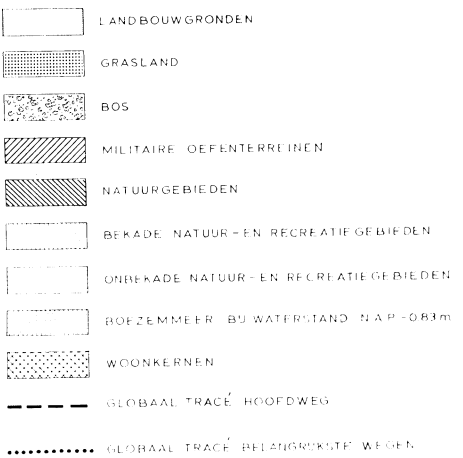
4 De plannen van 1964 voor de inrichting van militaire oefenterreinen bleken onuitvoerbaar door de natuurlijke gesteldheid van het terrein

5



6





5 De natuurbescherming kwam in 1965 met een plan waarin ook enkele kleine landbouwpolders waren opgenomen.

6 Het uiteindelijke plan voor de inrichting van de Lauwerszee dateert van 1966

beoogden de op natuurbescherming en recreatie gerichte plannen hetzelfde, behalve ten aanzien van het middendeel van de Lauwerszee, dat door de ene groep als een uitgesproken stil natuurgebied, en door de andere voor een belangrijk deel als recreatief te bestemmen gronden werd gezien.
Inmiddels had ook het Ministerie van Defensie belangstelling geuit voor het Lauwerszeegebied, als oefenterrein voor de Landmacht. De Lauwerszeegronden zijn echter sterk versnipperd en voor veelvuldig berijden met rupsvoertuigen en dergelijke ongeschikt: dat beperkt de aanvankelijk aanwezig geachte mogelijkheden aanzienlijk.
In 1964 werd in de Vaste Commissie van de Rijksdienst voor het Nationale Plan en later in de Rijksplanologische Commissie het overleg tussen de verschillende belanghebbende instanties geopend. Bij deze besprekingen waren ook de provinciale besturen van Friesland en Groningen vertegenwoordigd.
Vrij spoedig werd in dit overleg een plan ontwikkeld dat voldoende armslag zou geven voor de verschillende gebruikers van het Lauwerszeegebied en dat in vele opzichten het karakter droeg van een multipurpose-project. Het plan, waarin verschillende polders waren geprojecteerd, werd, na door de verschillende instanties te zijn aanvaard, door de Regering goedgekeurd en gepubliceerd in de Tweede Nota over de Ruimtelijke Ordening in Nederland.

Het accent ligt in dit plan sterk op het tot stand brengen van een landschappelijk fraai geheel. Doordat de polderkaden over het algemeen vrij ver teruggelegd zijn van de oevers van de Lauwerszeeboezem, blijft het kenmerkende patroon van geulen en oeverlanden behouden en ontstaat de mogelijkheid om langs natuurlijke weg een boeiend plassenlandschap te vormen. In de polders is er naar gestreefd door het stichten van massieve boscomplexen met daartussen uitgestrekte open vlakten een landschap van grote afmetingen te vormen. In dit landschap zijn gronden bestemd voor zowel agrarisch, militair als recreatief gebruik, terwijl bovendien zoveel mogelijk is gestreefd naar gecombineerd gebruik.

Tengevolge van de wisselende waterstanden zullen, vooral in de winter, grote gebieden in de voormalige Lauwerszee afwisselend droog liggen en onder water staan. Hierdoor zullen goede levensomstandigheden ontstaan voor bepaalde begroeiingen, die uit het oogpunt van natuurbescherming een belangrijke functie kunnen krijgen. Op deze boezemlanden kan langs natuurlijke weg voor grote groepen dieren een geschikt levensmilieu tot stand komen. Met name voor vogelsoorten als lepelaar, aalscholver en blauwe reiger zouden belangrijke voedsel- en broedgebieden kunnen ontstaan. Bijzondere vermelding verdient ook de zomerpolder benoorden de Friese kust op de Hoek van de Bant ten oosten van Peasens. Hier overwinteren reeds thans tussen november en maart ruim 10 000 brandganzen (Branta leucopis), die naar schatting de helft van de wereldbevolking van deze vogelsoort uitmaken. Het slecht toegankelijke weilandgebied vlak bij de Waddenzee vormt kennelijk een zeer gunstig biotoop, dat voor de instandhouding van de brandganzen zal worden gespaard.
Voor de recreatie biedt het plan grote mogelijkheden, zowel op het water en langs de waterkant als in de bosgebieden. Op verschillende plaatsen langs de huidige kust kunnen jachthavens worden ingericht, deels in bestaande werkhavens van de dienst Lauwerszeewerken. Verder zal het aantrekkelijk zijn op een aantal plaatsen langs de oever van het meer in de Lauwerszee met zijn grillige vorm aanlegplaatsen voor plezierjachten te maken. Enkele plaatsen lenen zich in het bijzonder voor de oeverrecreatie. Hier kunnen speelweiden komen, voet- en rijwielpaden, aanlegplaatsen en ook kampeerterreinen.

Een deel van het natuurgebied zal in het bijzonder worden gebruikt voor militaire doeleinden. De mechanisering van de Landmacht noodzaakt tot uitbreiding van de oppervlakte van de militaire oefenterreinen. De regering heeft daarom besloten terreinen in de Lauwerszee ter beschikking te stellen van de Landmacht. Voor oefeningen met gemechaniseerde onderdelen zijn gedurende het gehele jaar berijdbare terreinen noodzakelijk; volgens dit criterium komen alleen goed ontwaterde grofzandige gronden in de Groninger polder in aanmerking. Langs de zuidzijde van de afsluitdijk zijn schietterreinen geprojecteerd.
In de zuidelijke polder is eveneens een militair oefenterrein ontworpen. De militaire oefenterreinen zullen met zekere beperkingen voor het publiek toegankelijk zijn.
Omdat hier voor het eerst op grote schaal marine zandgronden in het Waddengebied ter beschikking komen, is met het oog op eventuele latere inpolderingen in de Waddenzee een aantal terreinen uitgezocht – vrij vlakke, tamelijk grofzandige percelen in de Groninger polder – die voldoende overeenstemmen met de meest voorkomende wadgronden om ze tijdelijk voor agrarische proefnemingen te gebruiken. Voorzover deze terreinen grasland zijn, zullen ze wellicht een geschikt voedselgebied voor talrijke vogelsoorten vormen.
Voor de landbouw zijn in het plan gronden gereserveerd langs de oude kustlijn; ze bestaan alle uit zavel- en kleigrond. Het betreft hier hoofdzakelijk terreinen in het zuidelijke gedeelte van de Lauwerszee, en voorts de zavelgronden benoorden Zoutkamp langs de Groninger kust, en de gronden ten zuiden van Ezumazijl nabij de Friese kust.

Globaal wordt de verdeling van de bestemming der gronden in de Lauwerszee als volgt:

Landbouwgronden	1 300 ha
Natuurgebied met inbegrip van 2 000 ha water	7 800 ha
hiervan: militair oefenterrein: 2 500 ha	
landbouwproefbedrijven: 500 ha	
totaal:	9 100 ha

Over de vraag waar de provinciale grens tussen Friesland en Groningen in het Lauwerszeegebied zal lopen, bestaat reeds overeenstemming tussen beide provincies. De definitieve vaststelling van de grens wordt thans voorbereid. Volgens de plannen zou ze lopen in het verlengde van de bestaande provinciale grens ten zuiden van Zoutkamp tot ze de Zoutkamperril kruist, en dan vervolgens door het hart van deze geul, van de Slenk en van het Vaarwater naar Oostmahorn. Tengevolge hiervan zal de noordoostelijke polder komen te liggen in Groningen en de zuidelijke en de overige poldertjes in Friesland.
Aanvankelijk was in de beide grotere polders een dorp geprojecteerd met een dorpsbos in de omgeving, geheel volgens het patroon van de Noordoostpolder. Toen bij nadere uitwerking bleek, dat deze dorpen een uiterst kleine bevolking zouden krijgen is deze gedachte geheel verlaten. Het omringende oude land zal woonplaats moeten bieden voor degenen die in de Lauwerszee werken. Alleen bij de sluizen en havens is een kleine woonkern gedacht ten behoeve van hen, die bij de bedrijvigheid rondom de havens zijn betrokken.
Het Lauwerszeegebied wordt dus een ruim en open natuurgebied, waarin slechts hier en daar bescheiden gebouwen voorkomen ten behoeve van de instandhouding van het gebied, de recreatie, het militaire en het agrarische bedrijf.

Haringvliet

De bouwput van de uitwateringssluizen

Het binnentalud en de kruin van de ringdijk zijn aan de zeezijde thans geheel weggebaggerd. Aan de rivierzijde is ter hoogte van het noordelijk landhoofd een doorgang gemaakt, zodat de cutterzuiger na voltooiing van de werkzaamheden aan de zeezijde, aan de kant van de rivier kon beginnen met het opruimen van de dijk en het haventerrein. De uitkomende specie werd geperst naar de duinaansluiting bij het havenhoofd van Goedereede. Bij het profielbaggeren aan de zeezijde bleek het voorgeschreven talud van 1 : 2 à $2\frac{1}{2}$ niet haalbaar. Om dit talud toch te kunnen maken werd besloten in het resterende deel van de dijk eerst een bronbemaling aan te brengen. Sinds hiermee half juli werd begonnen, zijn 54 bronnen geplaatst. Reeds na het gereedkomen van de eerste 10 bronnen werd met meer succes het vereiste profiel gebaggerd. Het uitkomende zand werd in het Haringvliet geklapt. Het onbeschermde zandtalud werd boven laagwater met mijnsteen bekleed. De benodigde mijnsteen werd gedeeltelijk uit de opruiming van de havendam van de werkhaven verkregen, gedeeltelijk nieuw aangevoerd. Er werd verder gegaan met het baggerwerk ter plaatse van de voormalige haven. De uitkomende specie werd in het Haringvliet geklapt, terwijl het materiaal uit de haventaluds tegen de oevers van Voorne verwerkt werd. In de verslagperiode werd 573 000 m³ zand gecutterd en naar de duinaansluiting geperst; 195 000 m³ zand en mijnsteen werd gebaggerd en geklapt.

Uitbreiding van de binnenhaven

In de verslagperiode werd een aanvang gemaakt met de uitbreiding van de binnenhaven. Ze behelst het maken van een nieuwe havenmond, begrensd door twee havendammen, en sluiting van de bestaande haveningang. De nieuw gevormde havenoevers worden voorzien van bekledingen van betonblokken boven N.A.P. + 0,75 m en een filterconstructie van N.A.P. + 0,75 m benedenwaarts tot N.A.P. – 1,50 m. Er werd in de havenkom bovendien een aanzienlijke hoeveelheid specie ontgraven. In de verslagperiode kwamen de oostelijke havendam en havenoever nagenoeg gereed; de specie werd voor 2/3 met een cutterzuiger ontgraven en in een depot geperst.
Op de onderwaterbelopen van de havendammen werd 3 600 m² kraagstukken aan-

gebracht. Voorts werd ± 1 000 m² glooiing van betonblokken gemaakt, en 17 000 ton mijnsteen, grind en stortsteen verwerkt.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

Met de doorgraving van de bouwput voor de overbrugging van het Zuiderdiep werd een begin gemaakt. In deze periode werd 35 000 m³ specie in den droge ontgraven, en werd 1000 ton grind als oeverbekleding verwerkt.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

Het betonwerk van de bruggen over het Zuiderdiep kwam gereed. Er is een begin gemaakt met het verfwerk. Ook de onderwatertaluds werden voltooid. Rest nog het onder profiel brengen en bestraten met keien van de bovenwatertaluds.

Inmiddels werd de kleine brug voor het verkeer opengesteld, waardoor de tijdelijke baileybrug over het Zuiderdiep buiten gebruik kon worden gesteld. Van het viaduct dat ligt tussen de overbrugging van het Zuiderdiep en de schutsluis, kwam het betonwerk vrijwel gereed.
Bij de uitwateringssluis moeten, voor wat betreft het betonwerk, alleen nog de bovenste verdieping van het bedieningsgebouw en de wanden en het dek van één van de acht sluismoten worden gestort. Het sluislichaam wordt nu met zand aangevuld; een begin is gemaakt met de aanleg van de stortebedden.

De onderbouw van de kabelbaan

Op 30 augustus werd een begin gemaakt met de funderingen van de railbanen op de uitwateringssluizen en op het Voornse strand.

Volkerak

De schutsluizen

De nautische beseining in de voorhavens kwam gereed; een proef met de basculebruggen over de sluizen is naar wens verlopen. Bij de hydraulische bewegingswerken voor de sluisdeuren zijn echter moeilijkheden opgetreden, die men door het aanbrengen van vereenvoudigingen spoedig hoopt op te heffen, zodat de deuren dan bedrijfsklaar zullen zijn.

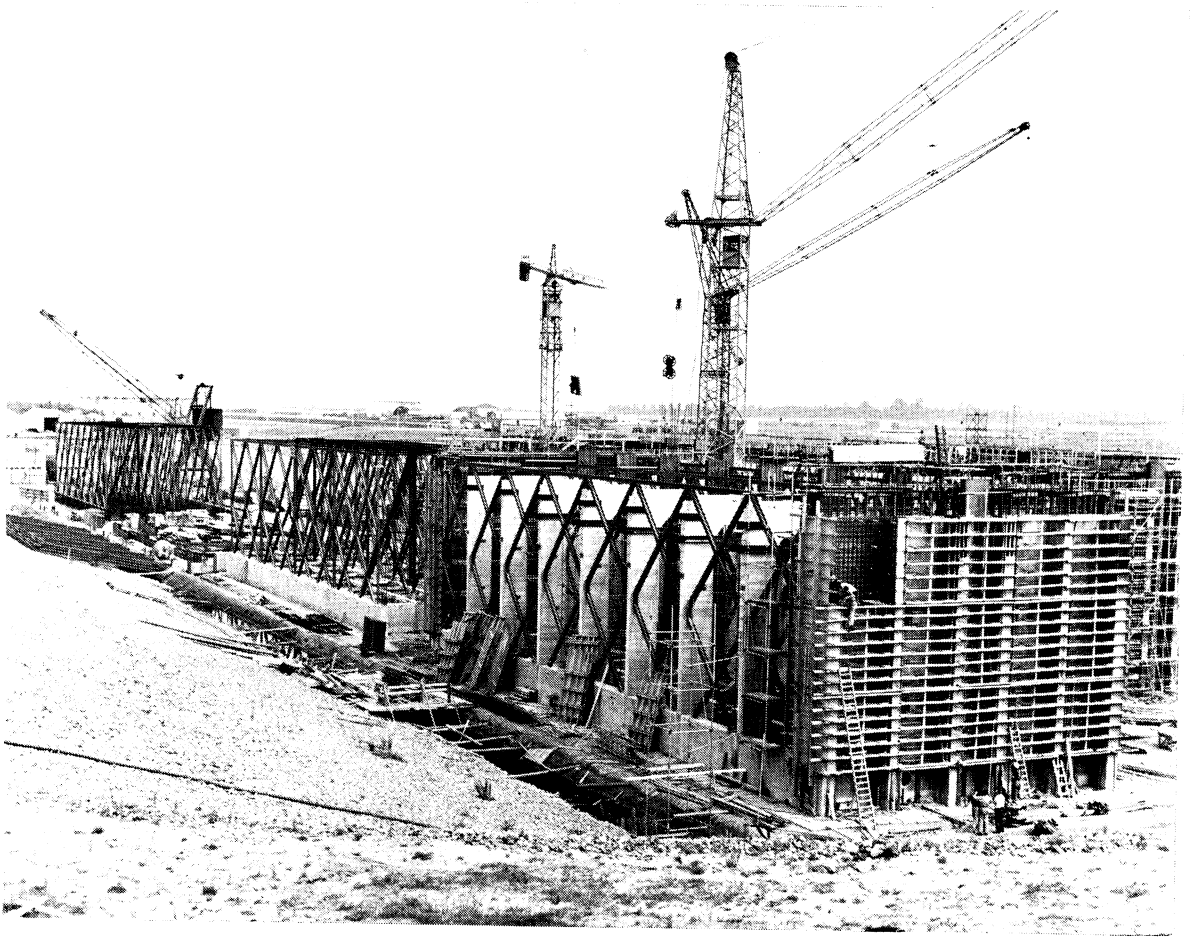
Geleidewerken en wachtplaatsen

In de voorhaven aan de Volkerakzijde kwamen de dukdalven voor de duwvaart en de conventionele vaart gereed. Ook de wachtplaatsen voor schepen met licht ontvlambare lading zijn klaar. Alle stalen palen ten behoeve van de nautische beseining zijn geheid. Er worden thans peilmeethuisjes voor het verklikken en overseinen van de waterstanden in de voorhavens gebouwd; het huisje aan de Hollandsch-Diepzijde kwam nagenoeg gereed.

Caissonbouw

Op negen van de dertien gereedgekomen vloeren van de caisson-onderbakken zijn de 2 m hoge balken van het roosterwerk gestort. Van vier caissons zijn bovendien de portalen en de kopwanden gestort, die de verbinding vormen tussen de onder- en de bovenbak. Bij drie caissons zijn voor de bovenbak vloeren van voorgespannen platen gelegd; van één caisson zal begin oktober de bovenbak worden gestort, zodat die dan wat betreft het betonwerk gereed is. De bouwtijd heeft negen maanden bedragen.
Met de vervaardiging van waterdichte drijfschotten worden goede vorderingen gemaakt.

De bouw van de doorlaatcaissons bij het Volkerak; foto van september 1967



Het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven

In het vorige Bericht werd meegedeeld, dat het werk niet binnen de gestelde termijn kon worden opgeleverd omdat de hoeveelheden baggerwerk in de voorhavens en de scheepvaartgeul ten gevolge van belangrijke aanzandingen aanzienlijk groter bleken dan was geraamd. Er werd toen een hoeveelheid genoemd van 150 000 m³ in de luwte van de schermdam. Inmiddels is de aanslibbing voor de mond van de voorhaven en in de scheepvaartgeul klaarblijkelijk in een hoog tempo voortgegaan, want op 1 september jl. voorzag men dat nog 65 000 m³ slib en 330 000 m³ zand uit de geul moest worden verwijderd.
In het begin van september zijn daartoe 2 baggermolens, te weten de 'Holland 3' en de 'Holland 15' – beide met 450 l emmerinhoud – voor deze werkzaamheden aangevoerd.
De overige werkzaamheden beperken zich tot nog enig zetwerk van basalt en grondwerk voor het egaliseren en afwerken van terreinen en belopen. Deze werkzaamheden komen binnenkort gereed.

Wegen in de buitenpolder Maltha

Het werk is op 1 september 1967 na een onderhoudsperiode van drie maanden voor de tweede maal opgeleverd.

Het damvak over de Plaat van Maltha; de stortsteendrempel en verdere voorzieningen in het sluitgat in het Volkerak

Op 22 mei van dit jaar werd met het werk begonnen. Eerst werd over een lengte van 75 m aansluitend aan het te maken damvak over de Plaat van Maltha een verdieping tot N.A.P. – 9,75 m gebaggerd; daar moest de drempel van het sluitgat komen. Nog vóór de bouwvakvakantie konden aan weerzijden van de toekomstige drempel in deze put drie zinkstukken worden afgezonken, terwijl ook een aanvang werd gemaakt met het aanbrengen van de grondbezinking van het damvak. Na de bouwvakvakantie werden het baggerwerk en het zinkwerk in hoog tempo voortgezet. De baggermolen kon begin augustus voorlopig worden afgevoerd en met het zinkwerk aan weerszijden van de drempel kwam men reeds medio augustus klaar. De aannemer van de zinkwerken concentreerde zich daarna geheel op de grondbezinking van het damvak. Dit was temeer nodig omdat na de bouwvakvakantie ook het mijnsteenbedrijf was begonnen. Na aanvankelijke moeilijkheden in de aanvoer kwam dit bedrijf omstreeks half augustus op volle toeren, en bereikte het produkties van 15 000 ton per week. Op 15 september was reeds 100 000 ton mijnsteen in het damvak gelost.

Op 15 en 16 augustus werden drie landhoofdcaissons geplaatst in het oostelijke landhoofd van het sluitgat. Hierna kon worden begonnen met de opbouw van het drempelgedeelte, dat bestaat uit 50 cm grind van 2–5 mm, 75 cm grind van 3–20 cm en daar bovenop een steenbestorting van steen van 80–300 kg, ter dikte van 1,50 m.
Het grind werd tot nu toe met onderlossers geklapt; alleen de laag grind van 3–20 cm werd daarna met een baggermolen geëgaliseerd. De steen van 80–300 kg werd met de twee op het werk aanwezige steenstorters 'Ram' en 'Steenbok' aangebracht.
In de periode van 20 juli tot 8 september werd ruim 203 000 m³ zand geperst in het werkterrein achter het toekomstige westelijke landhoofd van het sluitgat. Het zand werd gewonnen in het Hellegat door de zuiger 'IJmuiden II' en in het werk geperst door de bakkenzuiger 'Anversoise II'. Aan beide oevers van het Hellegat werden aanlegsteigers voor directievaartuigen gebouwd.

Brouwershavensche Gat

Het damvak op de Kabbelaarsbank

De kleibekleding van het damvak is ingezaaid. In de verslagperiode is de oppervlaktebehandeling van de asfaltbekleding geheel uitgevoerd.

Verlenging van het damvak op de Middelplaat

Een teenbescherming van steenkorven, de asfaltslab van de kraagstukken alsmede de glooiingen van Portugees graniet en van gepenetreerde stortsteen zijn aangebracht. De asfaltbekleding is nagenoeg klaar. Voor de asfaltbetonbekledingen, die van tijdelijke aard zijn, werd bij wijze van proef een mengsel van iets andere samenstelling dan tot nog toe gebruikt, een mengsel namelijk waarbij alleen plaatzand werd gebruikt en waarbij het vulstofpercentage hoger is dan gewoonlijk.

Bodembescherming in de zuidelijke geul van het Brouwershavensche Gat

Na de bouwvakvakantie is begonnen met het aanbrengen van de in de stroomrichting liggende stukken. Er wordt op stroom gezonken met behulp van een zinkbuis, langs een vast verankerde ponton. De stukken worden van te voren met steen licht voorgeballast. Voor het zinken wordt steen 10/60 kg gebruikt, voor het afstorten steen 10/300 kg. De bestorting wordt door middel van een steenstortschip aangebracht. Tot nu toe is ca. 80 000 m² zinkstukken aangebracht. De maximum weekproduktie bedroeg ca. 10 000 m².

Dok voor de bouw van doorlaatcaissons bij Nieuw Bommenede

In de verslagperiode kwamen de mijnsteenkaden gereed. Op 28 september heeft de zuiger het bouwdok verlaten. De daartoe doorgebaggerde ringdijk is intussen weer dicht. Verdere zandwinning ten behoeve van het werk vindt plaats in de aanvoerhaven. Met het zetten van de glooiing van beton- en koperslakblokken werd een begin gemaakt. Bijna alle kraagstukken zijn aangebracht.

Oosterschelde

Werkhaven Schelphoek

Het baggerwerk aan de taluds en het op diepte brengen van de haven en de toegangsgeul naar de zate werd voortgezet. In de westelijke havendam en in het haventerrein is het benodigde zand geperst. Inmiddels wordt zand geperst in de oostelijke havendam en het opslagterrein voor de zate. Dat zandbedrijf zal naar het zich laat aanzien in de maand oktober gereed komen. Van de 100 000 ton mijnsteen is ca. 70 000 ton verwerkt. Van de westelijke havendam is het westelijk talud afgedekt met mijnsteen en stortsteen 10/60 en het oostelijk talud verdedigd met betonblokken. Het talud van het haventerrein wordt nu gereed gemaakt voor het leggen van koperslakblokken. Begin augustus werd de tweede loswal uit eenheidscaissons samengesteld, en spoedig daarna in gebruik genomen. De teenconstructies met kraagstukken langs de schermdam, de westelijke havendam en het haventerrein zijn gereed gekomen. Een gedeelte van de kraagstukken bestaat uit azobé-matten. Voor de schermdam is inmiddels 10 000 ton van de 30 000 ton zware steen aangevoerd. In september is men begonnen met het maken van een onderwaterdepot van grind in de werkhaven. Verder is een aanvang gemaakt met het leggen van een $3\frac{1}{2}$ km lange persleiding voor het oppersen van ongeschikte specie, welke uit de toegangsgeul van de haven moet worden gecutterd in een depot in de oosthoek van de Schelphoekkom.



De sluisbouw in Dokkumer Nieuwe Zijlen in volle gang

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De zeedijk van de Anjumer- en Lioessenserpolder is in de verslagperiode versterkt; alleen de kleiafdekking boven de asfaltglooiing op het buitenbeloop moet nog worden aangebracht. Omdat de asfaltbekleding tot een hoger peil reikt dan de kruin van de oorspronkelijke zeedijk, is thans toch reeds een grotere veiligheid bereikt.

Het programma voor zinkwerken dat voor het lopende jaar in het sluitgat was ontworpen kwam gereed. De voor het zinken ontwikkelde werkmethode, waarbij de steenstorter 'Lauwerszee' werd gebruikt, is alleszins bevredigend gebleken.

De bouw van de caissons verloopt bijzonder voorspoedig, zodat verwacht mag worden dat ze ruim binnen de gestelde tijd gereed zullen zijn. Thans zijn vier caissons vrijwel gereed. De overige tweeentwintig caissons zijn in verschillende stadia van bewerking.

De afwerking van de uitwateringssluizen en de schutsluis in de afsluitdijk is zover gevorderd, dat binnenkort water in de bouwputten toegelaten kan worden. Met de bouw van een centraal bedieningsgebouw bij de sluizen en de havens is een aanvang gemaakt. Van de nieuwe sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen vordert het betonwerk goed. Begonnen is met het baggeren van de nieuwe aansluitende kanaalvakken.

Deltawerken Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de Delta

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 880	5 januari 1967	Het bedienen van de mistseininstallatie nabij de werkhaven te Willemstad
DED 882	21 december 1966	Het maken en leveren van een stalen motorvlet met toebehoren
DED 884	20 februari 1967	Onderhouden van beplantingen en het grasgewas en het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, steigers en meergelegenheden op en langs terreinen, behorende tot de directie Afsluitingswerken, Haringvlietwerken, afd. Noord
DED 887	6 februari 1967	Het leveren van koperslakblokken ten behoeve van de werkhaven in de Schelphoek-kom
DED 888	6 maart 1967	Het vervaardigen en leveren van een meetpaal
DED 889	10 januari 1967	Het leveren van zink- en stortsteen ten behoeve van depotvorming te Willemstad
DED 892	20 februari 1967	Het verrichten van werkzaamheden voor het onderzoek van doorlaatcaissons
DED 895	15 februari 1967	Het vervoeren, lossen en opschelven van rijsmaterialen
DED 896	6 maart 1967	Het leveren van grof grind ten behoeve van de afsluiting van het Haringvliet
DED 889	5 april 1967	Het vervaardigen en bedrijfsvaardig leveren van 9 stuks draagbare geleidendheidsmeters
DED 900	30 maart 1967	Het leveren van koperslakblokken voor het bouwdok bij Nieuw-Bommenede
DED 901	9 januari 1967	Het verrichten van waterwaarnemingen te Dintelsas
DED 906	7 april 1967	Het maken van grondverbeteringen door middel van de diepte-verdichtingsmethode nabij de spuisluis in het Haringvliet
DED 910	21 maart 1967	Het aanbrengen van beplantingen op de terreinen ten N.W. van de Volkeraksluizen met bijkomende werken in de gemeente Willemstad
DED 911	2 mei 1967	Het lossen en opschelven van rijsmaterialen
DED 920	17 maart 1967	Leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 921	15 maart 1967	Idem
DED 922	15 maart 1967	Idem
DED 924	17 april 1967	Leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 925	29 maart 1967	Idem
DED 926	30 maart 1967	Idem
DED 933	27 april 1967	Leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 934	27 april 1967	Idem
DED 935	27 april 1967	Idem
DED 936	27 april 1967	Idem
BR 3326a	12 januari 1967	Het vervoeren en bedrijfsvaardig opstellen van 34 segmentschuiven met bijbehorende gieken voor de spuisluis in het Haringvliet
BR 3956	8 december 1966	Het vervaardigen, leveren en aanbrengen van ijzerwerk in de onderdoorgangen van sluis 1 en 2 bij de hoofden A en D van het sluizencomplex Volkerak
BR 4029	25 januari 1967	Het vervaardigen en leveren van leuningen, rijroosters enz. ten behoeve van de kunstwerken in het Zuiderdiep
BR 4036	17 februari 1967	Het vervaardigen en leveren van een ponton met loopbruggen c.a. ten behoeve van de aanleg en inrichting van de werkhaven Den Osse in het Brouwershavensche Gat
BR 4083	31 maart 1967	Het vervaardigen en leveren van in te betonneren onderdelen en malplaten ten behoeve van de doorlaatcaissons voor het Volkerak

werken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
—	A. de Visser te Willemstad
f 137 000,—	Scheepswerf 'De Lek' te Krimpen a/d IJssel
46 975,—	fa. S. L. Kranenburg te Oudenhoorn
eenheidsprijzen	Mavotrans N.V. te 's-Gravenhage
f 16 610,—	Havehasta — Fabrieken N.V. te Stadskanaal
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij. Arn. Maassen te Maastricht
verrekenprijzen	Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen
eenheidsprijzen	Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' te Gorinchem
eenheidsprijs	Rheinisches Lavakontor — Sinzig/Rhein — Duitsland
f 19 575,—	Electronic and Chemical Research te Aalsmeer
eenheidsprijzen	Mavotrans N.V. te 's-Gravenhage
—	J. v. d. Vorm te Dintelsas
f 157 500,—	N.V. v/h H. J. Nederhorst te Gouda
f 74 100,—	P. C. Klein te Willemstad
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
eenheidsprijzen	F. Adr. Volker te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	F. C. Kieboom en Zn. te Sleeuwijk
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam.
eenheidsprijzen	N.V. Aannemersbedrijf Jac. van der Vlies te Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. J. de Jong Bzn. te Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Sliedrecht
eenheidsprijzen	Fa. J. en P. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	G. J. Versluis te Lexmond
Aann. som gewijzigd van f 10 400 000,— in f 14 331 905,—	Werkspoor Services and Construction N.V. te Utrecht
f 10 428,—	Van Rietschoten en Houwens' electrotechnische maatschappij N.V. te Rotterdam
f 17 980,—	N.V. Middelburgsche IJzergieterij en Machinefabriek v/h Boddaert & Co. te Middelburg
f 31 980,—	Kooyman's Constructie N.V. te Sliedrecht
f 29 950,—	De Jong & Snoey N.V. Machinefabriek en Constructiewerkplaats te Goes

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 689a	14 juni 1967	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst nr. DED 689 voor het huren van de motorvlet 'Merwede' t.b.v. afdamming van het Haringvliet
DED 693a	3 augustus 1967	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst nr. DED 693 voor het maken van het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven van de Volkeraksluizen
DED 749a	26 april 1967	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst nr. DED 749 voor het huren van de motorboot 'Mea Vota' voor het verrichten van grondboringen
DED 801a	13 juni 1967	Overeenkomst tot aanvulling van de raamovereenkomst nr. DED 801 betreffende de uitvoering der werken tot het maken van de afsluitdam in de mond van het Brouwershavensche Gat, tussen de eilanden Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland
DED 851	12 juli 1967	Het leveren van loodslakken en het verrichten van bijkomende werken t.b.v. de Volkerakwerken
DED 867	23 mei 1967	Het door het Rijk in gebruik nemen van drie perceelgedeelten t.b.v. de afsluiting van het Rak van Scheelhoek
DED 868	27 april 1967	Het beschikbaarstellen van een perceelgedeelte t.b.v. de aanleg van een verbindingsweg in het kader van de afsluitingswerken in het Rak van Scheelhoek
DED 870	12 juni 1967	Het opruimen van de bouwput en het verlengen van de stortebedden en het baggeren van toeleidingsgeulen van de spuisluis in het Haringvliet
DED 876	1 juni 1967	Het veranderen en inrichten tot schuilkelder tegen fall-out van de zuidelijke kelder in het westelijke sluishoofd van de schutsluis te Bruinisse
DED 893	22 mei 1967	Het vervaardigen en leveren van polypropeenmatten t.b.v. de stortebedden in het Haringvliet
DED 895a	13 juni 1967	Overeenkomst tot wijziging van de overeenkomst nr. DED 895 voor het vervoeren, lossen en opschelven van rijsmaterialen
DED 897	20 december 1966	Het door het Rijk in gebruik nemen van twee perceelgedeelten t.b.v. de Volkerakwerken
DED 902	13 juni 1967	Het maken van een bouwdok met bijkomende werken ten oosten van de polder Nieuw-Bommenede op Schouwen-Duiveland, onder de gemeente Brouwershaven
DED 903	9 juni 1967	Het leveren van zink- en stortsteen t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde
DED 904	13 juni 1967	Het lossen en overslaan van steen t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 907	11 augustus 1967	Overeenkomst tussen het Rijk en het Waterschap 'Schouwen-Duiveland' betreffende de aanleg van een gronddepot in de oosthoek van de Schelphoekkom
DED 908	22 mei 1967	Het leveren van steen t.b.v. de aanleg van de werkhaven Schelphoek
DED 913	31 mei 1967	Het leveren van zink- en stortsteen t.b.v. de werken tot afsluiting van het Volkerak te Willemstad
DED 914	30 juni 1967	Het ter beschikking stellen van bergingsvaartuigen t.b.v. het verrichten van metingen in de wateren van Z.W. Nederland en het aangrenzende kustgebied
DED 915	25 juli 1967	Het maken van pijlers van voorgespannen beton t.b.v. een kabelbaan in het Brouwershavensche Gat in de gemeente Middenschouwen
DED 916	16 mei 1967	Het leveren van basaltstortsteen t.b.v. de afsluiting van het Haringvliet
DED 917	27 juni 1967	Het leveren van grof grind t.b.v. de afsluiting van het Haringvliet
DED 918	27 juni 1967	Het leveren van grof grind t.b.v. de afsluiting van het Haringvliet
DED 919	24 juli 1967	Het verrichten van werkzaamheden t.b.v. zettings- en wrijvingsproeven op drempels van verschillende constructies

Aannemingssom	Aannemer
eenheidsprijzen	W. de Ruyter te Hellevoetsluis
Aann.som gewijzigd van f 8 000 045,— in f 8 091 333,—	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
eenheidsprijzen	J. Hoogendoorn te Hardinxveld-Giessendam
—	a. N.V. Aanneming Mij. 'Dijksvouw' te 's-Gravenhage b. 1. N.V. Aannemersbedrijf v/h T. den Breejen van den Bout te Overveen 2. Van Hattum en Blankevoort N.V. te Beverwijk 3. Hollandsche Aanneming Mij te 's-Gravenhage 4. Koninklijke Mij tot het uitvoeren van Openbare Werken 'Adriaan Volker' N.V. te Sliedrecht
f 418 750,—	N.V. Handel-, Industrie- en Scheepvaartmaatschappij 'De Hoop' te Terneuzen
f 250,— per jaar	Vereniging tot behoud van Natuurmonumenten in Nederland te Amsterdam
f 200,— per jaar	Waterschap 'De Brielse Dijkring' te Brielle
f 41 770 350,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
f 17 630,—	C. Aleman te Schiedam
eenheidsprijzen	N.V. Rietindustrie 'Gouderak' te Gouderak
eenheidsprijzen	Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' te Gorinchem
—	C. van Sprang te Willemstad
f 2 910 745,—	N.V. Aanneming Mij 'Dijksbouw' te 's-Gravenhage
eenheidsprijzen	N.V. Handelsmij Arnold Maassen te Maastricht en S. A. 'Oric' te Luik
eenheidsprijzen	N.V. Aanneming Mij 'Dijksbouw' te 's-Gravenhage
—	Dijkgraaf van het Waterschap 'Schouwen-Duiveland' te Zierikzee
eenheidsprijzen	Handelmij 'De Keerkring' N.V. te Utrecht
eenheidsprijzen	N.V. Handelmij Arnold Maassen te Maastricht en S.A. 'Oric' te Luik
verrekenprijzen	W. A. van den Tak's Bergingsbedrijf N.V. te Rotterdam
f 1 665 000,—	Combinatie Oosterschelde te Beverwijk
eenheidsprijzen	Rheinisches Lava Kontor GmbH. te Sinzig-Rhein
eenheidsprijzen	Rheinisches Lava Kontor GmbH. te Sinzig-Rhein
eenheidsprijzen	Utroma N.V. te Arnhem
f 77 642,— + verrekening op regiebasis	Combinatie Oosterschelde te Beverwijk

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 928	19 mei 1967	Het beschikbaarstellen van perceelgedeelten t.b.v. de aanleg van het bouwdok bij Bommenede in het kader van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 929	31 mei 1967	Het beschikbaarstellen van perceelgedeelten t.b.v. de aanleg van een werkhaven in het Schelphoekgat en de daarbij behorende verbindingsweg in het kader van de afsluiting van de Oosterschelde
DED 937	8 mei 1967	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 938	26 april 1967	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 939	26 april 1967	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 944	31 juli 1967	Het aansluiten van het bouwdok voor doorlaatcaissons bij Nieuw-Bommenede op het hoogspanningsnet van Schouwen-Duiveland
DED 951	7 juni 1967	
DED 952	27 juni 1967	
DED 953	14 juni 1967	Het leveren van rijsmaterialen t.b.v. het Brouwershavensche Gat
DED 954	27 juni 1967	
DED 955	12 juli 1967	
BR 3769b	31 januari 1967	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst BR 3769 voor het schilderen
BR 3769c	7 juni 1967	c.q. conserveren van diverse onderdelen van de schutsluis en de spuisluis in het Haringvliet nabij Hellevoetsluis
BR 3953	—	Het gedeeltelijk demonteren c.a. van de stalen bovenbouw van de kabelbaan aan de Grevelingendam
BR 4101	25 mei 1967	Het vervaardigen en leveren van stalen onderdelen voor caissons t.b.v. afsluiting Volkerak
BR 4105	7 juni 1967	Het vernieuwen van de buitenmantel van twee draagkabels voor de kabelbaan in het Haringvliet nabij Hellevoetsluis
BR 4114	25 mei 1967	Het vervaardigen en leveren van 208 schuiven c.a. t.b.v. de doorlaatcaissons voor het Volkerak
BR 4123	7 juni 1967	Het vervaardigen en bedrijfsvaardig monteren van 68 stuks stangen met bufferveer t.b.v. de eindschakelaars, behorende tot de bewegingswerken van de segmentschuiven van de spuisluis in het Haringvliet
Z 1056	28 juli 1965	Het aanbrengen van zinkstukken en bestortingen van grind en stortsteen aan de havendammen van de tramweghavens aan het Zijpe in de gemeenten Bruinisse en St. Philipsland

Aannemingssom	Aannemer
f 5 536,—	Dijkgraaf van het Waterschap 'Schouwen-Duiveland' te Zierikzee
f 2 867,60 f 5 574,—	Dijkgraaf van het Waterschap 'Schouwen-Duiveland' te Zierikzee
eenheidsprijzen eenheidsprijzen eenheidsprijzen	G. van Weverwijk te Zijderveld fa. A. J. van Loon te Drimmelen P. C. Klein te Willemstad
verrekenprijzen	N.V. Provinciale Zeeuwsche Elektriciteits Mij te Middelburg
eenheidsprijzen eenheidsprijzen eenheidsprijzen eenheidsprijzen eenheidsprijzen	fa. Gebr. Dubbeldam Bzn. te Lage Zwaluwe fa. J. A. de Ruiter te Hardinxveld-Giessendam N.V. van Wijngaarden te Sliedrecht N.V. van Wijngaarden te Sliedrecht J. E. van Helvoort te Gemonde
Aann.som gewijzigd van f 361 250,— in f 629 255,50	N.V. Schildersbedrijf Jac. Th. Mansveld en Zonen te Utrecht
f 407 240,—	De Groot-Zwijndrecht N.V. te Zwijndrecht
f 89 600,—	'Demij' N.V. Staalconstructie en Montagebouw te Geleen
Fr. Fr. 227 000,— + verrekenprijzen	Tréfilerie et Cablerie de Bourg (Ain - Frankrijk)
f 159 875,—	N.V. Machinefabriek 'Deventer' te Deventer
f 14 485,—	N.V. Werf Gusto te Schiedam
f 584 600,—	Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' te Gorinchem

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

H. J. Verdonk	58
L. P. Pieterse	60–61
TNO Delft	67–68
C. v. d. Meulen	84
Rijkswaterstaat	102
H. de Vries	105

Inhoud nr. 43

A. De werken van het Deltaplan

115 De invloed van de waterbouwkundige werken op de kust van Z.W.-Nederland

129 Het ontwerp van de doorlaatcaissons voor het Brouwershavensche Gat

137 De oeververdediging van Noord-Beveland

144 De werkhaven 'Sophiapolder'

147 Het asfaltschip

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

153 De mechanische steenstorter 'Lauwerszee'

157 **Vorderingen**

De invloed van de waterbouwkundige werken op de kust van Z.W.-Nederland

De grote waterbouwkundige werken in het zuidwesten van ons land, met name de afsluiting van de zeearmen en de aanleg van de havenhoofden van de Europoort, zullen de waterbeweging in het aansluitende kustgebied doen veranderen. Als gevolg daarvan zal ook de morfologische ontwikkeling van de kust wijziging ondergaan. Thans verkeert het gebied morfologisch in een dynamisch evenwicht, hetgeen wil zeggen dat veranderingen in de bodemligging zich slechts geleidelijk voltrekken. Weliswaar treden er in het beschouwde gebied relatief grote sediment-verplaatsingen op, maar de natuurlijke invloeden die de verplaatsing van het sediment bewerkstelligen, zoals getijstromen, zeegolven en wind, compenseren elkaar in hun uitwerking.
De uitvoering van de grote waterstaatkundige werken laat twee van de genoemde factoren, namelijk de zeegolven en de wind, in eerste instantie onbeïnvloed. De getijstromen zullen daarentegen zozeer worden gewijzigd, dat het morfologisch evenwicht erdoor wordt verstoord. Door aanpassing van de bodem en van de kustlijn zal op den duur een nieuw evenwicht worden bereikt. In dit nieuwe evenwicht zullen ook golven en wind een andere invloed uitoefenen dan in de oorspronkelijke toestand. De invloed van golven en wind is dus indirect. Zowel tijdens de aanpassing als in de uiteindelijke toestand kunnen situaties voorkomen die uit waterstaatkundig oogpunt minder gunstig zijn. Het is echter mogelijk de morfologische ontwikkeling van het gebied kunstmatig te beïnvloeden, zodat niet alleen ongewenste siutaties vermeden kunnen worden maar mogelijk zelfs betere omstandigheden geschapen kunnen worden voor de meest wenselijke functionele bestemming van het beschouwde gebied.
De verschillende belangen die bij de ontwikkeling van de kust moeten worden beschermd, stellen ieder hun eigen eisen. Voor de veiligheid is het noodzakelijk dat de zeewering zeewaarts van de afsluitdammen onder alle omstandigheden voldoet aan de eisen die in de Deltawet zijn vastgesteld. Uit een oogpunt van waterhuishouding dient de lozing van opperwater, van zout kwelwater en van afvalwater uit het Deltagebied te allen tijde te zijn verzekerd. De belangen van de scheepvaart vereisen dat de toegangswegen naar de Europoort, het Haringvliet en de Westerschelde met een minimum aan onderhoudskosten op de vereiste vaardiepte kunnen worden onderhouden. Daarnaast is uitbreiding gewenst van de voor recreatie geschikte stranden, mede ter vervanging van de stranden die door de ontwikkeling nadelig beïnvloed zullen worden. Voor het verlies van beschermde natuurgebieden die door de ontwikkeling bedreigd worden, zal compensatie moeten worden gevonden.

Waterloopkundig regime van het kustgebied

De vloeiende kustlijn van het zuidelijk deel van de Noordzee tussen Den Helder en het Kanaal wordt in het Deltagebied onderbroken door een systeem van zeegaten en eilanden. De koppen van de eilanden steken verscheidene kilometers buiten deze vloeiende lijn. Vóór deze koppen ligt een ondiep gebied, de onderzeedelta van de zeegaten.
Zowel de vooruitgeschoven ligging van de eilanden als de onderzeedelta moeten worden verklaard uit het feit dat ze liggen in een gebied waar het systeem van getijstromen op de Noordzee overgaat in dat van de zeegaten.
De getijbeweging in het zuidelijk deel van de Noordzee kan schematiserend worden beschreven als een golf die tegen de gesloten zijde van een aan één kant open rechthoekig bekken weerkaatst. Deze beweging wordt echter in belangrijke mate verdraaid door de aardrotatie. De golf treedt het bekken binnen aan de open zijde in het noorden – het profiel tussen Texel en de noordkust van Norfolk – en weerkaatst tegen de kust nabij Dover. Hoewel de invloed van het Kanaal merkbaar is tot voor de Belgische kust, blijft het geschetste beeld gelden.
De belangrijkste kenmerken van het getijdensysteem in de Noordzee kunnen als volgt worden samengevat.

De maximale stroomsnelheden treden in bijna het gehele bekken nagenoeg gelijktijdig op; de maximale vloedstromen vallen bovendien ongeveer samen met de hoogste, de maximale ebstromen met de laagste waterstanden langs de Nederlandse kust.

De getij-amplituden nemen langs de kust van noord naar zuid toe. Er is een verschuiving in het tijdstip van H.W. langs de kust van zuid naar noord; de vloedstroom is ook van zuid naar noord gericht. Het bekken heeft in dit opzicht het karakter van een getijrivier met een tamelijk steile begrenzing ter plaatse van de onderwaterdelta, ongeveer tussen de dieptelijnen van N.A.P. – 15 m en N.A.P. – 20 m.

De bodemgesteldheid van de Noordzee wordt in overwegende mate bepaald door de invloed van de getijstromen, hetgeen blijkt uit haar morfologische eigenaardigheden. Op de bodem vindt men een systeem van langgerekte diepgelegen banken en geulen, ongeveer evenwijdig met de vloedrichting. Deze banken en geulen schijnen een voortzetting te zijn van het veel ondieper gelegen systeem van de Vlaamse banken. Bijna overal voor de Nederlandse kust waar de diepte groter is dan 18 m, komen zandruggen, zogenaamde megaribbels voor, met asymmetrische, in de vloedrichting steilere en loodrecht op de hoofdstroom gerichte kammen, die 5 tot 8 m hoog kunnen zijn.

De golven op de Noordzee zijn meestal niet in staat de richting van de sedimentbeweging en daarmee de bodemfiguratie aanzienlijk te beïnvloeden. Daarvoor zijn de diepten te groot en is de gemiddelde periode van de Noordzeegolven – 4 à 5 sec. – te kort. Wel kan de sedimentbeweging bij storm door de golven worden geïntensiveerd, zodat de getijstromen dan meer zwevend sediment kunnen verplaatsen.
De getijstromen in de zeegaten ontstaan door de voortplanting van de getijgolven vanuit de Noordzee landwaarts.
Op het tijdstip van hoogwater is de waterstand gemiddeld iets boven N.A.P., op het tijdstip van laagwater iets beneden N.A.P. Dan zijn de snelheden op de Noordzee ongeveer minimaal. In het algemeen zijn de vloedstromen over de banken belangrijker dan de ebstromen, die meer geconcentreerd zijn in de geulen. Het door de vloed in de geulen gebrachte sediment kan bij eb weer worden opgenomen en in de richting van de Noordzee getransporteerd.

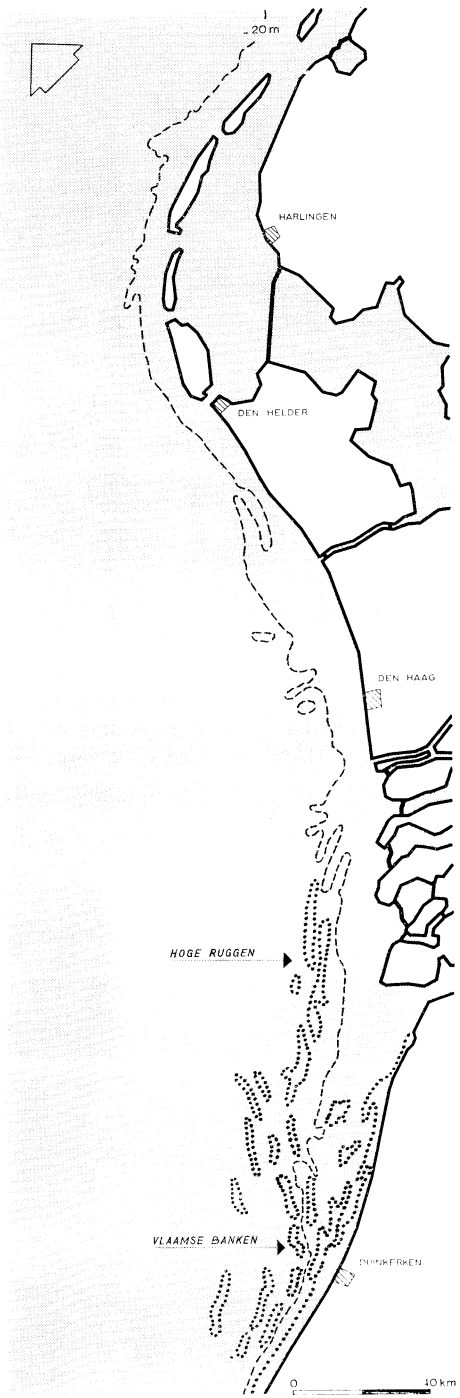


Fig. 1. De Nederlandse kustboog

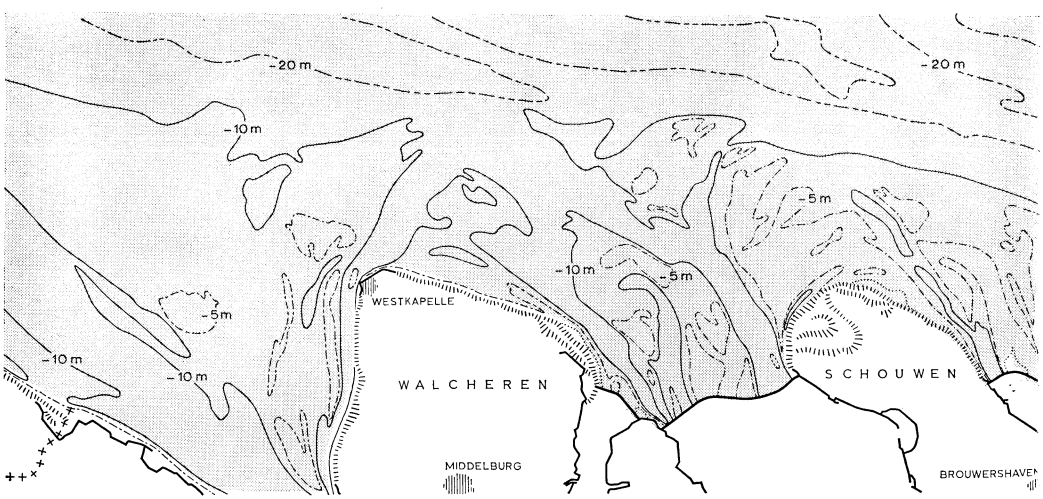
In de zeegaten handhaaft zich daardoor een dynamisch evenwicht in de sedimentbeweging, dat zich manifesteert in de nagenoeg constante verhouding van profieloppervlak (in m^2) en getijvolume (in m^3). Zie ook Driemaandelijks Bericht nr. 40 (mei 1967). Het dynamisch evenwicht geldt slechts voor de doorstroomoppervlakte als geheel. In het zelfde profiel kunnen gelijktijdig erosie en sedimentatie voorkomen. Het verschil tussen de vloed- en ebstromen veroorzaakt bovendien met de tijd veranderende verdelingen van de afvoeren over de geulprofielen. Daardoor verschillen de sedimentverplaatsingen tijdens vloed en eb binnen het zeegat en zelfs aan weerszijden van de geulen zelf. Terwijl bijvoorbeeld de ebstroom één zijde van de geul erodeert, kan door de vloed aan de andere zijde van de geul sedimentatie worden veroorzaakt. De geul verlegt dan in de loop van de tijd zijn profiel, terwijl de sedimentbalans van het profiel toch steeds in evenwicht is gebleven.

De bodemgesteldheid in de zeearmen wordt gekenmerkt door de verplaatsingen van geulen onder invloed van de ongelijke invloed van de vloed- en ebstromen op de sedimentbeweging. In gebieden waar de bodemsedimenten veel slib bevatten wordt ten gevolge van de geulerosie ook veel slib in suspensie opgenomen en in sedimentatiegebieden weer afgezet.

De verhoogde slibgehalten van het water die in deze gebieden voorkomen, zijn grotendeels door de voortdurende geulbeweging te verklaren. Terwijl de slibgehalten in het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde, die stabieler zijn, meestal niet boven 100 mg/l komen, en de bovenrivieren water met gemiddeld minder dan 70 mg/l slib aanvoeren, is het slibgehalte in de mond van de Westerschelde gemiddeld 200 mg/l en in het Haringvliet 200 à 300 mg/l. De slibgehalten van de bodem zijn in de laatstgenoemde zeearmen dan ook aanzienlijk groter dan in de twee eerstgenoemde.

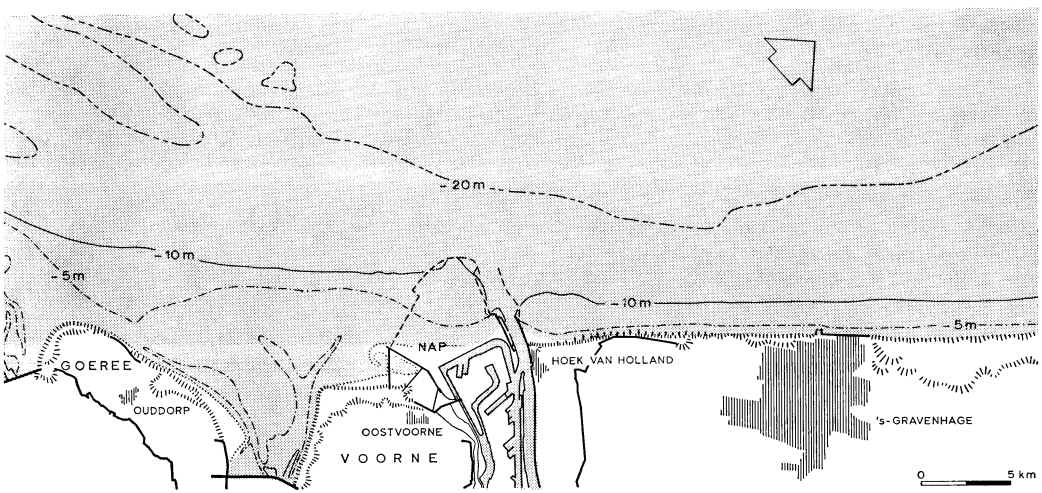
De ongelijke invloed van eb en vloed blijkt ook uit de samenstelling van de bodem, die in het Haringvliet grotendeels uit zogenaamde spekkoeklagen bestaat, opgebouwd uit afwisselende laagjes van zand en slib.

Fig. 2. De onderzeedelta en de eilandkoppen



De onderzeedelta en de eilandkoppen

Ten gevolge van het faseverschil tussen de getijstromen op de Noordzee en die in de zeegaten, draait de stroomrichting op de onderzeedelta in de loop van het getij volledig rond en kennen de stromen op de ondiepten tussen de twee systemen nagenoeg geen kentering. Vlak voor de koppen van de eilanden liggen gebieden die ondieper zijn dan de rest van de onderzeedelta.
Deze ondiepten liggen in de stuwgebieden van de zich naar de aangrenzende zeegaten splitsende vloedstromen, terwijl ze ten opzichte van de ebstromen in de luwte van de eilanden liggen.
Tengevolge van de eerdergenoemde faseverschillen van het getij, waarvan de invloed versterkt wordt door de onderlinge faseverschillen tussen de stromen in de verschillende zeegaten, worden deze gebieden doorsneden door weinig stabiele dwarsgeulen. Alleen onmiddellijk voor de koppen van de eilanden zijn de verbindingsgeulen meer stabiel. De golven spelen in dit gebied een bijzonder belangrijke rol in de morfologie. In de relatief ondiepe gebieden boven N.A.P. – 8 m versterken de golven niet alleen het zandtransport door getijstromen, doch ze beïnvloeden ook de richting van de sedimentbeweging. Naarmate de gebieden ondieper zijn, wordt in de branding meer sediment kustwaarts verplaatst. Waar de getijstromen zwak zijn kan de invloed van de golven op het bodemprofiel overheersen. Zijn de getijstromen zeer zwak dan kunnen windgolven de bodem opbouwen tot een hooggelegen plaat of zelfs tot een schoorwal. Anderzijds zijn echter zelfs zwakke stromen in staat om het zand dat in de brandingszone in suspensie wordt gehouden, in zeer grote hoeveelheden te verplaatsen. De getijstromen worden op de onderzeedelta oververzadigd met sedimenten zodra ook maar enige golfslag vanuit de Noordzee dit gebied bereikt.
De bodemfiguratie van de onderzeedelta is grillig en weinig stabiel als gevolg van de wisselwerking tussen de invloed van de golven en die van de getijstromen. Het verschil



tussen de sedimentgehalten bij vloed en bij eb is aanzienlijk. De vloed voert doorgaans veel zand naar de zeegaten toe, vooral over de ondiepe banken. De sedimentbalans wordt in evenwicht gehouden doordat hetzelfde materiaal, soms vermengd met slib uit de zeegaten, gedurende eb via de geulen terug gevoerd wordt.

Op de ondiepe gronden vlak voor de koppen der eilanden, waar betrekkelijk geringe stroomsnelheden voorkomen, heeft de branding een overwegende invloed op de zandbeweging.
Door de vorm van de ondiepten voor de eilanden worden de golven op de eilandkoppen geconcentreerd. In de branding wordt dan zand langs beide zijden van de eilanden naar de zeegaten gevoerd. Het morfologische evenwicht kan in dit gebied slechts gehandhaafd worden indien het zand uit de geulen van de zeegaten weer door golven op het strand wordt teruggebracht. De zandaanvoer uit de geulen is echter niet altijd even groot. Wanneer een geul voor een eiland tijdelijk verdwijnt en een bank zich met de kust verheelt, komt in korte tijd een grote hoeveelheid zand op de kust aan. De golven in de brandingszone en de wind op het strand verspreiden dit zand langs de gehele strandkust. De hierdoor veroorzaakte afwisselende aanwas en erosie van de kust kan een periodiciteit hebben van enkele tientallen jaren zoals op Voorne, tot meer dan een eeuw, zoals is waargenomen op Goeree.
De veiligheid van de eilanden tegen overstromingen wordt aan de Noordzeekust gewaarborgd door de duinen. De duinen worden door de wind opgebouwd en door stormen, voornamelijk als gevolg van branding bij hoge waterstanden, soms gedeeltelijk weer afgebroken. De aanvoer van zand door de relatief lage branding bij geringe windkrachten en normale waterstanden is voor het herstel van de duinen onmisbaar.
De vorm van de eilanden wordt dus beheerst door alle drie de factoren die de zandbalans bepalen: de getijstromen in de zeegaten en in de geulen voor de koppen, de windgolven, met name de branding, en de wind op het strand.

De invloed van de Deltawerken en van de Europoort

De debieten van de Waterweg zullen vermeerderd worden met de komberging van de Europoorthavens. Door verlenging van de havenmond bij Hoek van Holland zal het water op een grotere afstand van de tegenwoordige kustlijn in de Noordzee uitstromen. De stromen in de mond van het Haringvliet zullen door de afsluiting van deze riviermond in zeer belangrijke mate worden gewijzigd en beperkt. De getijstromen in het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde zullen na de uitvoering van het Deltaplan nagenoeg volledig worden afgesneden, maar in de Westerschelde zullen ze praktisch onaangeroerd blijven.
Uit fig. 3, waarop de lijnen van gelijke havengetallen, dus van gelijktijdig hoogwater zijn aangegeven, blijkt dat de invloed van de stromen naar en van de zeegaten op het getij in de Noordzee zich tot 20 km uit de kustlijn kan uitstrekken. Het grotendeels wegvallen van deze stromen zal het verloop van het getij langs de kust niet versnellen. Wel zullen de getijstromen evenwijdig aan de kust gaan lopen en de 'oever' van de Noordzee zal landwaarts verplaatst worden.
Evenals destijds is gebeurd met de onderzeedelta's van de Oude Rijn bij Katwijk en van het uitgestrekte oude mondingsgebied van de Maas voor het tegenwoordige Hoek van Holland, zal ook hier de onderzeedelta op den duur verdwijnen zodat een ononderbroken kustlijn ontstaat. De verplaatsing van de dieptelijn van N.A.P. – 10 m zoals die in fig. 3 is aangegeven, is als tussenstadium zeer waarschijnlijk. Reeds deze aanpassing zal naar schatting enige decennia duren.

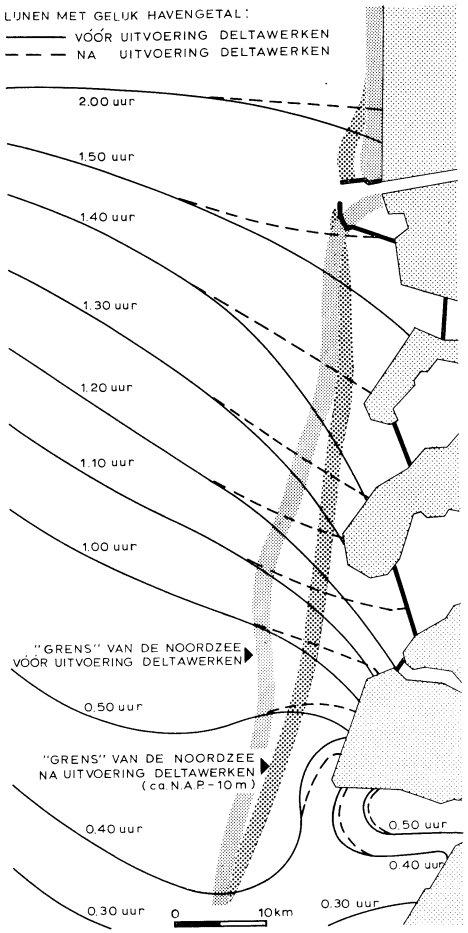
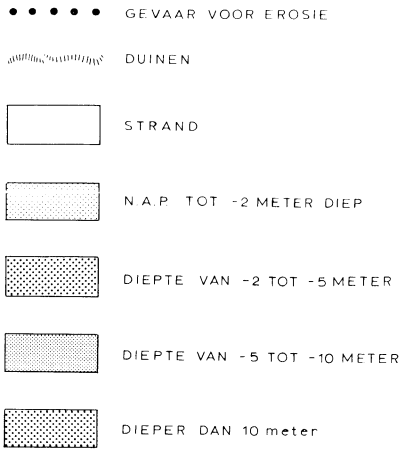
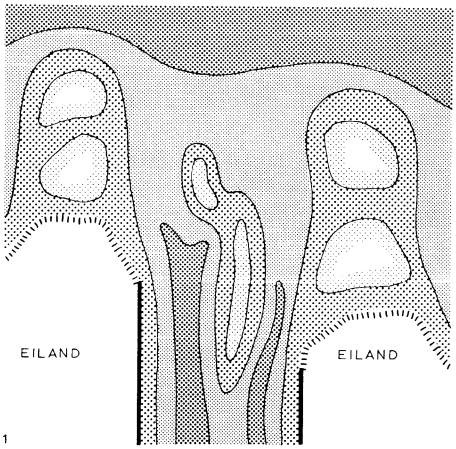


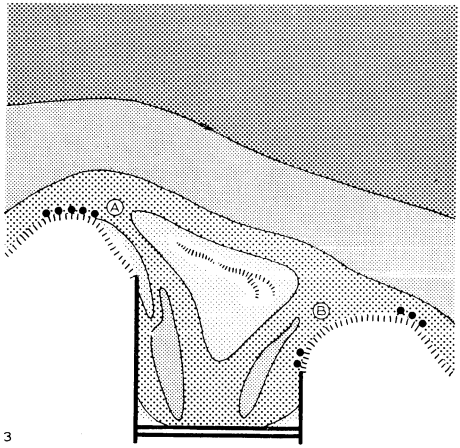
Fig. 3. Verandering van de lijnen met gelijk havengetal en van de Noordzeegrens onder invloed van de Deltawerken

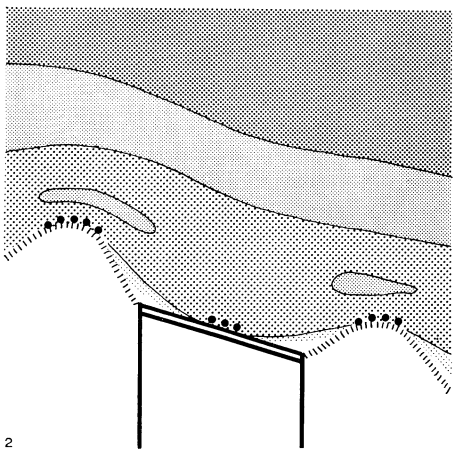
De omvorming van de bodem van de onderzeedelta tot een systeem van langgerekte diepliggende banken door de overheersende zuidwest- en noordooststromen zal vermoedelijk een veel sneller verloop hebben.
In het zuidwesten van Nederland is de verhouding tussen het totale getijvolume en het gemiddelde doorstroomprofiel in alle zeegaten nagenoeg gelijk. De profielen van alle zeegaten zijn ingesteld op dezelfde kenmerkende stroomsnelheid, die in de zeegaten ongeveer 0,6 m/sec. bedraagt.
Op de onderzeedelta is de invloed van de golven mede bepalend voor de zandbeweging. Lagere getijsnelheden dan in de zeegaten kunnen hier de door brekende golven opgewervelde bodemsedimenten verplaatsen. De kenmerkende snelheden liggen op de onderzeedelta dan ook in de orde van grootte van 0,3 m/sec.
Wanneer een zeegat wordt afgesloten worden de getijstromen beperkt tot de komberging zeewaarts van de afsluitdam; aanvankelijk nemen de stroomsnelheden dan af tot een fractie van de oorspronkelijke waarde. Bij vloed worden zelfs door die zwakke stromen sedimenten vanaf de onderzeedelta aangevoerd. Deze sedimenten zullen bezinken en niet

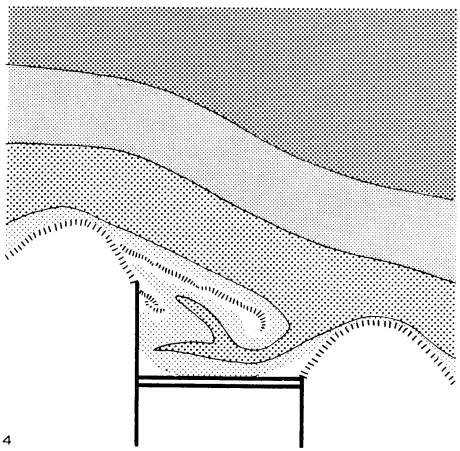
Fig. 4. Schema van de mogelijke ontwikkelingen van een afgesloten zeegat











meer in beweging komen totdat de kenmerkende snelheden de orde van grootte van de oude snelheden weer benaderen. Het bodemmateriaal kan dan weer worden doorgevoerd naar gebieden met geringere stroomsnelheden. De sedimentatie begint waar voldoende sedimenten in suspensie beschikbaar zijn, dat is dus in de invloedssfeer van de golven. Door de golven zullen op de onderzeedelta voor de mond van het zeegat één of meer schoorwallen worden opgebouwd. Afhankelijk van de plaats van de afsluiting kunnen dan drie verschillende evenwichtssituaties ontstaan. Als de afsluitdam ligt binnen het bereik van de golven (situatie 2 in fig. 4), zodat er achter de brandingsgebieden nauwelijks enige komberging overblijft, zullen de golven het zand sneller naar de dam toe verplaatsen dan de kombergingsstroom in staat is om het zeewaarts terug te brengen. Tegen de afsluitdam kunnen dan een strand en zelfs duinen worden opgebouwd. Het bodemmateriaal wordt door golven langs de strandkust verplaatst, totdat zich een dynamisch evenwicht tussen aanvoer en afvoer van zand instelt. Het gebied zeewaarts van de afsluiting zal zich volledig aan de noordoost-zuidwest gerichte getijstromen aanpassen, met als gevolg een versterkte erosie van de koppen van de eilanden.

Een ander beeld (situatie 3) zal ontstaan wanneer een zeegat wordt afgesloten, landwaarts van de invloedzone van de branding. Het zeegat zal in deze zone vernauwd worden door de aangroei van een bank, totdat in de overgebleven geulen (A en B) weer de oude stroomsnelheden worden bereikt.

De getijstromen in deze geulen kunnen iets groter worden dan mogelijk is alleen op grond van de overgebleven komberging. Als gevolg van faseverschillen in het getij tussen de monden van de geulen kan in situatie 3 behalve de vulling en lediging van de kom een niet te verwaarlozen doorstroming achter de bank optreden. De bank in de mond van het zeegat wordt hoofdzakelijk gevormd door zand dat afkomstig is uit de brandingszone. Achter de nieuwe bank zal ten gevolge van de geringe stroomsnelheden in de kom slib worden afgezet.

De vermindering van de afvoeren door een zeegat dat men sluit zal ook de invloed van de getijstroom op de onderzeedelta verminderen. Deze delta zal dan ook gedeeltelijk overgaan tot het normale regiem van de Noordzee en dientengevolge zullen er grotere diepten dichter bij de koppen van de eilanden komen. Alleen binnen de invloedssfeer van de nieuwe geulen zal de onderzeedelta, zij het sterk gereduceerd, blijven bestaan. Op de koppen van de eilanden zal tijdelijk erosie te verwachten zijn omdat zowel de stromen evenwijdig aan de kust als de golfaanval versterkt zullen worden. De zandbalans zal bovendien verstoord worden door de sedimentatie in de mond van het zeegat.

De aanpassing van de richting van de geulen aan de doorstroming van het getij kan versterkte geulerosie van de koppen van de eilanden ten gevolge hebben.

Ook een tussenvorm tussen beide boven geschetste situaties is mogelijk, namelijk (situatie 4) wanneer de sedimentbeweging in de branding zo intensief is dat een van de geulen in het zeegat snel wordt opgevuld zowel door het sedimenttransport en de branding langs het strand van één eiland als door het zand van de buitenbanken. Dan kan zich een zogenaamde strandhaak ontwikkelen en daarachter een haf, die op den duur als een 'slufter' zal verlanden.

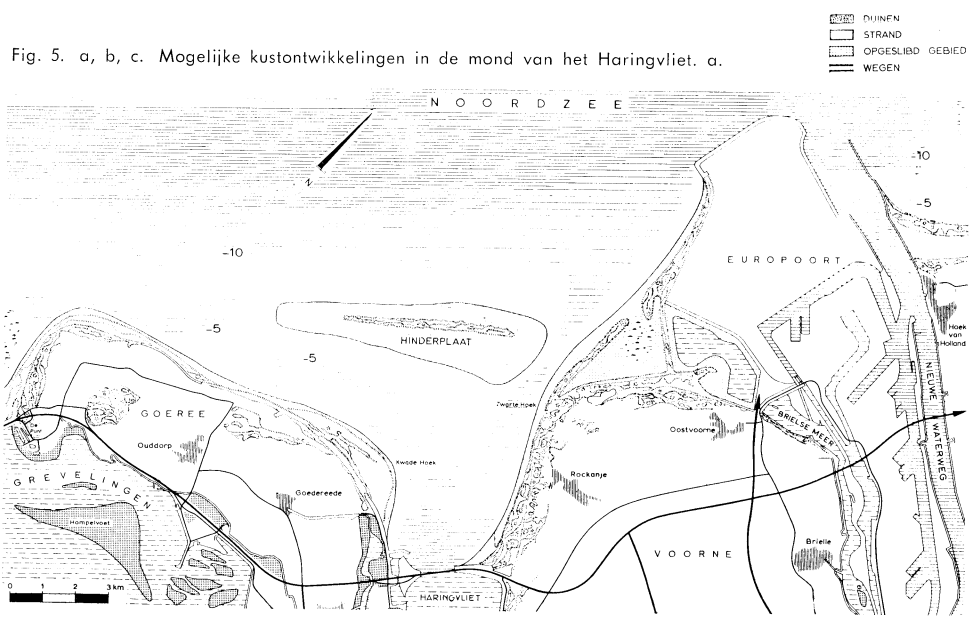
Het gebied zeewaarts van het afgesloten Veersche Gat levert een voorbeeld van de veranderingen die de blokkering van een zeegat kan meebrengen (Driemaandelijks Bericht nr. 30, november 1964). Dit gebied heeft zich na de afsluiting in 1961 ontwikkeld als een kustboog (situatie 2 van het schema). De relatief grote golfaanval op de plaat van Onrust heeft deze plaat nu reeds 2 m verlaagd. De verhangen in de Oosterschelde veroorzaken voldoende sterke stromen over deze plaat om een stroomgeul van ca. 6 m diepte te doen ontstaan evenwijdig aan de voet van de dam. Bij de aansluiting van de dam op beide

eilanden vindt men een grote opeenhoping van zand en zelfs duinvorming. Daar zowel ten gevolge van de wind als van de golfbeweging langs de kust van Walcheren overwegend zandtransport in oostelijke richting plaatsvindt, zal vermoedelijk op den duur toch een strandwal of spit voor de dam kunnen worden gevormd. (Situatie 4 van het schema), vooral nadat de Oosterschelde zal zijn afgesloten. Er zijn nu al aanwijzingen voor een ontwikkeling in deze richting.
Een voorbeeld voor de ontwikkeling van een afgesloten zeearm van het tweede type is het Brielse Gat (Driemaandelijks Bericht nr. 20, mei 1962). Daar is na de afsluiting een kom overgebleven met een inhoud van 10 miljoen m³ water. De banken voor de kust, die oorspronkelijk oost-west gericht waren, groeiden binnen één jaar aaneen tot de tegenwoordige Westplaat, die de mond van het overgebleven Brielse Gat grotendeels heeft geblokkeerd. De zuidwest-noordoost gerichte verhangen veroorzaakten een ongelijke stroomverdeling tijdens beide getijfasen, zodat er een resulterend transport van water in de richting van deze verhangen is ontstaan. De voormalige hoofdgeulen hebben zich eveneens verder ontwikkeld in zuidwest-noordoostelijke richting, waarbij het noordelijkste, het Sluise Gat, met een snelheid van ca. 50 m per jaar landwaarts werd verplaatst, ten koste van de kust van Rozenburg.
De verdere verlanding van het zeegat ging tot 1960 met ongeveer 1 miljoen m³ per jaar nagenoeg onveranderd door, hetgeen overeenkomt met een sedimentgehalte van het binnenstromende water van 100 mg droge stof per liter. Later werd de natuurlijke ontwikkeling van het zeegat verstoord door de sliblozing die in verband stond met de Europoortwerken op Rozenburg.

Te verwachten ontwikkeling van de afzonderlijke gebieden

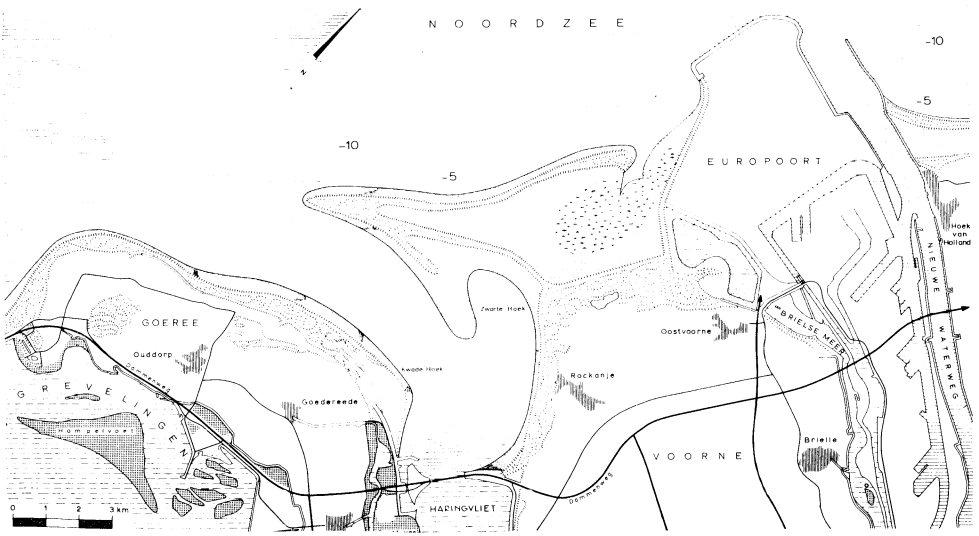
De afsluiting van het Haringvliet zal de komberging in de mond, oostwaarts van de lijn Zwarte Hoek – Kwade Hoek, terugbrengen van ongeveer 300 miljoen tot ca. 40 miljoen m³

Fig. 5. a, b, c. Mogelijke kustontwikkelingen in de mond van het Haringvliet. a.



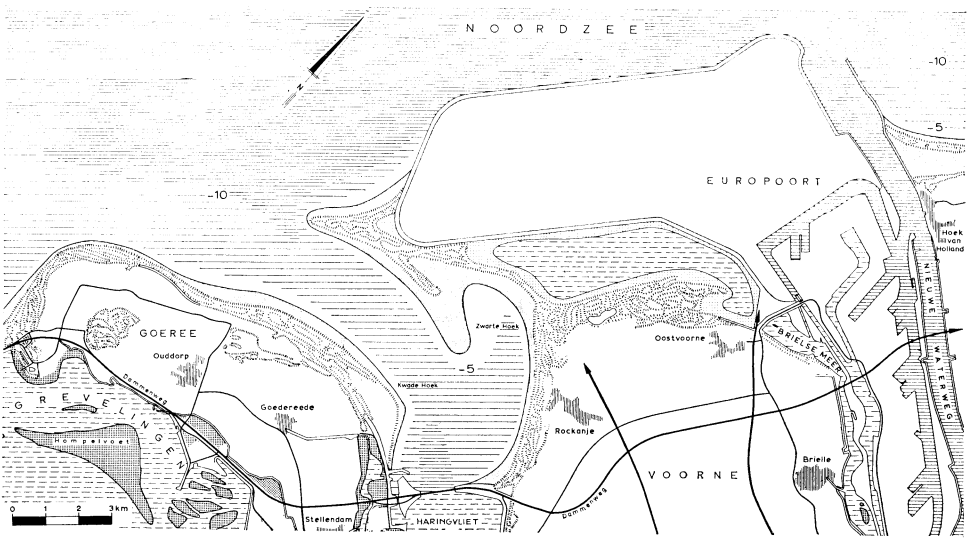
per getij. De uitwateringssluizen zullen altijd gesloten zijn als de waterstanden buiten hoger zijn dan op het Haringvlietbekken. De helft van de tijd zullen de sluizen ook bij eb nagenoeg gesloten blijven, zodat het regiem van de mond onder die omstandigheden niet veel zal verschillen van het eerder besproken principeschema 3.
Gedurende de andere helft van de tijd zullen de sluizen bij eb zoet water afvoeren. De maximale afvoeren per getij zullen variëren van 10 000 m^3 per seconde tot 20 000 m^3 per seconde bij zeer grote opperwaterafvoer. Op het tijdstip van sluiting van het Haringvliet zullen de havendammen van de Europoort hun grootste lengte al hebben bereikt.
De gevolgen van deze veranderingen zullen in de eerste plaats de onderzeedelta betreffen. Door de verminderde afvoeren verliezen de getijstromen nagenoeg alle transportcapaciteit, zodat op de ondiepe, tamelijk vlakke delta van het Haringvliet de invloed van de golven gaat overheersen. Reeds golven van minder dan 1 m hoogte zullen daar een schoorwal vormen. De invloed van deze golven is evenwel niet te vergelijken met die van de branding. Deze laatste zal gedurende bijna 20% van de tijd op de onderzeedelta voorkomen. Door refractie zal de branding zich concentreren op de ondiepten en het bodemmateriaal aldaar zodanig in beweging brengen dat de schoorwal snel zal worden gevormd. Het proces zal naar verwachting verlopen zoals bij de vorming van de Westplaat voor de mond van de Brielse Maas, waarbij binnen één jaar de bodem van de Maasvlakte en van enkele anders gerichte platen werd omgevormd tot de Westplaat. Kortheidshalve noemen wij de plaat, die in de toekomst in de mond van het Haringvliet zal worden gevormd, nu al de Hinderplaat.
In de branding zullen aanzienlijke hoeveelheden zand voor de opbouw van de Hinderplaat beschikbaar komen. Naar analogie van de snelle vorming van de Westplaat wordt verwacht, dat de Hinderplaat eveneens in slechts enkele jaren na de afsluiting van het Haringvliet gevormd zal worden. De ebafvoeren door de Haringvlietsluizen zullen de ontwikkeling van de Hinderplaat wel beïnvloeden, maar niet in overwegende mate.

b.



Het gemiddelde sedimentgehalte van het zeewater ter plaatse is ten gevolge van de golfslag ten minste 300 mg/l, drie maal zo hoog als in het meer afgeschermde Brielse Gat; de vloed zal in het gebied van de Hinderplaat dus ten minste 9 miljoen m^3 sediment per jaar aanvoeren.
De Hinderplaat zal ten hoogste 12 miljoen m^3 zand bevatten. De eb zal weinig sediment uit de kom achter de Hinderplaat meevoeren, terwijl bij gesloten uitwateringssluizen alle sediment in de kom zal bezinken. Bij open sluizen stroomt relatief schoon water van het Haringvliet door de kom, waardoor de geulen aan beide zijden van de Hinderplaat in stand zullen worden gehouden.
Waarschijnlijk zullen slechts twee geulen aan weerszijden van de plaat overblijven, omdat daar reeds nu de grootste diepten – 6 à 8 m beneden N.A.P. – worden gevonden, zodat de middengeul eerder kans heeft om te verzanden.
Terwijl alle geulen in de mond van het Haringvliet dus in omvang zullen afnemen zal er ook enige erosie van de oevers optreden als gevolg van de aanpassing van de geulen aan de overheersende verhangen.
De Voornse oever zal ten westen van strandpaal 12 nog meer worden aangevallen door stroom dan op het ogenblik door golfslag. Hoewel de erosie vermoedelijk enigszins geremd zal worden door de kleilaag die bijna overal op 2 à 5 m diepte aanwezig is, zullen er op den duur toch maatregelen nodig zijn om de oever te beschermen.
Minder zeker is de situatie langs de Goereese kust. Indien de sedimentatie in de geul inderdaad de vorm zal aannemen van spekkoeklagen, zoals wordt vermoed, kan bij zeer grote afvoeren van de sluizen en een onzekere afvoerverdeling tussen de geulen langs Voorne en langs Goeree zijdelingse erosie optreden zowel van de Hinderplaat als van de oever van Goeree.
In de kom achter de Hinderplaat zal vooral slib worden afgezet. Afhankelijk van de mate van consolidatie van het rivierslib op het Haringvlietbekken zal het bij grote sluisdebieten

c.





Strandvorming voor de Veersche-Gatdam

gedeeltelijk kunnen worden meegevoerd, doch de totale slibaanvoer uit de rivieren zal in vergelijking met de huidige toestand verminderen. Desalniettemin zal de aanslibbing waarschijnlijk een of enkele millioenen m^3 slib per jaar bedragen. Het is dan ook waarschijnlijk dat op de stranden achter de Hinderplaat plaatselijk slibafzettingen voorkomen, terwijl het onzeker is of de relatief zwakke golfslag in de kom deze stranden schoon kan spoelen.

Indien er geen maatregelen zouden worden getroffen, zoals onderhoudsbaggerwerk, zou de vaardiepte in de monding van de twee restgeulen te klein worden voor grotere schepen. Vermoedelijk zou in dat geval op de drempels geen grotere diepte dan N.A.P. – 4 m en mogelijk zelfs minder dan N.A.P. – 3 m overblijven.

De nadelige gevolgen van de afsluiting van het Haringvliet zouden grotendeels kunnen worden weggenomen door de ontwikkeling van het kustgebied te versnellen en gedeeltelijk te corrigeren. Het hinderlijkste gevolg, de aantasting van de oever van Voorne, zou men kunnen voorkomen door een verbinding tot stand te brengen tussen de Hinderplaat en de Zwarte Hoek. Verder is het mogelijk om op deze verbindingsdam en op de Hinderplaat een stuifdijk op te bouwen, bijvoorbeeld volgens het tracé van fig. 5. Indien in dit werk 4 à 6 miljoen m^3 zand werd ingebracht, kon het met aanstuiven in enkele jaren de stormvloedhoogte bereiken.

Door op deze manier de kombergingsafvoer en de gehele afvoer van de uitwaterings-

sluizen in een enkele geul ter plaatse van het Slijkgat te concentreren zou het in den vervolge eenvoudig zijn om deze geul te stabiliseren, en grotendeels te voorkomen dat de stroomerosie de kust van Goeree bij zeer grote Rijnafvoer aantast. De minimale diepte van N.A.P. – 5 m ten behoeve van de scheepvaart zou gemakkelijk kunnen worden onderhouden.

De afsluiting van de noordelijke geul zou de verdediging vereisen van de aan getijstromen en aan golven zeer geëxposeerde punt van de Hinderplaat. Deze punt zou moeten worden opgebouwd tot een bastion. Het is echter vrijwel zeker, dat dit werk niet duurder zou zijn dan de verdediging van het ca. 2 km lange kustgedeelte van Voorne, dat anders door strandhoofden zou moeten worden beschermd.

De aansluiting van de Hinderplaat op de kust van Voorne kan echter ook andere mogelijkheden openen. De figuren geven slechts voorbeelden van mogelijke geleide ontwikkelingen in de mond van het Haringvliet. Een verbindingsdam naar de Hinderplaat is slechts één van de mogelijkheden ter voorkoming van nadelige gevolgen van de Deltawerken voor het gebied zeewaarts van de afsluiting van het Haringvliet. Voor de definitieve prognose van de consequenties van het menselijk ingrijpen zal een nader kustmorfologisch onderzoek moeten dienen, zoals trouwens ook geldt ten aanzien van de voorspelling van de natuurlijke ontwikkeling.

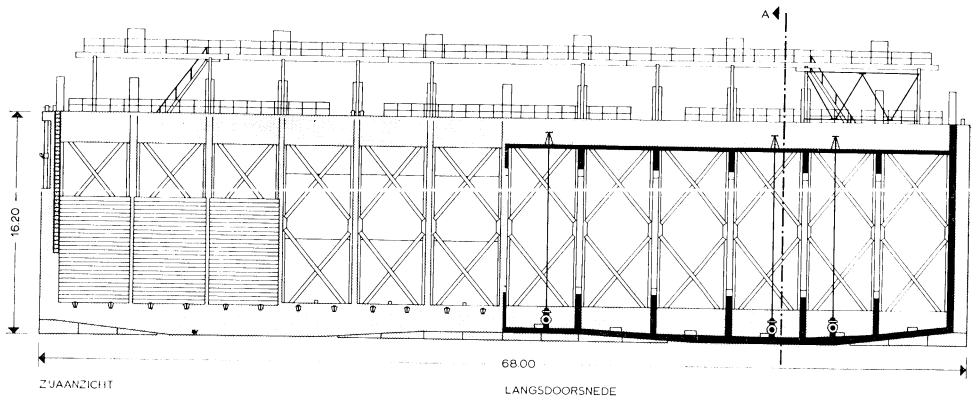
Het ontwerp van de doorlaatcaissons voor het Brouwershavensche Gat

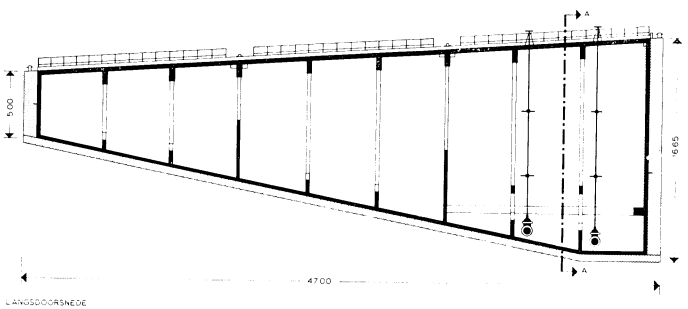
In het voorjaar van 1971 zal de Kous, het noordelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat, met behulp van doorlaatcaissons worden geblokkeerd. Tegelijkertijd zal het zuidelijke sluitgat worden afgesloten door het geleidelijk opstorten van een dam van betonblokken, met behulp van een kabelbaan. Uit nr. 38 (november 1966) van het Driemaandelijks Bericht kent men de overwegingen die tot de keuze van deze simultane sluiting volgens twee verschillende methoden hebben geleid. Daarbij kan nog worden opgemerkt, dat ook de caissonsluiting tot op zekere hoogte geleidelijk verloopt. Door het inrichten van het wintersluitgat wordt ongeveer een derde van het totale doorstromingsprofiel weggenomen; vervolgens wordt het profiel door het afzinken van de caissons nogmaals met een derde vernauwd, en tenslotte brengt het neerlaten van de schuiven de totale blokkering van de stroom tot stand. Dit laatste kan als dat wenselijk mocht blijken, nog in etappes plaatsvinden, zodat men zich geheel kan aanpassen aan het tempo waarin het zuidelijk sluitgat wordt gedicht. Anderzijds is de capaciteit van de kabelbaan zo gekozen, dat de caissons binnen een daarvoor geschikt tijdsbestek kunnen worden geplaatst. Voor een overzicht van het ontwerp van de kabelbaan wordt verder verwezen naar het vorige nummer van deze Berichten.

Om tijdig gereed te zijn wordt in het voorjaar van 1968 een begin gemaakt met de bouw van 12 doorlaatcaissons van 68 m lengte, en van 2 landhoofdcaissons. Een beschrijving van het bouwdok bij Nieuw Bommenede is gegeven in nr. 39 (februari 1967) van deze Berichten, terwijl in nr. 34 (november 1965) een gedetailleerd overzicht is gegeven van het onderzoek dat naar de constructiemogelijkheden ook voor deze caissons reeds vroegtijdig was ingesteld. Men lette er evenwel op, dat de bijschriften bij de figuren op pag. 198–199 aldaar moeten worden verwisseld.

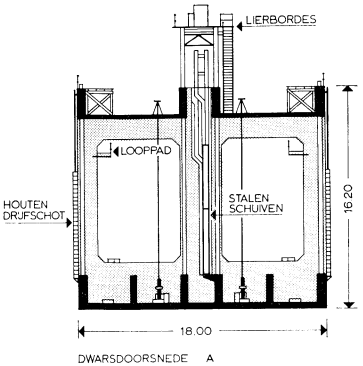
Aanvankelijk is uitgegaan van een wintersluitgat met de drempel op N.A.P. – 8 m. Naderhand bleek uit het waterloopkundig onderzoek, dat de grootte van het sluitgatprofiel beneden N.A.P. ongeveer 8000 m² moest bedragen. Omdat de breedte beperkt is tot ongeveer 800 m is dientengevolge een drempeldiepte van 10 m beneden N.A.P. noodzakelijk. Hierop is dan het definitieve caissonontwerp gebaseerd.

In tegenstelling tot bijvoorbeeld het Volkerak ligt het Brouwershavensche Gat open voor deiningsgolven vanuit de Noordzee. Meer dan de korte windgolven beperken de binnenlopende deiningsgolven de werkbaarheid op het water. Aangezien er daardoor minder werkbare dagen beschikbaar zijn, is er naar gestreefd het aantal keren dat een caisson

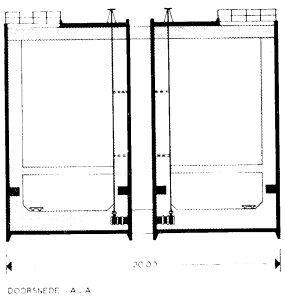




moet worden afgezonken zo klein mogelijk te houden. Daarmee worden ook de risico's van deze operatie zo veel mogelijk gedrukt.
Deiningsgolven doen, ook wanneer ze niet hoog zijn, twee naast elkaar drijvende door trossen verbonden lichamen onophoudelijk langs elkaar schavielen; daardoor kunnen de trossen breken, vooral indien interferenties ontstaan tussen de golfperiode en de eigen slinger- of stampperioden van de afzonderlijke lichamen. Mede op grond van deze overweging is er van afgezien het aantal keren dat een caisson moet worden gezonken te beperken door caissons gekoppeld te slepen en af te zinken, en is besloten de afzonderlijke caissons zelf een zo groot mogelijke lengte te geven. Aan deze lengte wordt een grens gesteld door de toelaatbare spanningen die in het caissonlichaam optreden nadat de ballastbak is gevuld. Deze spanningen zijn voornamelijk een gevolg van de wijze waarop de caisson zijn eigen gewicht en de verdere belasting op de drempel overdraagt, en dit hangt weer samen met de nauwkeurigheid waarmee het oppervlak van deze drempel kan worden afgewerkt. Op grond van ervaring is aangenomen, dat hierbij geen grotere hoogteverschillen zullen optreden dan ongeveer 50 cm.



Lengte- en dwarsdoorsnede van de doorlaatcaissons

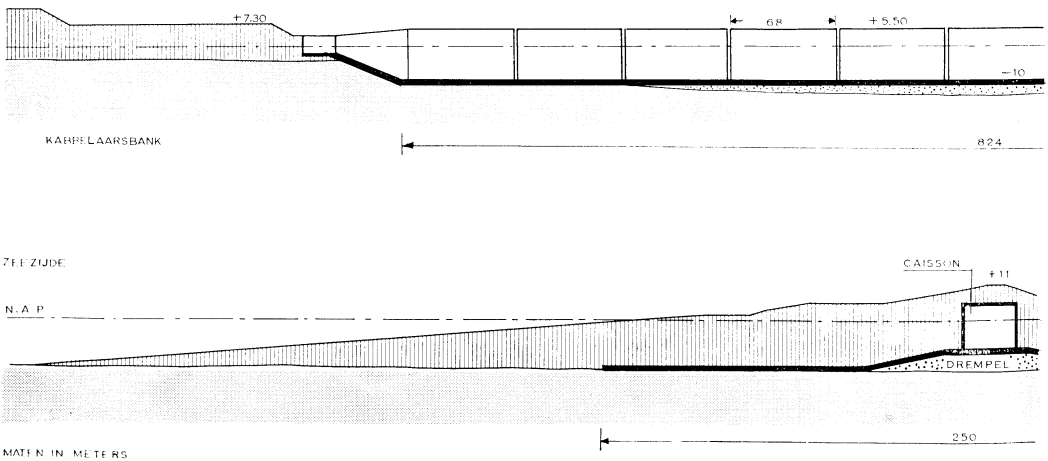


Lengte- en dwarsdoorsnede van de landhoofdcaissons

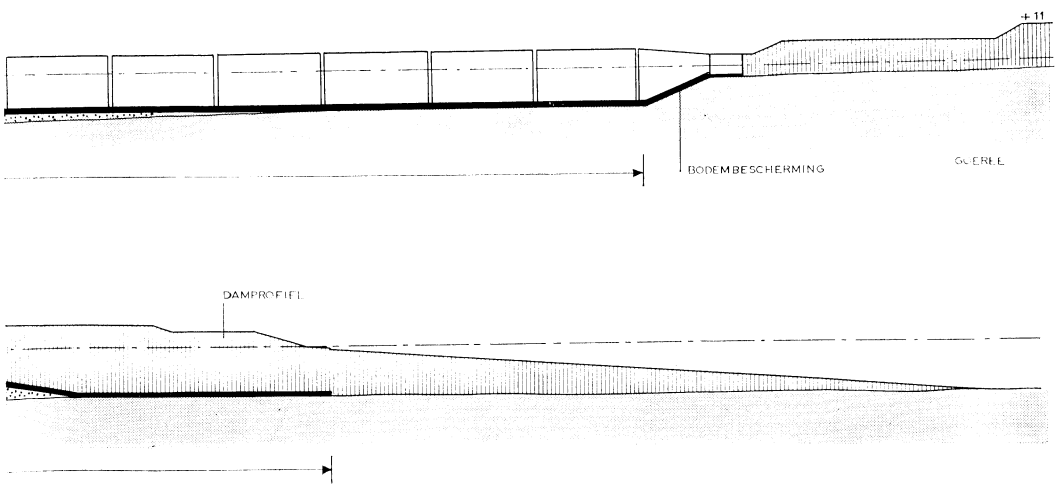
Door nu de bodem van de caissons op de daarvoor meest gunstige plaatsen enigszins te welven kon de caissonlengte tot 68 m worden opgevoerd zonder de toelaatbare spanningen in enig constructiedeel te overschrijden.
Om voldoende drijvende stabiliteit tijdens het slepen en afzinken te bewerkstelligen is de breedte bepaald op 18 m. De verhouding lengte : breedte is dan 3,8 : 1, wat tevens gunstig is voor een goede koersstabiliteit tijdens het slepen. De diepgang is 6,10 m, de metacenterhoogte, die de stabiliteit van de caisson bepaalt, 1,20 m. In de eerste fase van het zinken daalt die hoogte tot ca. 85 cm om daarna in etappes te stijgen, te dalen en weer te stijgen tot ongeveer 1,60 m bij het aan de grond komen.
Met betrekking tot de sleepweerstand en het gedrag van de caissons tijdens het afzinken zijn in het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen voorlopige proeven gedaan, die ten dele nog zullen worden herhaald en uitgebreid met een onderzoek naar het gedrag in zeegang, indien golven en stroom uit verschillende richtingen hun invloed doen gelden.
Elke caisson heeft 12 doorstroomopeningen van 5 m breedte, die tijdens het transport

en het afzinken met houten drijfschotten zijn afgesloten. De stalen schuiven – twee voor elke doorstroomopening – rusten daarbij op elkaar in de schuifgeleiding en vormen het slingerschot tijdens het zinken. Zonder slingerschot zou de caisson kenteren.
Meteen na het zinken worden de drijfschotten, die van te voren zijn ontgrendeld, met behulp van sleepboten verwijderd en worden de schuiven door elektrisch aangedreven lierwerken gehesen tot de onder- en bovenschuiven naast elkaar in de aan de bovenkant dubbel uitgevoerde schuifsponningen hangen. In deze stand worden zij tijdelijk vergrendeld.
De lierwerken waarmee de schuiven zullen worden bewogen, zijn afkomstig van de caissons waarmee dan inmiddels het Volkerak is afgesloten, terwijl het ontbrekende aantal zal worden bijgewoond. Elk van deze lierwerken bedient twee doorstroomopeningen, dus vier schuiven. Voorzover de van de Veersche-Gat-caissons afkomstige lieren, die slechts één doorstroomopening bedienen, na het gebruik bij de Volkerakcaissons nog bruikbaar zijn, zullen zij ook hier opnieuw worden gebruikt.
Voor het bevestigen van sleepdraden zijn in elke kopwand 4 sleepogen aangebracht op 1,50 m boven de waterlijn. Ten behoeve van het manoeuvreren vóór en tijdens het afzinken is het dek voorzien van een 12-tal dubbele bolders, bereikbaar vanaf op dezelfde hoogte liggende rondgaande gangboorden, die bestaan uit 2 m brede houten bordessen. Om een scharnierpunt te kunnen formeren voor het indraaien van de caissons zijn op de vier hoekpunten glijbolders aanwezig, die, bevestigd aan een manchet, over 5 m hoogte kunnen glijden langs een zware met beton gevulde buis. Verder zijn binnen de caissons de nodige ladders en looppaden ontworpen.
Een caisson wordt tot zinken gebracht door het openen van een 16-tal afsluiters, ieder met een doorlaatopening van 50 cm. De bodemafsluiters zijn in drie groepen van vier ter plaatse van de vlakke vloergedeelten geprojecteerd; de overige vier afsluiters zitten in de kopwanden en kunnen dienst doen om een zekere langskracht in de richting van de eerder geplaatste caisson te bewerkstelligen doordat in de ruimte tussen de reeds geplaatste en de af te zinken caisson een spiegeldaling optreedt. Omdat om constructieve redenen de caissons ten opzichte van de langsscheepse as niet geheel symmetrisch zijn,

Lengte- en dwarsprofiel van het sluitgat van de Kous met de erin geplaatste caissons



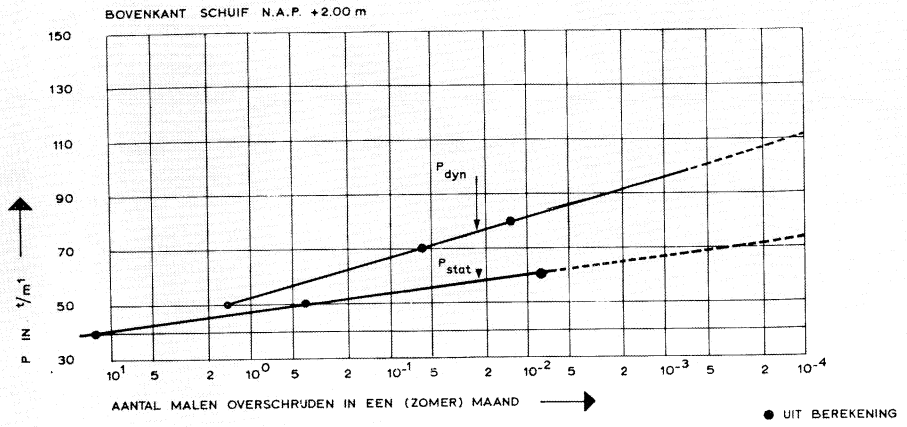
zullen twee kopafsluiters pas geopend worden op het moment dat het water ongeveer tot aan de onderkant van de vakwerkverbanden gestegen is; de caissons zinken dan zonder slagzij. Om de afsluiters te allen tijde goed gangbaar te houden worden ze bediend door wielen met een diameter van 50 cm, voorzien van handspaken.
Op elke kopwand zitten vijf zware ribben om de caisson geleiding te geven bij het zinken. De caissons worden dus zoveel mogelijk 'gebekt' geplaatst, waarbij de ribben naast en langs elkaar glijden. De overblijvende ruimte tussen de ribben en de kopwanden wordt met lichte steen of grof grind volgestort om de achterloopsheid te beperken. In twee van de ribben zijn sleuven gespaard, waarin kettingnetten kunnen worden neergelaten indien de naden tussen de caissons groter mochten uitvallen dan in de bedoeling ligt. Bij de laatst gezonken caisson is een ruimte van enkele meters zelfs noodzakelijk om te kunnen indraaien. Daar zullen kettingnetten worden opgehangen die met steen- en grind worden gevuld.
Meteen na het zinken van elke caisson worden de schuiven gehesen en de houten drijfschotten met behulp van sleepboten verwijderd. Nadat de naadvulling tussen de reeks reeds eerder geplaatste caisson en de pas afgezonken caisson is aangebracht, worden rijovergangen over deze naad gelegd en kan de caisson worden afgewerkt door de ballastbak te vullen. De caissonreeks fungeert tot het moment dat de schuiven zijn neergelaten als een uitwateringssluis. Om de doorstroming zo weinig mogelijk te belemmeren, zijn de stalen profielen van de diagonaalwanden voorzien van 5 mm dikke halfcirkelvormige stroomgeleidingsprofielen. Uit proeven in het Waterloopkundig Laboratorium is gebleken, dat de afvoercoëfficent van de door de betonconstructie omraamde doorlaatopeningen hierdoor stijgt van 0,73 tot 0,82.
Na het zinken van elke caisson moeten op korte termijn maatregelen tegen onderloopsheid worden getroffen. Bij de afsluiting van het Veersche Gat geschiedde dit door kleine schuifjes – 'guillotines' – neer te laten en door tegen de onderrand van de caissons loodslakken te storten met behulp van onderlossers en een steenstorter. Dit materiaal heeft een hoog soortelijk gewicht, zodat het ook bij kleine stukafmetingen de naden en openingen goed dicht zonder weg te spoelen. Het bezwaar van deze werkwijze is echter,



dat er een geheel afzonderlijk, nogal tijdrovend bedrijf voor in werking moet worden gesteld. Daarom worden bij de hier besproken caissons voorzieningen getroffen om de naden tussen caisson en drempel af te sluiten met behulp van nylonzakken, die, van te voren aan de onderrand bevestigd, van boven af met cementmortel worden volgeperst. Een op dit denkbeeld gebaseerde praktijkproef gaf goede resultaten te zien. Indien de technische details verder goed oplosbaar blijken, kunnen de steenaanstortingen bij de sluiting van het Brouwerhavensche Gat achterwege blijven.
Ter beperking van de wervelstraten wordt het sluitgat aan beide zijden onder taluds van 1 : 5 afgewerkt. Dientengevolge is het noodzakelijk, evenals bij de afsluiting van het Volkerak, bij de sluiting als eerste twee schuine landhoofdcaissons neer te zetten. Na wat hierover in Driemaandelijks Bericht nr. 38 (november 1966) is opgemerkt, behoeft deze constructie weinig toelichting meer.
Slechts zij nog opgemerkt, dat deze caissons na het zinken voorlopig slechts zover met zand zullen worden gevuld als nodig is om te voorkomen dat ze wegschuiven over de drempel. Om ze goede drijvende eigenschappen te geven zijn deze caissons namelijk zo licht uitgevoerd dat ze niet bestand zijn tegen de inwendige druk van een volledige vulling met vloeibaar zand. Wanneer tenslotte de gehele caissondam onder het zand wordt gespoten zullen ook de landhoofdcaissons volledig met zand worden gevuld, waarbij het niet is uitgesloten dat ze plaatselijk bezwijken. Deze gevolgen zijn echter in dit stadium van de afsluiting van geen belang meer.

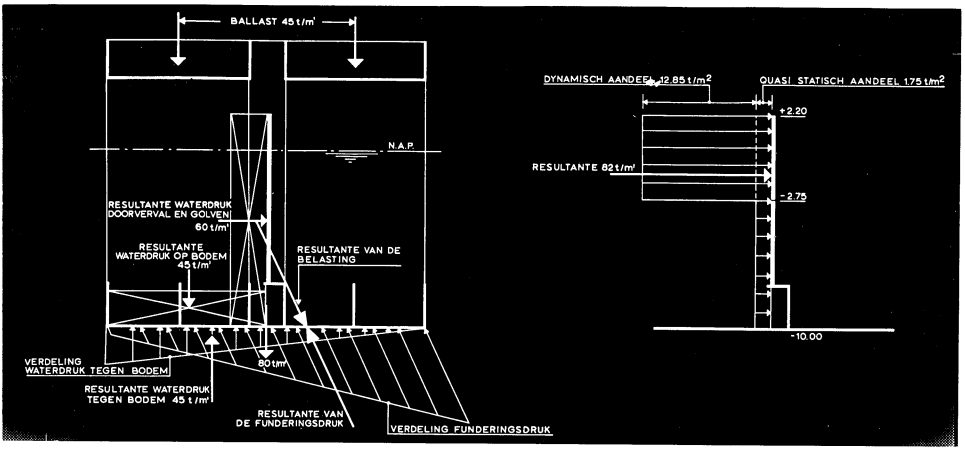
Berekeningsgrondslagen

In constructief opzicht is de doorlaatcaisson in zijn geheel een ligger van gedrongen vorm, waarvan de elementen worden gevormd door een gewapend betonnen raamwerk met de gewapend betonnen dwarsspanten als verticale, en de stalen vakwerken als diagonale wandstaven.
De onderrand van het raamwerk wordt gevormd door de bodembak, de bovenrand door de ballastbak en de eindranden door de kopwanden; deze drie elementen zijn weer opgebouwd uit platen, die een monolitisch geheel vormen met verstijvingsribben; de ribben kunnen weer worden beschouwd als rondgaande langsspanten. Op deze wijze is een ruimtelijke constructie gevormd, die, van houten drijfschotten voorzien, gunstige eigenschappen bezit om stabiel te drijven o.a. vanwege het laaggelegen zwaartepunt, op 0,43 $\times$ de hoogte vanuit de onderkant, en het lage volumegewicht van 0,377. Desalniettemin zijn sterkte en stijfheid zodanig, dat de caisson het verdraagt op een oneffen bodem te worden geplaatst, dat het dode gewicht met 50% kan worden verhoogd door het vullen van de ballastbak, en dat de caisson vervolgens aan aanmerkelijke waterdrukken en eventuele golfkrachten kan worden blootgesteld, zonder zodanig te vervormen dat de beweegbare schuiven in hun geleidingen zouden klemlopen. Het is duidelijk dat aan deze tegenstrijdige eisen slechts kan worden voldaan door een zorgvuldige analyse van de samenstellende factoren en het vinden van een gunstig compromis, zoals is aangetoond in nr. 34 (november 1965) van het Driemaandelijks Bericht.
De belasting op de caissons is van drieërlei aard. Naast een rustende statische belasting door het eigen gewicht van caisson (80 ton/meter) en ballast (45 ton/meter), zal er een quasi-statische belasting optreden ter grootte van 60 ton/meter tengevolge van relatief langzaam wisselende waterdrukken door verval en regelmatige golven. Tenslotte is er nog een dynamische belasting van 82 ton/meter door golfklappen van onregelmatige windgolven.
De eerste twee belastingen grijpen over de volle lengte van de caisson aan en moeten



Frequentielijnen van de quasi-statische en de dynamische belastingen op de caissons

dus in evenwicht zijn met de funderingsdruk, ofwel de 'korrel'spanning tussen de stenen drempel en de caissonbodem. Deze spanning kan worden ontbonden in een verticale component en in een horizontaal gerichte wrijvingskracht. Deze belastingen bepalen dus welke sterkte en stijfheid de caisson als geheel moet bezitten. De dynamische belasting grijpt plaatselijk op de bovenschuiven aan en is bepalend voor de sterkte van de schuiven, de schuifgeleidingen en de dwarsspanten.
Bij de berekeningen is ervan uitgegaan, dat er gedurende één der zomermaanden april tot en met september waarin de caisson nog niet door het aanspuiten van zand is geconsolideerd, 1% kans mag zijn dat een begin van schade kan worden verwacht. Dit is het geval wanneer de caisson op het punt staat over de drempel te gaan schuiven door de quasi-statische belastingen of wanneer de schuiven door dynamische belasting op het punt staan een blijvende vervorming te ondergaan. Een werkelijk desastreuze schade kan evenwel slechts optreden als ook de laatste reserves in de mogelijke wrijvingsweerstand van de drempel en de algehele bezwijktoestand van de schuiven zijn aangesproken; de kans hierop is ongeveer 1 : 10 000. Aannemen van grotere kansen op de genoemde schadetoestanden geeft nauwelijks enige besparing en wel veel grotere risico's omdat de frequentielijnen van de quasi-statische en de dynamische belasting tamelijk vlak verlopen. Tussen 'begin van schade' en 'desastreuze schade' neemt de belasting met ongeveer 50% toe, zoals blijkt uit de frequentiegrafieken van de genoemde belastingen. Volgens de uitgevoerde wrijvingsproeven zal de wrijvingscoëfficiënt bij het over de drempel schuiven van de caisson toenemen van ongeveer 0,5 tot 0,7 bij vlakke caissonbodem, en van ongeveer 0,65 tot ruim 1,0 bij geribde caissonbodem. De stalen schuiven bezwijken eerst geheel en al wanneer het materiaal totaal vloeit, een toestand die optreedt wanneer de belasting ongeveer 50% hoger is dan bij het vloeien van de uiterste vezels. Dat komt dus ten naaste bij overeen met de genoemde kansen.
Omdat de caisson met de vlakke gedeelten van de bodem op een vlakke drempel kan komen te rusten is uitgegaan van een wrijvingscoëfficiënt van 0,5 bij de quasi-statische belasting van 60 ton/meter. Bij overschrijden van deze belasting zal de caisson niet alleen gaan schuiven maar ook gaan zetten, dat wil zeggen in de stenen drempel dringen.

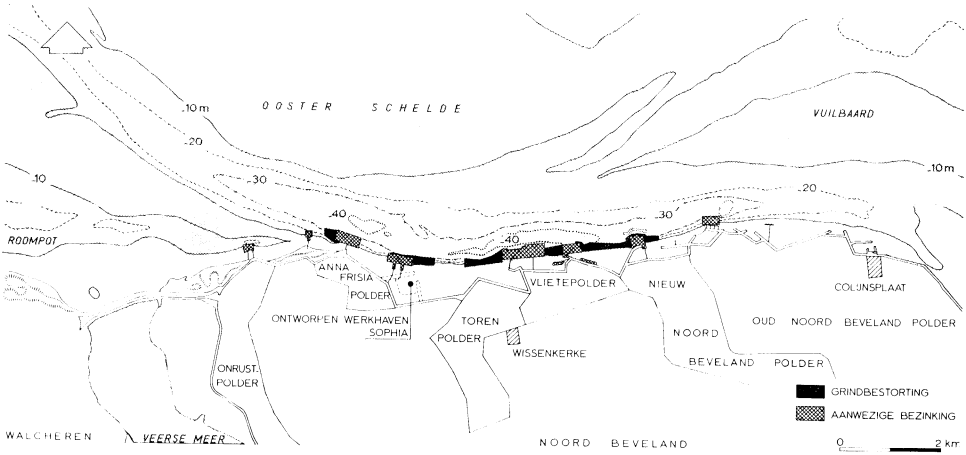


Geschematiseerde verdeling van de statische, de quasi-statische en de dynamische belastingen op de caissons

Daarbij gaan de ribben een aandeel nemen in de wrijvingsweerstand, zodat de wrijvingscoëfficient boven de 0,7 tot naar schatting 0,85 kan gaan toenemen. In werkelijkheid is de veiligheidsmarge dus nog weer groter.
De verdeling van de funderingsdrukken over de lengte van de caisson is afhankelijk van de vorm van de bodem van de caisson met betrekking tot de bereikbare vlakheid van de stenen drempel. Voor dit laatste is op grond van de ervaringen bij het Veersche Gat aangenomen, dat hoogteverschillen van 50 cm kunnen voorkomen. Op grond van de uitgevoerde zettingsproeven, waarbij de relatie tussen zetting en funderingsdruk werd gemeten, kon de verdeling van funderingsdrukken worden bepaald voor twee ongunstige gevallen van drempelafwerking alsmede voor een ideaal geval. Deze drie belastinggevallen zijn met behulp van een computer doorgerekend. De uitkomsten in de vorm van normaalkrachten-, dwarskrachten- en momentenlijnen kunnen vervolgens op eenvoudige wijze worden vertaald in spanningen, benodigde hoeveelheden wapening en de vereiste stalen profielen voor de diagonaalverbanden. Deze berekeningen, die noodzakelijkerwijs per computer werden verricht, omdat de constructie dusdanig meervoudig statisch onbepaald is dat het uit de hand rekenen te tijdrovend zou zijn, zijn enkele malen herhaald om tot de juiste afmetingen van de onderdelen te komen.

De oeververdediging van Noord-Beveland

De grillige vorm van de Noordbevelandse kust met zijn vele dijknollen en inlaagdijken getuigt van de strijd die in het verleden is gevoerd om dit eiland te behouden. Vóór 1800 waren de oeverwerken langs de kustlijn van weinig betekenis. Door de inscharing van de geulen, die vaak met oevervallen gepaard ging, werd men echter gedwongen om de onderzeese oever vast te leggen. Pas na 1830 werd dit werk op min of meer systematische wijze ter hand genomen. Op een aantal plaatsen langs de kust werd een verdediging aangebracht in de vorm van een onderwaterkrib die ten doel had de stroom uit de oever te houden.
In de loop der jaren werden deze 'vaste punten' steeds zwaarder verdedigd en werd de bezinking aan weerszijden verder uitgebreid, zodat op sommige plaatsen een aaneengesloten oeververdediging ontstond. Binnendijks werden tussen deze 'vaste punten' inlaagdijken aangelegd om – mocht er een oeverval optreden – het gevaar en de schade van een inundatie te beperken.
Dit systeem van oeververdediging heeft zich met wisselend succes tot op de huidige dag gehandhaafd.
Door het verdwijnen van het voorland werd de golfaanval op de dijken tijdens stormvloed zwaarder, zodat men ook gedwongen werd om meer aandacht aan de verdediging van de dijken zelf te gaan besteden. Op de buitentaluds zijn in de loop der jaren veel verschillende soorten bekledingen aangebracht, en op de huidige dijken kan men dan ook vrijwel alle typen glooiingen aantreffen, van klassiek tot modern.
Tijdens de stormvloed van 1 februari 1953 werd een groot aantal polders, voornamelijk langs de Zandkreek, met een totale oppervlakte van meer dan 2000 ha geïnundeerd. Aan de noordzijde van het eiland bleef de inundatie beperkt tot enkele inlagen, en kwam een gedeelte van de Onrustpolder dras te staan.
Na de afsluiting van de Zandkreek in 1960 en het Veersche Gat in 1961 heeft Noord-Beveland nog ongeveer 25 km zeedijk overgehouden.
Sinds 1880 werden aan de noordelijke oever ca. 120 oever- en dijkvallen geregistreerd; hieruit blijkt wel dat deze oever een van de meest bedreigde van Zeeland is. Grondmechanisch onderzoek heeft uitgewezen dat hier op vele plaatsen in de ondergrond losgepakte zandlagen aanwezig zijn. Het is bekend dat in deze losgepakte zandlagen zettingsvloeiingen kunnen optreden. Alle opgetreden oevervallen doen dan ook sterk aan het verschijnsel van zettingsvloeiing denken. Een kleine evenwichtsverstoring, b.v.



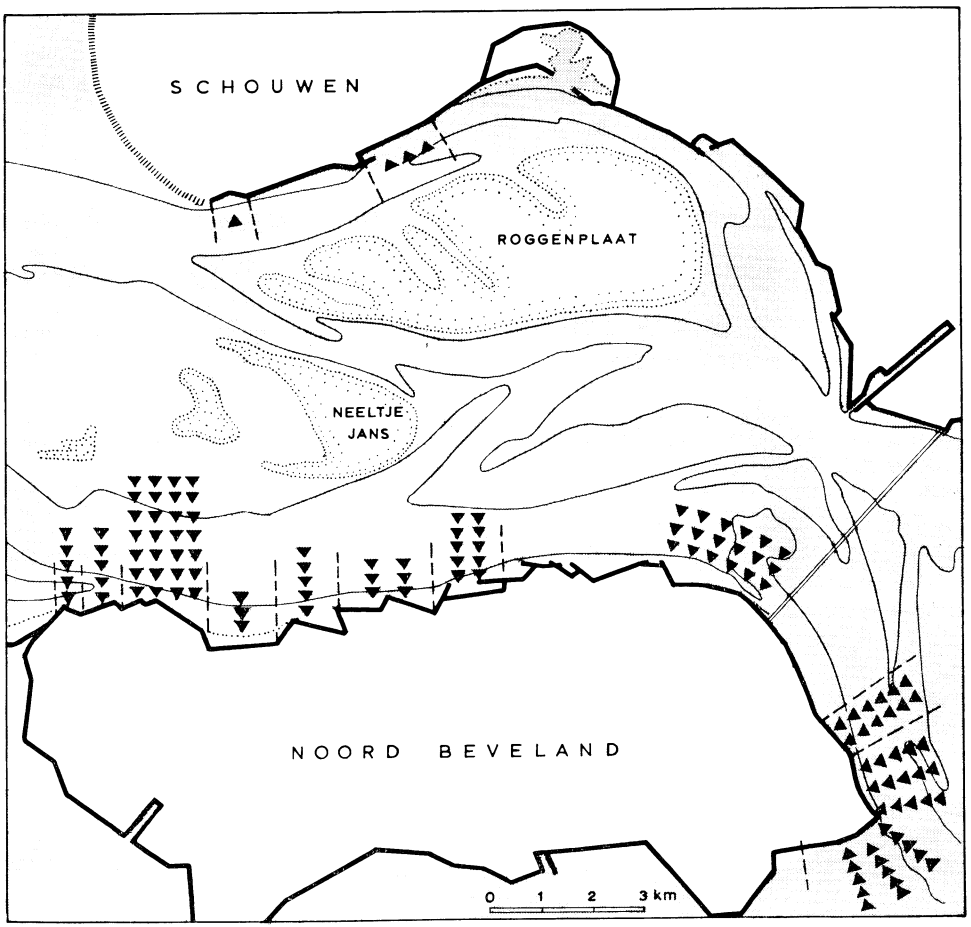
een kleine ontgronding aan de teen van het geultalud, kan stabiliteitsverlies inleiden over een uitgestrekt gebied. Bij vele oever- en dijkvallen kwamen enorme hoeveelheden grond, tot ruim 1 millioen m^3, in beweging. Uit een geologische interpretatie van de samenstelling van de ondergrond blijkt dat de losgepakte zandlagen zich veelal bevinden ter plaatse van oude getijgeulen die later met fijn zand werden opgevuld.
Op grond van getijberekeningen en modelproeven moet worden verwacht dat de stroomsnelheden, voornamelijk de ebstroom, in de Oosterschelde ten gevolge van de afsluiting van het Volkerak met 5 à 10% zullen toenemen. Aangenomen mag dan ook worden dat de stroomaanval op de Noordbevelandse oever zal toenemen en dat de kans voor het optreden van oevervallen hierdoor bij het uitblijven van passende beschermingsmaatregelen groter zal worden, aangezien de bodem, grondmechanisch bezien, weinig reserves bezit. Een versterkte stroomaanval wordt voornamelijk verwacht in het gebied ten westen van de Oud Noord-Bevelandpolder, dat ten westen ligt van het punt waar de ebstroom uit de Vuilbaard in de Roompot uitmondt.
Daar de overgangstoestand, waarbij een grotere stroomaanval optreedt, zal duren tot de afsluiting van de Oosterschelde in 1978, worden aanvullende maatregelen voor deze oever noodzakelijk geacht om te voorkomen dat de kans op oevervallen na 1969 door de afsluiting van het Volkerak zou toenemen. De uitgangspunten voor deze maatregelen alsmede de te nemen maatregelen zelf zullen in het navolgende worden besproken.

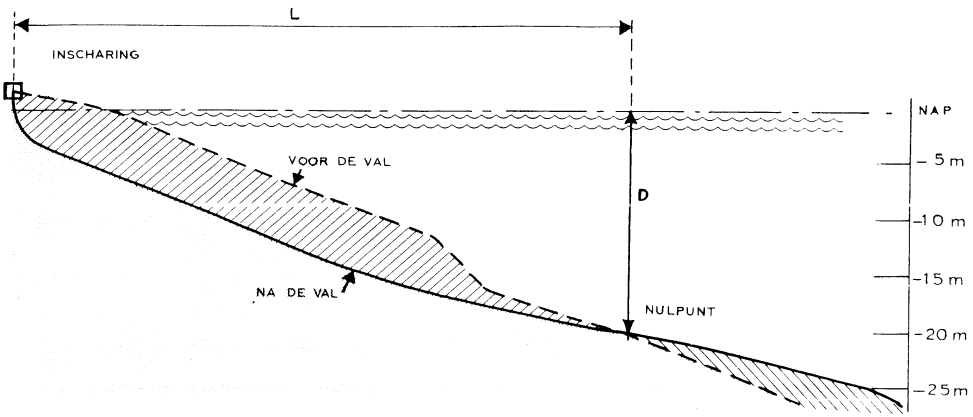
De beoordeling van de veiligheid van de waterkeringen

Om de veiligheid van de betrokken waterkeringen te kunnen beoordelen werden de ten aanzien van de in dit gebied opgetreden oevervallen verzamelde gegevens bestudeerd teneinde uit het feitenmateriaal een verband op te sporen tussen de factoren die bij een oeverval een rol kunnen spelen. Dit onderzoek, dat in nauwe samenwerking met het Laboratorium voor Grondmechanica wordt uitgevoerd, kon nog niet worden afgesloten, voornamelijk omdat het verschijnsel van een oeverval of zettingsvloeiing zich nog niet in een goed controleerbare fysische formulering laat vangen. Wel blijkt uit de studie dat het gemiddelde talud direct na een val sterk varieert, en wel tussen de grenzen 1 : 3 en 1 : 22. Hierbij is de taludhelling bezien tussen het punt van inscharing van de val en een nulpunt, dat ligt op de plaats waar de verdieping overgaat in een verondieping. In bijna

Situatie van de uit te voeren grindbestortingen aan de oever van Noord-Beveland

Oevervallen op Noord-Beveland. Elk pijltje betekent een oeverval sinds 1880





Schematische voorstelling van de bodemligging voor en na een oeverval

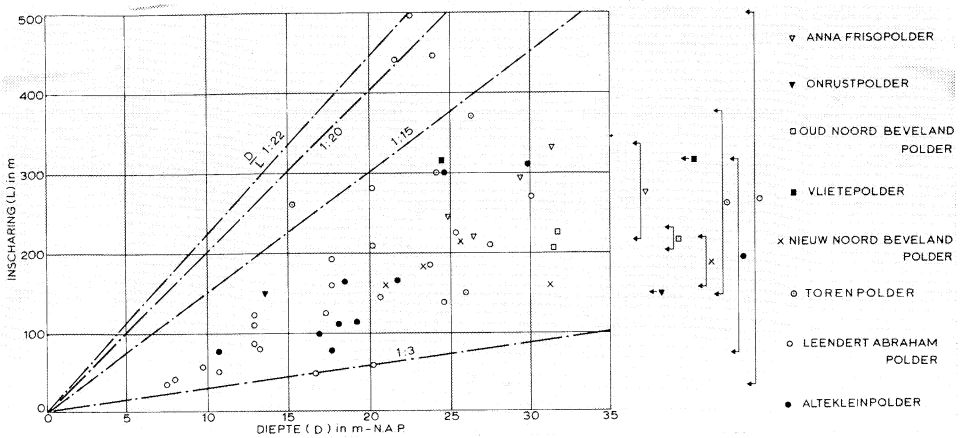
alle polders in het onderzochte gebied is de gemiddelde taludhelling van de oever na een val minstens 1 : 15. Alleen langs een gedeelte van de oever van de Torenpolder komt gemiddeld een helling van 1 : 20 voor. Indien de waterkering in stand blijft, hoeft een oeverval niet als gevaarlijk beschouwd te worden. Daarvan uitgaande wordt de veiligheid van een waterkering met betrekking tot oevervallen volgens de volgende vuistregel gewaarborgd.

Vanuit de as van de waterkering wordt vanaf het N.A.P.-peil een vlak geconstrueerd onder een helling van 1 : 15 respectievelijk 1 : 20 en vervolgens wordt de snijlijn van dit vlak met het geultalud bepaald. Verdedigt men nu het gedeelte van het geultalud dat beneden deze snijlijn is gelegen, zodat hier geen ontgrondingen kunnen optreden, dan zal daardoor de kans op het optreden van een oeverval waarbij de waterkering verloren gaat, kleiner worden.

Met een verdediging van het talud beneden deze snijlijn kan men echter niet volstaan, daar in het gebied, dat boven de snijlijn is gelegen, veelal zeer steile taluds voorkomen. Hellingen van 1 : 1 à 1 : 2 over een hoogte van ca. 6 à 10 m zijn geen uitzondering. De kans op een oeverval, ingeleid door een kleine plaatselijke afschuiving in dit gebied, is dan ook groot, en het lijkt aannemelijk dat een oeverval in dit hoger gelegen gebied zijn invloed ook in benedenwaartse richting zal uitbreiden. Een grotere zekerheid voor het instandhouden van de waterkering kan verkregen worden door de verdediging tot boven de genoemde snijlijn door te trekken.

Bij polders met inlaagdijken kan men het vlak onder 1 : 15 in plaats van uit de as van de zeedijk vanuit de as van de inlaagdijk trekken. Op deze wijze kan men de grotere veiligheid tegen overstroming, die de aanwezigheid van een inlaagdijk verschaft, in rekening brengen.

Uit een oogpunt van veiligheid zal men de aan te brengen bodembescherming liefst tot het diepst van de geul willen doortrekken. Bij het volgen van dit principe zou de te beschermen oppervlakte echter zo groot worden, dat daartegen op praktische en economische gronden bezwaar moet worden gemaakt. De bodembescherming wordt in de praktijk doorgetrokken tot het gebied waarin het geultalud een gemiddelde helling van



Waargenomen gemiddelde taludhellingen na een oeverval ter plaatse van enkele polders op Noord-Beveland

1 : 5 bereikt. De bovenbegrenzing van de verdediging kan worden aangenomen op een diepte van omstreeks N.A.P. – 4 m, of dieper indien het geultalud ter plaatse zeer flauwe hellingen bezit en/of de maximale stroomsnelheden ter plaatse klein zullen zijn, bij voorbeeld niet meer dan 1 m/sec.
Men neemt aan, dat voor gebieden waar een vlak dat onder een helling van 1 : 15 respectievelijk 1 : 20 vanuit de as van de waterkering respectievelijk inlaagdijk is geconstrueerd, het geultalud niet snijdt – het vlak blijft geheel ondergronds – geen beschermende maatregelen noodzakelijk zijn. Ook daar waar reeds zinkstukken ter verdediging zijn aangebracht, behoeven geen aanvullende maatregelen te worden getroffen. Eventueel kan men zeer steile gedeelten van deze beschermde gebieden door nabestorten een flauwere helling geven.

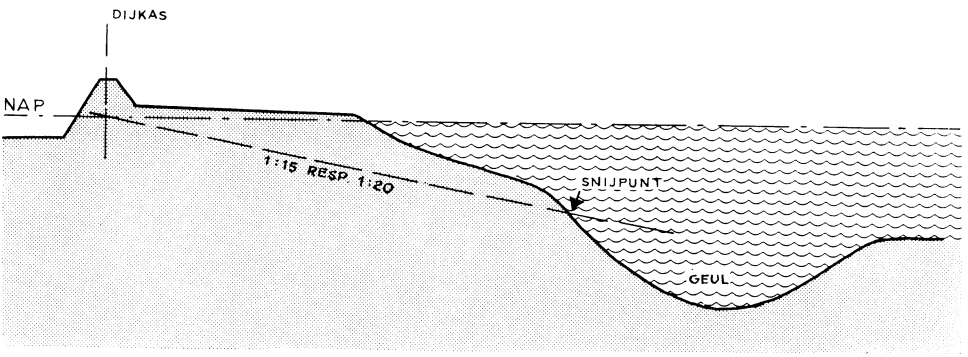
De methode van uitvoering

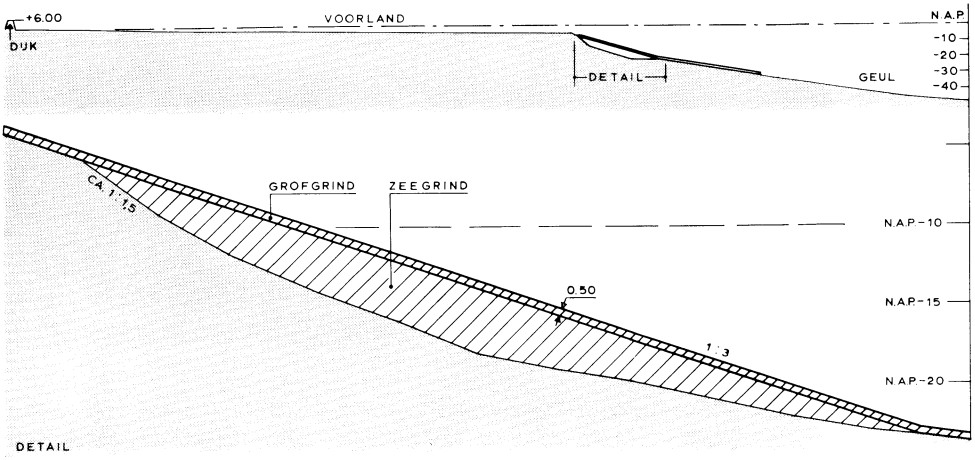
De oever kan worden vastgelegd door middel van klassieke rijshouten zinkstukken of door bestorten met grof grind.
De grindbestorting heeft als belangrijke voordelen boven een bezinking dat de snelheid van werken groter is en de kosten per m² belangrijk lager. Ervaringen met grindbestortingen langs het Zijpe hebben geleerd, dat een grindpakket van ongeveer 50 cm dikte daar een goede oeververdediging vormt. Uit peilingen blijkt dat de oeververdediging in het Zijpe stabiel is en dat aan de onderrand van de grindbestorting geen ontgronding of geulvorming valt te constateren. De overgang van grind naar zandbodem is overal geleidelijk. Op grond van bovenstaande overwegingen werd besloten de oeververdediging van Noord-Beveland uit te voeren als een bestorting met grof grind 3-20 cm. Voor de gebieden met een flauwere helling dan 1 : 3 wordt als gemiddelde laagdikte van het grindpakket 50 cm aangehouden, daar voor een dergelijke verdediging ongeveer een dikte van vijfmaal de gemiddelde diameter van het grind aanvaardbaar is.
Voor de stabiliteit van dit grove grind op een talud waarvan de hellingshoek loodrecht op de stroomrichting staat, zijn de volgende waarden gevonden:

hellingshoek talud loodrecht op de stroomrichting	kritieke stroomsnelheid op 1 m afstand van het talud
0°	3,04 m/sec
10°	2,96 m/sec
20°	2,72 m/sec
30°	2,13 m/sec
35°	0 m/sec

Oevergedeelten die steiler staan dan 1 : 3 zullen worden bestort met grind, zodat de taludhelling wordt teruggebracht tot ca. 1 : 3 of 18°. Bij deze helling bedraagt de kritieke snelheid 2,72 m/sec. De in de tabel vermelde waarden van de kritieke snelheid zijn belangrijk hoger dan de maximale snelheden die in werkelijkheid zullen optreden. De marge dient als zekerheid voor het opvangen van de extra-turbulentie die veroorzaakt wordt door de onregelmatige belijning van de oever in de vorm van kribben. De te verdedigen oppervlakte bedraagt 495 000 m²; voor het opvullen van de taludgedeelten steiler dan 1 : 3 is ca. 100 000 m³ stortmateriaal benodigd. In totaal zal 347 500 m³ stortmateriaal verwerkt dienen te worden.
De afsluiting van het Volkerak zal naar verwachting in mei 1969 plaats vinden. Voor het aanbrengen van de grindbestorting is dus het jaar 1968 en een gedeelte van 1969 beschikbaar. Voor het jaar 1968 is in het werkgebied alleen de werkhaven Schelphoek als overslaghaven bruikbaar. Daar zullen de onderlossers die men wil gebruiken voor de bestortingen in het oorstelijk deel van het werkgebied langs de Noordbevelandse oever dan ook worden beladen. Hier werd reeds in 1967 een onderwaterdepot van 100 000 ton grof grind aangelegd.
In 1969 kan de overslag in de dan inmiddels gereed gekomen werkhaven aan de Noordbevelandse kust plaatsvinden. Door de veel kortere voorafstanden kan dan met een kleiner aantal onderlossers worden volstaan.
Voor het storten zullen de onderlossers worden afgemeerd aan een goed verankerde verhaalbare ponton. Zij zullen voorzien dienen te zijn van goed regelbare kleppen, zodat het grind, vooral op de ondiepe plaatsen, tijdens het verhalen van de ponton goed gedoseerd gestort kan worden. Ook steenstorters kunnen hier goede diensten bewijzen.

Voorbeeld van een vlak dat onder een hoek van 1 : 15 uit het hart van een dijk is geconstrueerd

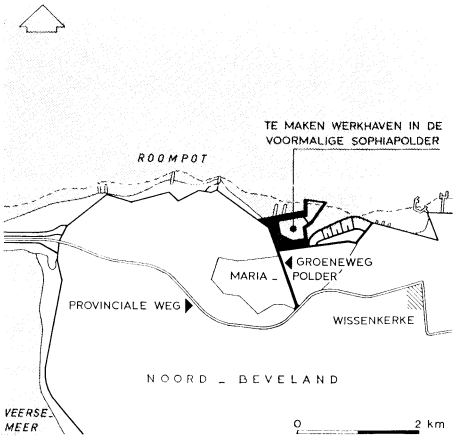




Dwarsdoorsnede van een aan te brengen bestorting voor de Nieuw Noord-Bevelandsepolder, waar hellingen van meer dan 1 : 3 voorkomen

Bij het storten van het grove grind zullen de onderlossers loodrecht op de stroomrichting worden verhaald.
Tenslotte kan worden opgemerkt dat het opvullen van de steile taludgedeelten, waar de bodemverdediging enkele meters dik kan worden, voor een belangrijk deel zal geschieden met een goedkoper materiaal dan grof grind, namelijk Engels zeegrind. Dit zeegrind, dat een zeer brede gradering heeft van grof zand tot grind met een grootste diameter van 4 cm en een gemiddelde diameter van 1 cm, zal onder de Engelse kust door een sleepzuiger worden opgezogen en kan na de oversteek van de Noordzee naar het stortgebied door deze zuiger rechtstreeks in het werk worden gebracht.
Door in plaats van het grove grind deels zeegrind te gebruiken, wordt een niet onbelangrijke besparing op de totale kosten van de aan te brengen oeververdediging verkregen. Daar de gemiddelde diameter van het zeegrind klein is, dient het zeegrind voor het bereiken van een zelfde mate van stroomresistentie als de naastliggende gebieden afgedekt te worden met een 50 cm dikke laag grof grind.
Vroeg in het voorjaar van 1968 zal met de beschreven werkzaamheden begonnen worden.

De werkhaven 'Sophiapolder'



Voor de aanleg van de afsluitdam in de Oosterschelde zijn aan beide oevers werkhavens nodig. Eén van deze werkhavens wordt thans in de 'Schelphoek' aan de Schouwense oever aangelegd volgens een bestek dat beschreven is in Driemaandelijks Bericht nr. 41 (augustus 1967). Voor de opslag van grof grind is die haven zelfs al in gebruik genomen. In 1968 zal een tweede werkhaven worden aangelegd aan de Noordbevelandse kust en wel ter plaatse van de voormalige Sophiapolder. Deze polder ging in december 1894 door dijkbreuk verloren, zodat de erachter gelegen Maria-polder aan open water kwam te liggen.

Het voorland voor de inspringende zeedijk van de Maria-polder biedt voldoende ruimte om de haven op een zodanige wijze te ontgraven, dat ze geheel buiten de getijstromen van de Roompot komt te liggen. Bij het ontwerp van de haven werd er van uitgegaan dat ruimte aanwezig dient te zien voor de opslag boven en onder water van 150 000 ton stortsteen, 100 000 ton grof grind en 100 000 ton mijnsteen; verder moeten er, voor het lossen en laden van materialen, twee loswallen voorhanden zijn. Daarnaast dient ruimte gereserveerd te worden voor het opstellen van een mechanische zate ten behoeve van de vervaardiging van zinkstukken en voor de opslag van rijshout. De haven moet een veilige ligplaats bieden aan vrachtschepen en aan al het bij de dambouw te gebruiken materieel. De haventerreinen moeten tenslotte een goede aansluiting op het bestaande wegennet krijgen.

Uitgaande van al deze eisen werd een havenkom ontworpen ter grootte van 330 × 380 m met een diepte van N.A.P. – 6 m. In het midden van deze havenkom zal een put worden gebaggerd tot een diepte van N.A.P. –8 m voor de opslag van steenachtige materialen. De toegangsgeul naar de haven krijgt een diepte van N.A.P. – 6,50 m, en de havenmond, geprojecteerd aan de oostzijde van de havenkom, krijgt op dit peil een breedte van 100 m.

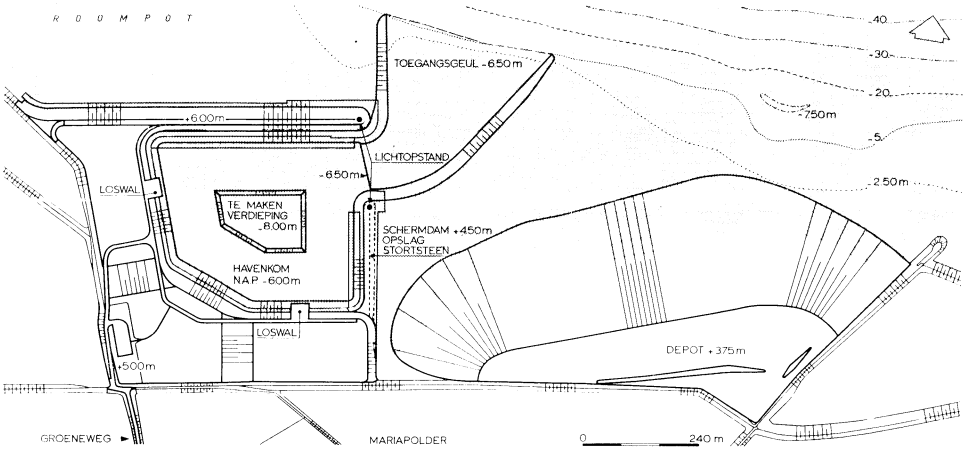
Ter afscherming van golven uit westelijke en noordelijke richtingen wordt aan de noordzijde van de haven een havendam aangelegd. De kruin van deze dam komt op N.A.P. + 6 m te liggen. Het buitenbeloop krijgt een helling van 1 : 4 en wordt bekleed met betonblokken. Het binnenbeloop, met een helling van 1 : 3, wordt met koperslakblokken bekleed. Aan de oostzijde wordt de havenkom begrensd door een stortsteendepot in de vorm van een dam.

Uit voorafgaand grondmechanisch onderzoek bleek, dat de ondergrond ter plaatse voor-

namelijk uit zand bestaat, waarin evenals trouwens langs het gehele westelijk gedeelte van de Noordbevelandse kust, zeer lage sondeerwaarden voorkomen, hetgeen op een losse pakking van het zand kan wijzen.
Omdat in zand met losse pakking zettingsvloeiingen kunnen optreden die de stabiliteit der kunstwerken bedreigen, besloot men de inbaggering van de havenkom zo ver mogelijk van de teen van de zeedijk te laten beginnen, opdat de waterkering bij eventuele zettingsvloeiing in dit zand geen direct gevaar zal lopen. Zo komt het dat de oppervlakte van de omliggende haventerreinen in verhouding tot de wateroppervlakte tamelijk groot is. Bij het baggeren zal de nodige omzichtigheid in acht moeten worden genomen om grote afschuivingen in de zandlaag te voorkomen. In het bestek zijn hiertoe een aantal beperkende bepalingen voor de wijze van uitvoering opgenomen.
Vanwege de lage sondeerwaarden werd het ook het beste geoordeeld de mechanische

De werkhaven 'Schelphoek' op Schouwen in aanleg. Foto van 31-7-'67





Overzicht van de te maken werkhaven 'Sopiapolder'

zate in de zuidwesthoek van de haven te situeren. Voor het opstellen van directie- en aannemersverblijven zal in de zuidwesthoek een gedeelte van het haventerrein tot N.A.P. + 5 m worden verhoogd. Er komt één loswal bij het westelijk haventerrein; een andere bij het zuidelijk haventerrein. In verband met de hoge ligging van het bestaande maaiveld ter plaatse van de loswallen zullen ze uitgevoerd worden als een verankerde stalen damwand.

Bij het baggerwerk zal naar raming 1,2 millioen m^3 zand vrijkomen, waarvan 450 000 m^3 in de havendam en in de haventerreinen zal worden verwerkt. De resterende hoeveelheid van 750 000 m^3 moet worden afgevoerd. Dat kan op twee manieren: de specie kan worden weggeklapt in de Roompot, die heel diep is, of men kan de specie opspuiten langs de voet van de zeedijk ten oosten van de werkhaven. De laatste methode biedt niet alleen het voordeel van een minder kostbare uitvoering en van een soepeler bedrijf, maar ze maakt het ook mogelijk de stuifduintjes te verbreden die thans reeds voor dit onbeschermde, alleen met klei beklede dijkvak liggen. Besloten werd dus, de uitkomende specie langs de voet van de zeedijk te spuiten. Om de afslag door golfwerking zoveel mogelijk te beperken zullen de taluds van het zanddepot aan de waterzijde zeer flauw worden gehouden. Het stuifbezwaar zal ondervangen worden door de oppervlakte boven N.A.P. + 2 m, ongeveer 17 ha, met stro in te schijven en met gerst in te zaaien. Als het depot klaar is zal het stuifvrijhouden voortaan door het Waterschap Noord-Beveland verzorgd worden. Door de Groeneweg, een bestaande 2,5 m brede grindweg, te verbreden en te verbeteren, kan de werkhaven vanaf de provinciale weg voor het wegverkeer goed bereikbaar worden gemaakt. De aansluiting op de provinciale weg wordt verbeterd met een uitvoeg- en inrijstrook, hetgeen gelet op het weinig drukke verkeer op die weg een aanvaardbare oplossing is. Men bereikt het haventerrein door middel van een oprit tegen en over de bestaande zeedijk. Op het haventerrein zelf zal een weg worden aangelegd langs de havenkom, zodat de beide loswallen goed voor vrachtauto's bereikbaar worden. De haventerreinen zullen deels met een dunne laag klei, deels met mijnsteen worden afgedekt.

Het asfaltschip

In het Driemaandelijks Bericht nr. 40 (mei 1967) wordt melding gemaakt van de verschillende types bodembescherming die ons naar de huidige inzichten ter beschikking staan, en van de voor- en nadelen, aan elk van deze types verbonden, met de daaruit voortvloeiende specifieke toepassingsgebieden. De gunstige ervaringen welke met de bodembescherming met asfaltmastiek zijn opgedaan hebben de overtuiging geschonken dat naast de andere methoden van het aanbrengen van bodembescherming voor de nog uit te voeren afsluitingswerken, voor dit type bodembescherming ruim plaats is.
Al sedert 1956 wordt er door de Deltadienst, in samenwerking met aannemers en laboratoria, gestudeerd op de mogelijkheid, bodembeschermingen van asfaltmastiek aan te leggen door het warme vloeibare materiaal met een pijp onder water naar de bodem te leiden waar het dan onmiddellijk na het uitvloeien moet stollen. De vervaardiging van een bodembescherming direct ter plaatse heeft het grote voordeel dat bij een goede uitvoering de beschermingsmat goed aansluit op de onderliggende bodem. Op grond van een eerste serie laboratoriumproeven en berekeningen werd vastgesteld dat het inderdaad mogelijk zou moeten zijn een mat van asfaltmastiek te leggen die aan zeer hoge eisen zou voldoen. Een jarenlange ontwikkeling is echter nodig geweest voor het bereiken van optimale resultaten. Het is een gecompliceerde technische opgave, een apparaat te construeren dat onder gemiddelde werkomstandigheden een overal even dikke, goed aansluitende mastiekmat neer kan leggen op soms tamelijk grote diepten onder water, waarbij de banen, die achtereenvolgens worden aangebracht, onderling ook goed op elkaar aansluiten.
Bij de eerste proefnemingen werd gebruik gemaakt van een rechtopstaande pijp die vanaf een bepaald punt naar onderen toe nauwer werd. Die vernauwing was nodig om te voorkomen dat er aan de benedenzijde water zou binnendringen in de buis wanneer de toevoer van asfalt zou stagneren. De proefnemingen toonden aan dat men inderdaad met een dergelijke buis asfalt op de bodem kan leggen. Maar bedrijfsvaardig was dit apparaat allerminst.
Daarna werd de stortapparatuur ontwikkeld die bestond uit een dubbelwandige buis die uitmondde in een dwars erop staande 'stofzuigermond', eveneens dubbelwandig uitgevoerd. Met deze brede mond kon in één maal een baan mastiek van 5 m breedte worden gelegd. De stortpijp werd met scharnieren bevestigd aan de voorzijde van het al bestaande asfaltverwerkingsschip 'Dorus Heijmans'. Welke resultaten met deze constructie

werden bereikt, is beschreven in Driemaandelijks Bericht nr. 9 (augustus 1959). Uit de proevenseries werd heel wat lering getrokken: zo kwam men onder meer te weten dat het regelmatig uitvloeien van het asfalt niet goed verloopt bij een spleetvormige uitstroomopening over de volle breedte van de verdeelmond. Het uitstromende asfalt heeft dan namelijk zo'n kleine snelheid dat het te vroeg stolt. Als de verdeelmond niet helemaal horizontaal ligt, bleek er bij stagnatie van de asfaltaanvoer water naar binnen te dringen door de hoogstgelegen uitstroomopening. Die openingen moeten dus afsluitbaar worden gemaakt. De mastiek moet vlak boven de bodem uit de mond vloeien. Een scharnierende verbinding van de pijp met het schip heeft grote nadelen: de pijp moet namelijk, wil men verstoppingen voorkomen, wel eens helemaal leeglopen, en daartoe in schuine stand boven water worden gebracht. Dat kan alleen met een betrekkelijk korte pijp, die maar op geringe diepte asfalt kan aanbrengen.

Op basis van de ervaringen werd vervolgens een stortapparaat ontwikkeld dat wij nu wat nader zullen beschrijven. De toevoerpijp en de verdeelmond zijn weer dubbelwandig en geïsoleerd uitgevoerd. De toevoerpijp heeft een binnendiameter van 72 cm. In de verdeelbuis, die 5 m breed werd gemaakt, zijn acht pijpvormige uitstroomopeningen aangebracht, ieder 50 cm lang. Vier aan vier kunnen zij door twee schuiven worden afgesloten. De uitstroomopening en het onderste deel van de verdeelmond kunnen met een gesloten olieverwarming worden verwarmd. In de uitstroomopeningen zijn thermokoppels aangebracht die de temperatuur regelen en melden naar het bedieningspaneel van de installatie. Uit deze meldingen kan men op het schip opmaken of er een uitstroomopening verstopt is geraakt. Drukdozen in de verdeelbuis zorgen ervoor dat de man op het schip tijdig geinformeerd is over de stand van de asfaltmastiek in de toevoerpijp. Op die manier kan worden voorkomen dat de stand van de mastiek onverhoeds zou dalen tot een peil waarbij de waterdruk groter is dan de druk van de mastiek, zodat water in de verdeelmond zou binnendringen. De hele stortapparatuur is ditmaal opgehangen in een bok aan boord van de 'Dorus Heijmans'. Met een lier kan de mastiekspreider op en neer worden bewogen. Een hoogtecompensator zorgt ervoor, in samenwerking met een bodemtaster, dat de verdeelmond zich steeds vlak boven de bodem bevindt. In de toevoerpijp zijn over een grote lengte telkens om de twee meter vulopeningen gemaakt, zodat bij elke werkdiepte gevuld kan worden. De afmetingen van de gehele apparatuur zijn zodanig gekozen dat bij een asfaltoverdruk van 0,4 atmosfeer continu kan worden gewerkt, en per uur 120 tot 240 ton asfalt verwerkt.

De verdeelmond bevat acht uitstroomopeningen van 50 cm lengte en een voor het uitvloeien van asfalt minimaal noodzakelijke binnendiameter van 11 cm. Uit deze opening komt de mastiek te voorschijn met een snelheid van ruim 20 cm per seconde, voldoende om nog op de bodem samen te vloeien tot één laag van nagenoeg egale dikte. De asfaltfabriek op de 'Dorus Heijmans' heeft een capaciteit van 30 ton per uur; zij kan de stortapparatuur dus niet ononderbroken voeden. Bij een proef werd per m^2 van de bodem ongeveer 200 kg asfalt gebruikt. Bij een baanbreedte van 5 m werd de installatie daarom elke twee minuten over een afstand van 1 m verhaald. De verhaalsnelheid bedroeg ongeveer 1 m per minuut. Om voldoende druk in de toevoerpijp te handhaven en de uitvloeisnelheid op peil te houden, werden de schuiven voor de uitstroomopeningen gedurende het verhalen maximaal 30 seconden geopend.

De stortapparatuur is in de praktijk voor het eerst gebruikt voor het leggen van een bodembescherming bij de dambouw in de Grevelingen. Zij heeft daar in het algemeen goed voldaan. Een verslag van de bevindingen is te vinden in het Driemaandelijks Bericht nr. 40 (mei 1967), blz. 506 en volgende.

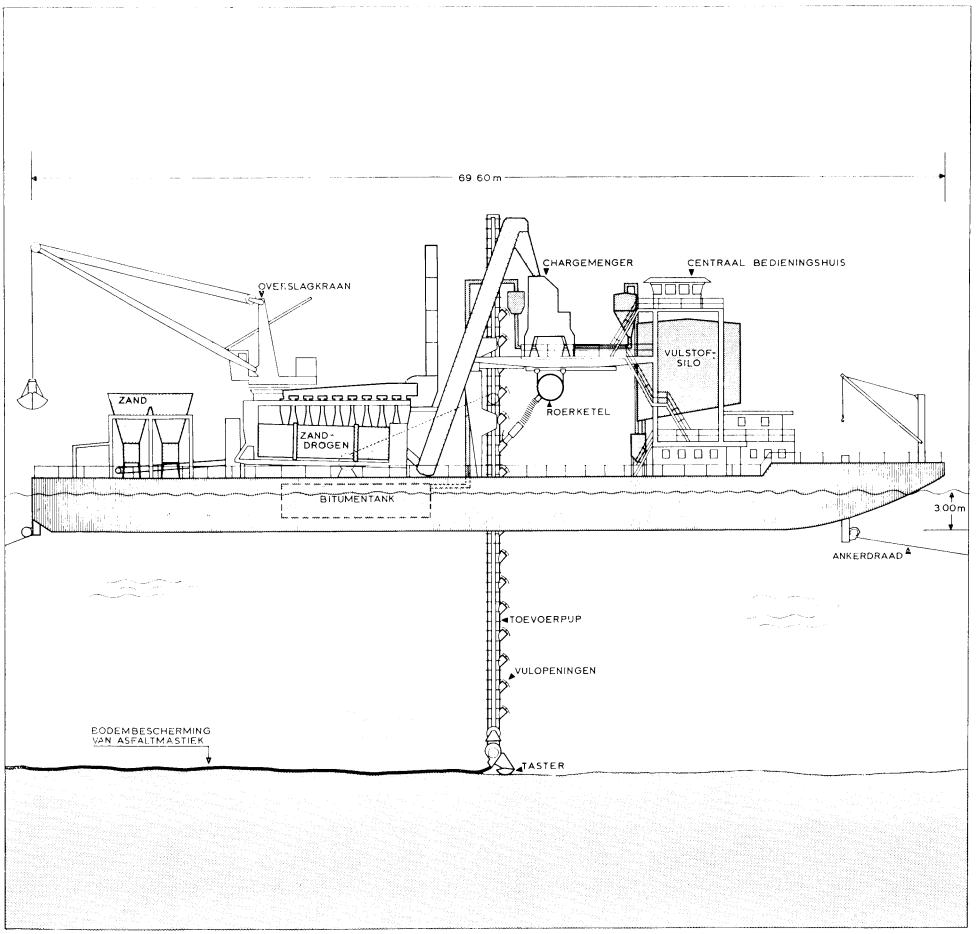
De gekozen afmetingen bleken goed te voldoen. De drukdozen en thermokoppels werkten

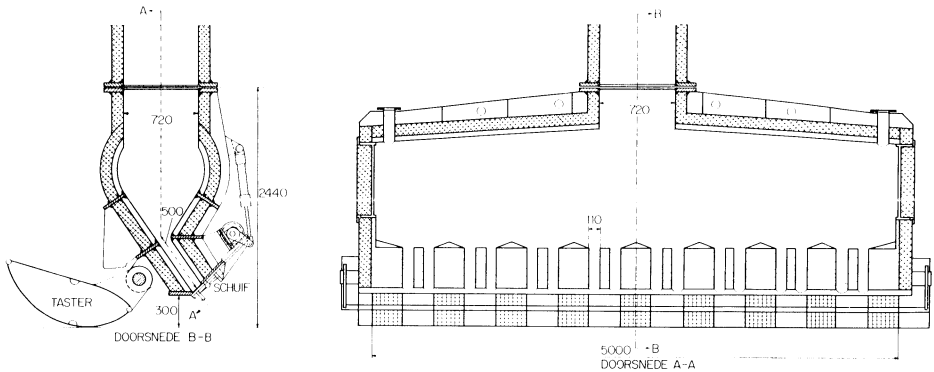
nog gebrekkig, omdat de hele opstelling te zeer het karakter van een experiment droeg. Dat voor elke ton materiaal de schuiven voor de uitstroomopeningen veelvuldig moesten worden geopend en gesloten, bleek te leiden tot sterke slijtage en daardoor tot lekkage. De plaatsbepaling ten opzichte van een bestaand raaienstelsel was te onnauwkeurig om banen van 5 m aansluitend naast elkaar te leggen. Bovendien maakten de ankerlieren van de 'Dorus Heijmans' het onmogelijk het schip zo vast op zijn plaats te houden als bij deze werkwijze wordt vereist. Dat vanwege de geringe capaciteit van het asfaltbedrijf telkens met spreiden moest worden gestopt, werkte natuurlijk ook storend op de uitvoering.

Ontwerp en bouw van een nieuw asfaltschip

Alle verkregen kennis en ervaring zijn tenslotte verwerkt in het ontwerp van een nieuw asfaltschip, de 'Jan Heijmans', dat thans in aanbouw is. Bij asfaltbanen van 5 m breed

Schets van de 'Jan Heymans'





zal de productie- en verwerkingscapaciteit van het schip boven de 200 ton per uur moeten liggen. Op die manier is een ononderbroken aanvoer van het stortmateriaal verzekerd. Het schip kan dan, al varende, bij een aanvaardbaar niveau van asfaltmastiek in de toevoerpijp en met de minimaal toelaatbare diameter der uitstroomopeningen mastiek met een verwerkingsviscositeit tussen ruime grenzen continu doen uitvloeien tot een aaneengesloten mat. Daarbij komt de eis dat het schip stabiel genoeg moet liggen om onder normale werkomstandigheden – golven tot een halve meter hoogte bij een periode van minder dan 4 seconden, stroomsnelheden tot 2 m per seconde – voldoende nauwkeurig asfalt te leggen. Het zal uitgerust moeten zijn met een centraal bediend lierensysteem, zodat het nauwkeurig met een voorgeschreven snelheid in een voorgeschreven baan kan worden voortbewogen. Het dient tenslotte uitgerust te zijn met een zodanige meetapparatuur dat het gehele bereidings- en verwerkingsproces voortdurend gecontroleerd en zo nodig bijgestuurd kan worden.

Van het schip in aanbouw worden in het onderstaande de belangrijkste technische gegevens vermeld. De lengte van het schip tussen de eindschotten bedraagt 69,60 m, de breedte op de spanten 14,20 m en over de berghouten 14,55 m. De holte in de zijden is 4,25 m. Het schip heeft een gemiddelde werkdiepgang van 3 m. Een model ervan is in het Nationaal Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen beproefd. Bij golven tot 1 m hoogte bij een periode van 5 seconden blijkt het aan weinig beweging onderhevig. De ankerkrachten bij stroom op de kop van 3 m/sec. zijn ongeveer 12 ton.

In het casco zijn tanks ingebouwd voor ballast, zoet water en brandstof. Onderdeks bevinden zich de machinekamer, een ruimte voor de opslag van bitumen en een voor de elektrische installatie, een verwarmingsruimte, enkele magazijnen, een compressorruimte en verblijven. Bovendeks zijn verblijven, de productie-installatie, de stortapparatuur en de vulstofopslag opgesteld. Het centrale bedieningshuis bevindt zich bovenop de vulstofsilo. De productie-installatie bestaat uit een asfaltdroog- en menginstallatie met een capaciteit van maximaal 250 ton per uur. De installatie heeft een chargemenger van 5 ton inhoud die geschikt is voor het bereiden van asfaltmastiek, zandasfalt en beton. Onder de menger is een roerketel geplaatst waarin een buffervoorraad asfaltmastiek van 20 ton kan worden opgeslagen en op temperatuur gehouden en waarin tevens een zekere homogenisering naar temperatuur en mengselsamenstelling bereikt wordt. De roerketel is geplaatst op drukdozen die het gewicht ervan en dus van de asfaltmastiek

Detail van de verdeelmond en de taster van het asfaltverwerkingsschip 'Jan Heymans'

doorgeven aan het bedieningspaneel. De roerketel kan worden verwijderd voor het geval men andere mengsels dan asfaltmastiek wil bereiden.
Voor de overslag van zand en andere mineralen is op het achterdek van het schip een overslagkraan opgesteld met een hijsbereik van 10 ton op 18 m, uitgerust met een hydraulische grijper van ca. 4 ton.
De elektrische energie voor het schip wordt geleverd door twee hoofddiesels van 660 pk, waarop generatoren van 50 kVA zijn aangesloten, één diesel van 248 pk met een aansluitende generator van 200 kVA en één diesel van 105 pk, met erop aangesloten een generator van 87,5 kVA.
Onderdeks zijn twee geïsoleerde asfalttanks ingebouwd met een inhoud van 300 ton netto. Zij zijn voorzien van een volautomatische olieverwarming. Er is een zodanig verwarmd pomp- en leidingsysteem aangebracht, dat het schip ook met de voorraad asfaltmastiek aan boord kan worden bijgetrimd.
De stortapparatuur heeft een werkbereik tot 30 m onder het wateroppervlak. Zij bestaat uit een verticale dubbelwandige geïsoleerde toevoerpijp van 43 m lengte, met een inwendige diameter van 72 cm. Dwars daarop staat een verdeelbuis van 5 m breed, voorzien van 8 paar uitstroomopeningen; van elk paar kan één opening worden afgesloten. Deze apparatuur is opgehangen in een bakconstructie en kan met behulp van een zware stortpijplier geheel boven het dek worden gehesen, ook als zij helemaal vol zit met asfaltmastiek. De uitstroomopennigen in de verdeelbuis kunnen door 8 schuiven, die twee aan twee gekoppeld zijn, worden afgesloten. Onder aan de verdeelbuis zit een taster, die er met behulp van een servomechanische en een hoogtecompensator voor zorgt dat de uitstroomopeningen zich steeds op de juiste afstand van de zeebodem bevinden, terwijl de apparatuur met niet meer dan een paar honderd kilo op de grond drukt. De verdeelbuis kan in twee onderling loodrechte standen aan de verticale toevoerpijp worden verbonden. Rond de uitstroomopeningen en in het onderste gedeelte van de verdeelbuis is een oliecircuit aangebracht dat wordt verwarmd door een elektrische kachel boven op de verticale toevoerbuis. Terwijl de taster op de zeebodem voorkomt dat de stortapparatuur onder grote verticale druk komt te staan, worden horizontale krachten erop gesignaleerd via een veerconstructie in de opleggingen van de pijp.
Voor een goede controle en besturing van het gehele verwerkingsproces worden tijdens de werkzaamheden vele metingen verricht. Aflezing van de metingen en eventuele

registratie ervan geschiedt in het bedieningshuis. Twee drukdozen in de verdeelbuis verklikken de druk van de asfaltmastiek aldaar, terwijl 16 thermokoppels in de uitstroomopeningen aan het bedieningshuis doorgeven welke temperatuur het asfalt beneden heeft. Er is voorts controle op de stand van de schuiven voor de uitstroomopeningen, op de stand van de hoogtecompensator, op de stand van de stortapparatuur ten opzichte van het dek van het schip, en op de snelheid van voortbewegen van het schip, gekoppeld aan exacte informatie over de produktie van de asfaltinstallatie. De plaatsbepaling van het schip geschiedt door een systeem van elektronische indicatie dat beschreven is in Driemaandelijks Bericht nr. 41 (augustus 1967), blz. 35 en 36.

Op het schip zijn zes elektrische ankerverhaallieren opgesteld met behulp waarvan het schip nauwkeurig in positie kan worden gehouden, en nauwkeurig in een voorgeschreven baan voortbewogen. De krachten in de ankerdraden van elk der lieren worden weer aan het bedieningshuis verklikt. Op de liertrommels kan ruim 500 m draad van 32 mm dikte worden gerold. De lieren kunnen zowel bij de lier als centraal, in het bedieningshuis, worden bediend. De elektrische schakeling ervan is zodanig, dat alle ankerdraden steeds onder een gewenste voorspanning gehouden kunnen worden, terwijl ondertussen zeer geringe koerscorrecties kunnen worden aangebracht. Deze fijnregeling wordt uitgevoerd met slechts één correctieknop.

Aan boord bevindt zich ook een laboratorium, ingericht voor het verrichten van proeven ter bepaling van de gunstigste samenstelling van asfaltmastiek van enige gewenste viscositeit, voor het meten van de eigenschappen van het asfaltmengsel en voor het onderzoek van monsters van verwerkte mengsels. Men ontwikkelt thans een standaardprocedure voor het ontwerpen van asfaltmastiekmengsels op basis van de eigenschappen van de aangevoerde materialen.

In het centraal en hoog opgestelde bedieningshuis staan bedieningslessenaars waarmee de menger de produktie-apparatuur kan controleren en bedienen, de pijpbediende de verwerkingsapparatuur en de schipper de navigatie. De gehele bediening is sterk gemechaniseerd.

De keuze van de elektromotoren, de generatoren en de elektrische bedradingen is erop gericht geweest, onder alle omstandigheden een zo goed als storingvrij bedrijf te kunnen garanderen.

De in het begin van dit overzicht genoemde proefnemingen zijn voorbereid door de Deltadienst in samenwerking met de Koninklijke Shell en Bitumarin, N.V. De firma Bitumarin was tevens belast met de uitvoering van de proefnemingen.

De 'Jan Heijmans' wordt thans in opdracht van Bitumarin gebouwd door Baan Hofman, Machinefabriek en Reparatiebedrijf te Gorinchem, die de bouw van het casco heeft uitbesteed aan de Scheepswerf Vahali te Gendt (Gld.).

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De mechanische steenstorter 'Lauwerszee'

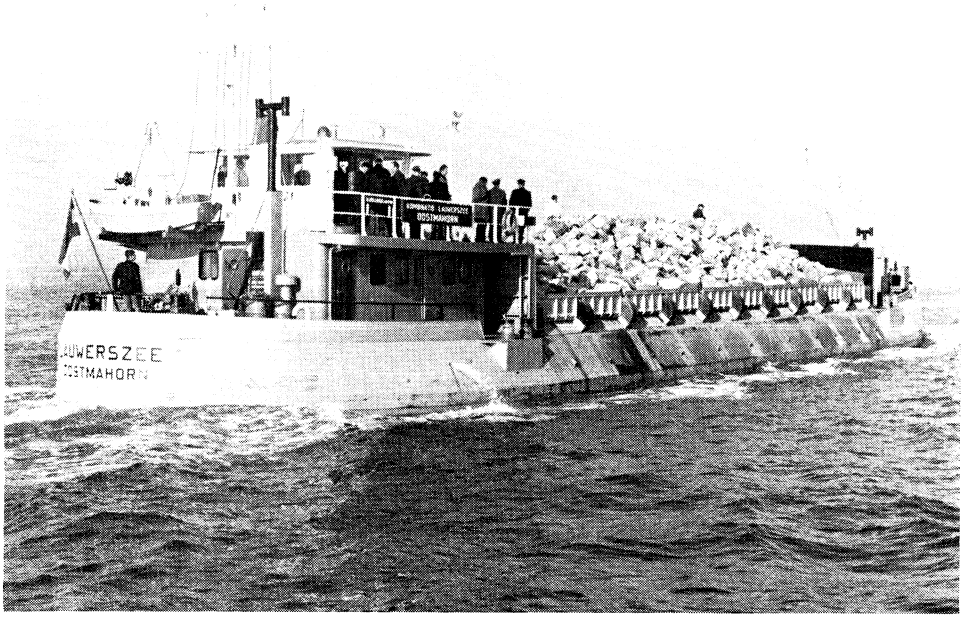
Bij de uitvoering van de Deltawerken moeten zeer grote hoeveelheden stortsteen worden verwerkt, hetzij als bodembescherming, hetzij als materiaal voor de opbouw van een dam. Tot voor kort geschiedde dit vrijwel steeds met de hand: een aantal in oliekleding gehulde mannen werkte de op het dek van een zolderbak opgehoopte stortsteen over boord, hetgeen met veel gespat en grote krachtsinspanning gepaard ging. Nu is het zowel uit sociale als economische overwegingen minder gewenst op grote schaal stortsteen met de hand te verwerken. Uit hoofde van die overwegingen zijn in Nederland verschillende mechanische steenstorters ontworpen.

De eerste steenstorter staat beschreven in het Driemaandelijks Bericht nr. 9 (augustus 1959) en nr. 10 (november 1959) en heeft onder meer gewerkt bij de afsluiting van het Veersche Gat. Bij deze steenstorter wordt de lading over boord gewerkt door het kippen van op het dek opgestelde bakken, waarbij de dosering plaats vindt door middel van een langzaam draaiende schoepenas die de toeschuivende steen opvangt en geleidelijk over boord laat vallen.

Andere reeds bestaande systemen werken met hydraulisch bewogen schuiven die de lading van het dek af 'bulldozeren' dan wel met over het dek bewegende kettingen, voorzien van meenemers. Bij de uitvoering van grote havenwerken aan de Noordzeekust te IJmuiden, te Hoek van Holland en te Scheveningen, wordt gebruik gemaakt van onderlossers die de lading rechtstreeks op de bodem laten vallen.

De bruikbaarheid van een mechanische steenstorter hangt in belangrijke mate af van zijn vermogen de steen gelijkmatig over de bodem te verdelen. Bij het bestorten van zinkstukken en het afwerken van een caissondrempel is de gelijkmatigheid van de steenverdeling immers van vitaal belang. Doordat een hoop stenen vaak een zekere samenhang blijft behouden totdat bij het overboord werken een bepaalde evenwichtstoestand wordt overschreden, valt het materiaal op een vrij onregelmatige wijze afwisselend in grote en kleine hoeveelheden over boord. Een bijkomend bezwaar van de tot nu toe besproken steenstorters is, dat hun bewegende delen steeds in aanraking komen met de steenmassa, waardoor ze snel vervuilen met grond en steenschilfers, hetgeen grote slijtage veroorzaakt. Het verwerken van fijnere steenmassa's zoals grind en mijnsteen is bij verschillende systemen niet goed mogelijk.

Bij één van de aannemers van de Lauwerszeewerken kwam de gedachte op, bestaande systemen van steentransport die berusten op vibratie, toe te passen voor mechanische steenstorting.

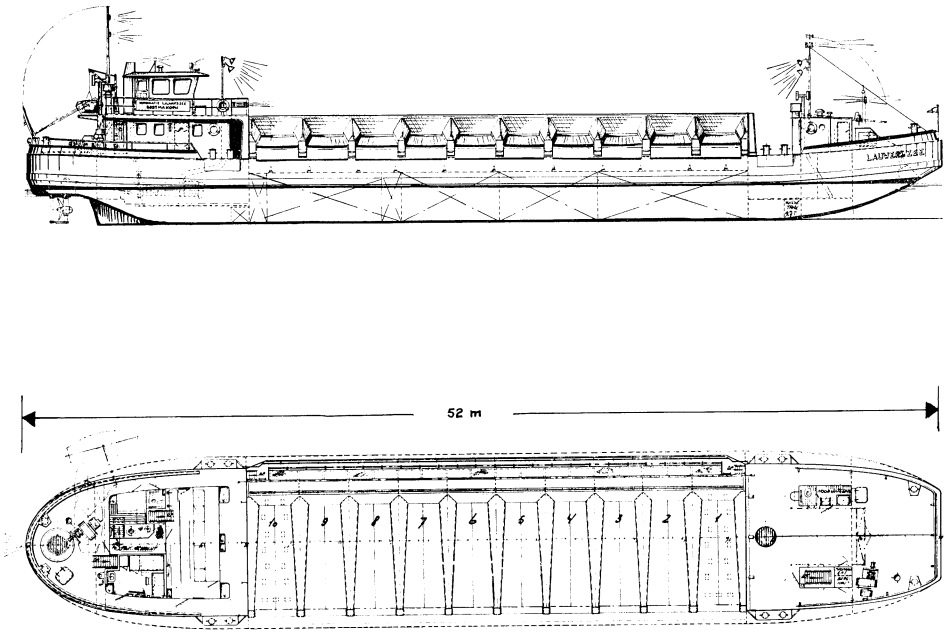


De steenstorter 'Lauwerszee'

Allereerst werd op basis van dit idee een proefopstelling gebouwd op een ponton. De resultaten leken bijzonder gunstig; proefstorting over een zandplaat die bij laagwater droog viel, bleek ondanks aanvankelijke moeilijkheden met het regelmatig verhalen van de ponton een zeer gelijkmatige verspreiding van de steen te hebben opgeleverd. Na deze bemoedigende proef is voor rekening van de Kombinatie Lauwerszee de steenstorter 'Lauwerszee' gebouwd. Deze steenstorter werkt als volgt.

Door middel van sterke elektromagnetische vibratoren wordt een stalen bak in trilling gebracht, waarin zich de te storten steenmassa bevindt. De trilling deelt zich mee aan de steenmassa die zich tengevolge daarvan min of meer als een vloeistof gaat gedragen, inzakt en over de rand van de bak wegloopt. Deze beweging wordt versterkt doordat de vibratoren, drie per bak, schuin tegen de onderzijde van de bak zijn bevestigd, zodat de trilling een horizontale component krijgt in de richting van de overstortrand. Het is merkwaardig te zien, hoe de berg steen langzamerhand ineenzakt, terwijl aan de onderzijde steeds een zeer gelijkmatige stroom stenen zijdelings over boord valt. Zodra de steenmassa zodanig verkleind is dat alle stenen op de bodem van de bak liggen, verplaatst de rest zich als één aaneengesloten steenlaag in de richting van de overstortrand totdat de laatste steen is verdwenen. Het zou met de trilapparatuur zelfs mogelijk zijn om de stenen tegen een enigszins hellend vlak te laten klimmen. Om de bakken na gebruik schoon te kunnen spoelen is echter een zijdelingse helling van 5% naar de stortzijde aangebracht.

Op de steenstorter 'Lauwerszee' zijn tien van dergelijke bakken aangebracht, die in totaal een hoeveelheid steen van ongeveer 350 ton kunnen bevatten en die in ongeveer



Lengtedoorsnede en bovenaanzicht van de 'Lauwerszee'

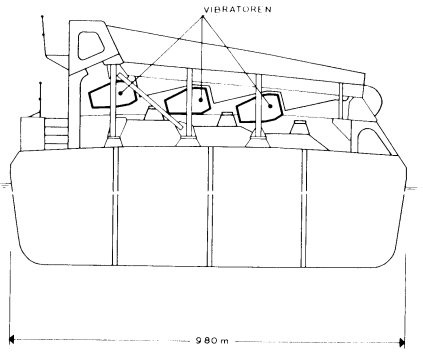
20 minuten kunnen verwerken. Voor elke bak kan het trillingsmechanisme vanuit een centraal punt worden bijgeregeld of stopgezet om verdere verfijning in de verdeling te bewerkstelligen. Door het ontbreken van bewegende delen kunnen zonder bezwaar ook grind, mijnsteen en dergelijke materialen worden verwerkt. Verwijdert men de steenstortbakken met bijbehorende apparatuur van het schip, dan blijft een bruikbare motordekschuit over.

Het ziet er overigens naar uit, dat er voorlopig emplooi genoeg voor deze steenstorter zal bestaan, omdat inmiddels is gebleken, dat dit werktuig ook goede diensten kan bewijzen bij het aan de grond brengen van grote zinkstukken.

Zoals bekend uit het Driemaandelijks Bericht nr. 42 (augustus 1967) bevindt zich de gehele problematiek rond het maken en aan de grond brengen van bodembeschermingen in een snelle ontwikkeling. Zowel voor het vervaardigen, het tot zinken brengen als het nabestorten van de klassieke zinkstukken waren tot dusver grote aantallen mensen nodig. Liggen de plaatsen van vervaardiging vrij ver verwijderd van de plaats van verwerking, zoals in de Lauwerszee, dan treden grote verliezen aan arbeidsuren op door het steeds heen en weer varen van personeel.

Rationalisatie op de drie plaatsen van verwerking is daarom dringend nodig.

De stukken zelf kunnen worden vervaardigd op boven het peil van hoogwater liggende hellingzaten; daarbij moeten mechanische hulpmiddelen, zoals bouwkranen voor het transport van materialen en wiepmachines ter beschikking staan; van te voren in een fabriek vervaardigde elementen zoals weefsels en matten moeten waar mogelijk worden toegepast. Het zinken kan worden vereenvoudigd door gebruik te maken van de richtende



De steenstortbakken en de trilapparatuur van de 'Lauwerszee'

krachten van de stromingen in het water, door het zinkstuk aan de kop onder water te duwen en door mechanische bestorting. De nabestorting kan verbeterd worden door het mechanisch aanbrengen van de stortsteen.
Juist bij het zinken en het nabestorten is de steenstorter 'Lauwerszee' een buitengewoon handig werktuig gebleken. Naar analogie van reeds in de Delta toegepaste technieken is in de Lauwerszee een zinkmethode ontwikkeld, waarbij de juiste plaats van het zinkstuk wordt verzekerd door een van te voren naar alle zijden verankerde afvierponton. Een aan deze ponton opgehangen stalen balk drukt het kopeinde van de meestal 25 × 60 m grote zinkstukken aan de grond. De steenstorter wordt vervolgens boven het naar beneden gedrukte deel van het zinkstuk gevaren, langszij van de aan het bovenstroomse einde van het zinkstuk verhaalde afvierponton. Na enig storten is het bovenstroomse einde van het zinkstuk zo vastgelegd, dat de stalen balk van de afvierponton kan worden losgekoppeld en opgehaald. Vervolgens wordt de afvierponton met de daarlangs gemeerde steenstorter met een zodanige snelheid over het zinkstuk verhaald, dat de lading gelijkmatig over het gehele zinkstuk wordt verspreid.
Op dezelfde wijze vindt ook de nabestorting plaats. Daarbij wordt de afvierponton steeds zo verhaald, dat de overlappingen langs de beide kanten van de bestorting en aan het begin en aan het einde ervan steeds op andere plaatsen liggen.
Op die manier voorkomt men plaatselijke grotere opeenhopingen van steen. Bij de zeer intensief uitgevoerde peilingen in de Lauwerszee is gebleken dat op deze wijze een goede aaneensluitende bodembescherming tot stand kan worden gebracht. Het aantal rijswerkers kan bij deze werkwijze veel kleiner zijn dan tot dusverre. De steenstorter 'Lauwerszee' bevalt dan ook zo goed, dat reeds wordt overwogen een zusterschip te bouwen.

A. De werken van het Deltaplan

Het Haringvliet

Opruiming van de bouwput voor de uitwateringssluizen en aanleg van de stortebedden

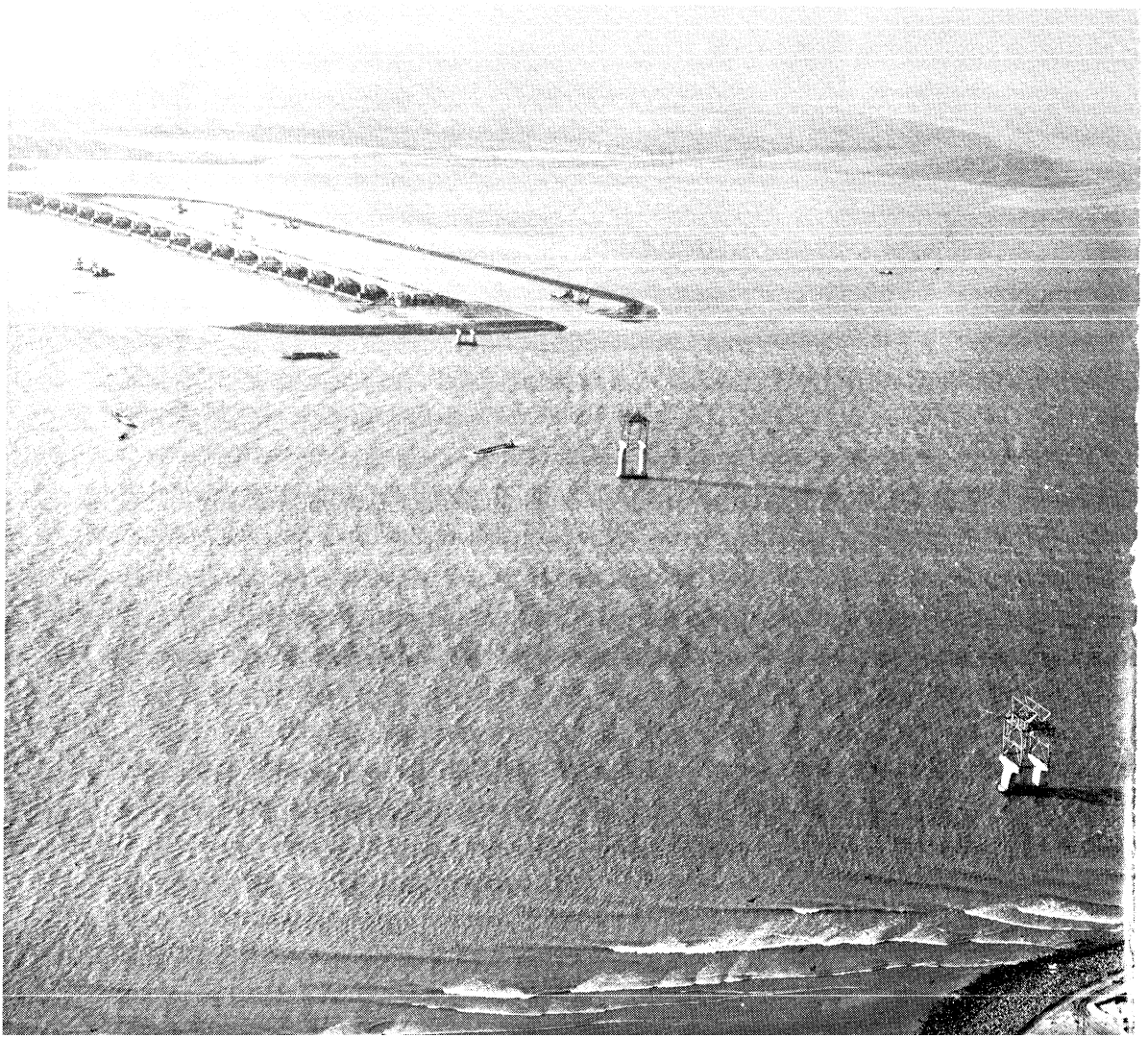
Voortgegaan werd met profielbaggeren aan de zeezijde van de uitwateringssluizen.
Begin oktober kon worden begonnen met het aanbrengen van een laag grind 2-5 mm en van de grindkoffer aan het einde van het stortebed.
De 50 cm dikke laag grind 2-5 mm werd aangebracht met een drijvende kraan welke het grind met behulp van een drijvend vakwerk regelmatig verdeelde.
Het grove grind voor de grindkoffer werd aangebracht met onderlossers en geëgaliseerd met een baggermolen.
Op 25 oktober kon het eerste zinkstuk worden geplaatst. Dit gebeurde met twee nieuwe afzinkpontons, de 'Drukker' en de 'Strekker', waartussen het stuk werd gespannen. Deze pontons werden tevens gebruikt bij het afstorten.
In totaal werden 16 zinkstukken gezonken met een oppervlakte van 27 000 m².

Aan de rivierzijde van de uitwateringssluizen werd verder gegaan met het wegzuigen van de ringdijk en het haventerrein. Met de zuiger 'Gouda' werd het zand tot N.A.P. – 13 m weggezogen en geperst naar de duinaansluiting bij Goedereede. De baggermolen 'Arie' begon het zand van N.A.P. – 13 m tot N.A.P. – 14,75 weg te baggeren. In deze periode werd 720 000 m³ zand gezogen en geperst en 160 000 m³ gebaggerd en geklapt. In het stortebed werd 58 000 ton grof grind, 27 000 ton grind 2-5 mm en 14 500 ton stortsteen verwerkt.

Uitbreiding van de binnenhaven

De oostelijke havenoever en havendam zijn geheel voltooid; de nieuwe havengeul is geheel ontgraven met een cutterzuiger.
Begin november is een aanvang gemaakt met het klappen van zand in de oude haveningang en het opspuiten van zand voor de westelijke havendam. Het zand voor de westelijke havendam is afkomstig uit de toegangsgeul naar de binnenhaven.
De mijnsteenkaden ter afsluiting van de oude haveningang zijn nagenoeg gereed gekomen; thans is men bezig met het afwerken van het stortsteentalud aan de noordzijde van de dam.
Op de onderwaterbelopen van de dam werd 2300 m² kraagstukken aangebracht. Voorts werd 23 000 ton aan mijnsteen,

Het opruimen van de ringdijk. Op de voorgrond de kabelbaan in aanleg. Foto d.d. december 1967



grind en stortsteen verwerkt en 60 000 m³ zand gezogen, waarvan 25 000 m³ werd geklapt.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

De doorgraving van de bouwput voor de overbrugging van het Zuiderdiep met de daarbij behorende oevervoorzieningen is in de afgelopen verslagperiode geheel voltooid.
Totaal is 56 000 m³ specie in den droge ontgraven en 2300 ton grind als oeverbekleding verwerkt.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

De overbrugging van het Zuiderdiep is in alle onderdelen gereedgekomen, uitgezonderd het verfwerk.
Bij het viaduct is een begin gemaakt met het bestraten met keien van de taluds voor de landhoofden.
Het afwerken van de machine- en bedrijfsruimten in het bedieningsgebouw op de uitwateringssluis is begonnen.
Voorts is men bezig met het voltooien van de te heien stalen damwandschermen en met het aanvullen met zand van het sluislichaam.

Deurenbergplaats en remmingwerk

Op 20 oktober 1967 vond de aanbesteding plaats van het maken van een fundering voor een deurenbergplaats, een remmingwerk en een meerstoel met bijkomende werken, nabij de schutsluis, volgens bestek SS 487. Het werk werd gegund aan de N.V. Aannemingsmaatschappij W. C. van Dijk te Hardinxveld-Giessendam, voor een bedrag van f 382 420,–.
Met de voorbereidende werkzaamheden zoals het plaatsen van keten en het inrichten van het werkterrein is inmiddels begonnen.

De onderbouw van de kabelbaan

Met het maken van de funderingen voor de railbanen op het plateau aan de noordzijde van de uitwateringssluis is de fundering van de kabelbaan voltooid.
Op het plateau op het Voornse strand werd begonnen met het op diepte brengen van drie door betonnen cylinders gevormde funderingsputten. De putten hebben een hoogte van 17 m, een inwendige diameter van 6 m en een wanddikte van 40 cm. Verder is men bezig met het maken van betonnen funderingssloven.

Volkerak

De schutsluizen

Op vrijdag 3 november 1967 te 9.00 uur werd het schutsluizencomplex voor de scheepvaart opengesteld. Hiermede werd een bouwtijd van ruim 7 jaar afgesloten die aanving toen midden 1960 met de aanleg van de bouwput werd begonnen.

Geleidewerken en wachtplaatsen

Deze werken werden op 1 oktober 1967 voor de eerste maal en op 1 december 1967 voor de tweede maal opgeleverd. Thans resteert nog het afwerken van het peilschaalhuisje in de zuidelijke voorhaven en het maken van een drijvende aanleginrichting voor de pleziervaart.

Caissonbouw

In de verslagperiode werden de werkzaamheden door de aannemer in verhoogd tempo uitgevoerd om de opgelopen achterstand op het tijdschema in te halen. Van 13 caissons kwamen de onderbakken gereed terwijl van 10 de portalen en van 7 de kopwanden werden gestort. Van 4 caissons kwamen tevens de bovenbakken gereed, zodat hiervan het betonwerk is voltooid. Een begin werd gemaakt met de 'aankleding' zoals het aanbrengen van schuiven en lierbordessen.

Het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven

Het werk is op 1 december 1967 voor de eerste maal voltooid opgeleverd. Het baggerwerk in de scheepvaartgeul, dat met 2 molens wordt uitgevoerd, zal begin 1968 worden voltooid.

Het damvak over de Plaat van Maltha; de stortsteendrempel en verdere voorzieningen in het sluitgat in het Volkerak

Tot medio december 1967 was in het damvak ruim 234 000 ton mijnsteen verwerkt. Een gedeelte is onder profiel gebracht waarna er een laag grind 3-20 cm ter dikte van 0,70 m op aangebracht is, tot N.A.P. + 2 m. De grindlaag wordt afgedekt met een laag zware stortsteen 60/300 kg, met een gewicht van 750 kg per m². Deze zware stortsteen op de taluds wordt boven N.A.P. gevlijd. Achter de mijnsteenrug werd tot midden december ca. 400 000 m³ zand gespoten, waarvan een gedeelte reeds werd afgewerkt tot de voorgeschreven hoogte van N.A.P. + 2 m.
Het eerste gedeelte van de drempel ter lengte van ± 70 m kwam gereed. Daar de voor dit werk te gebruiken steenstorters nog niet volledig op het storten van grind waren ingericht, vond het opstorten van het grind voor dit damgedeelte met onderlossers plaats, waarna de bovenkant van het grindbed met een baggermolen werd vlak gemaakt. De stenen mantel van de drempel werd in meerdere lagen met steenstorters opgebouwd, waarbij een redelijk resultaat werd verkregen.
In januari 1968 zal dit damvak worden uitgebouwd tot de Brabantse oever. Tevoren zal de Geul van Maltha met zand worden afgesloten, waarvoor de bakkenzuigers 'Voorburg' en 'Anversoise' beschikbaar zijn, alsmede de winzuigers 'Flevo' en 'IJmuiden'.

Ongeveer 900 m ten noorden van deze sluiting wordt in de Geul van Maltha een 200 m lange krib van zandasfalt uitgebouwd. De aanleg van deze krib is noodzakelijk voor het verkrijgen van een regelmatig stroombeeld in het sluitgat bij eb, waardoor de ontgrondingen in het sluitgat zullen worden beperkt.
Met het bouwen van deze dam is in oktober 1967 begonnen met behulp van het asfaltschip 'Dorus Heijmans' van de N.V. Bitumarin te Zaltbommel.

Brouwershavensche Gat

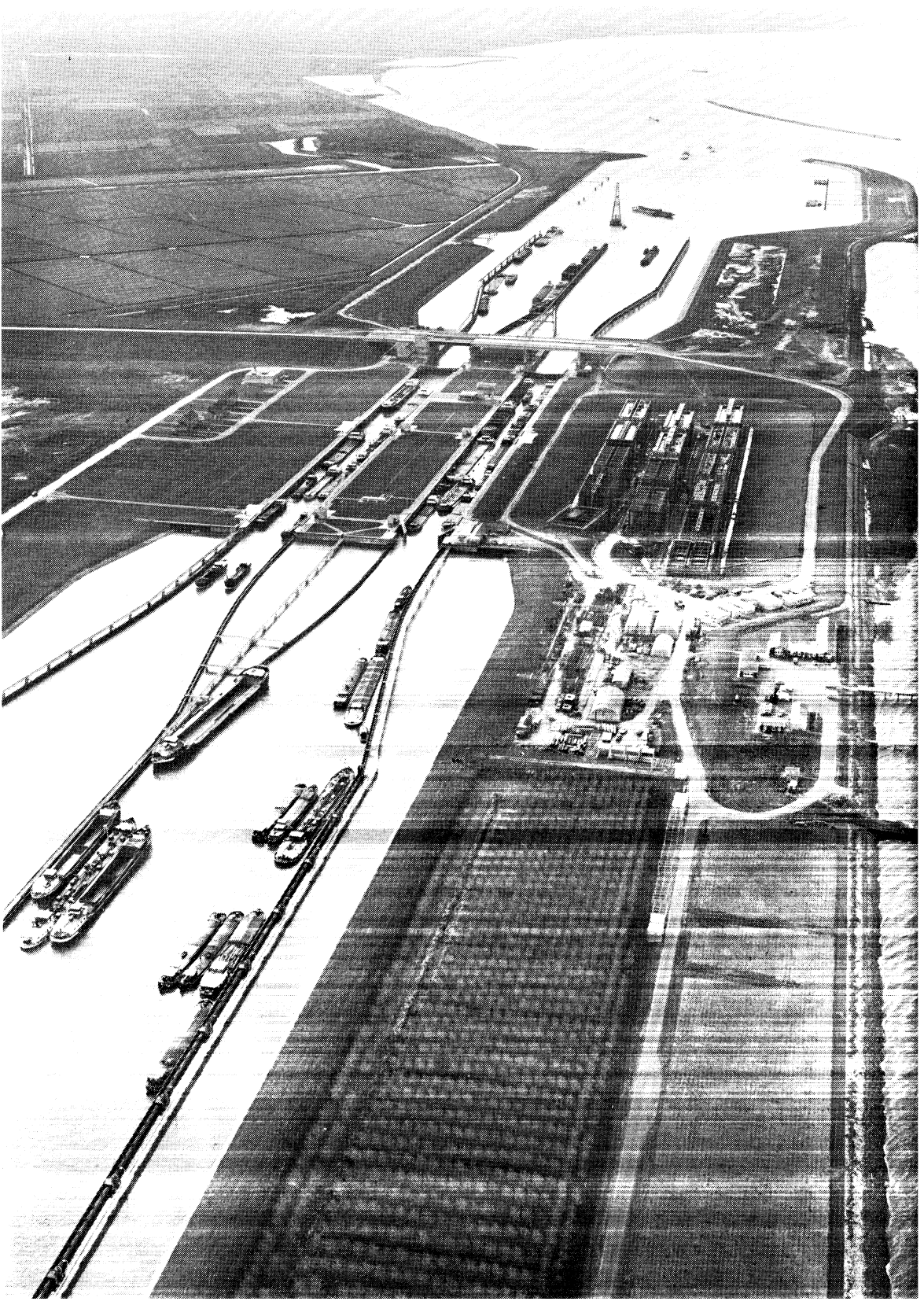
Verlenging van het damvak op de Middelplaat

In de verslagperiode kwamen de asfaltglooiingen gereed en werd het oppervlak van het werkplateau met cement gestabiliseerd.
Het werk werd daarna op 21 december 1967 voor de eerste maal opgeleverd.
Voortgegaan werd met het in depot opslaan van stortsteen en rijshout.

Bodembescherming in de zuidelijke stroomgeul

Het aanbrengen van deze bodembescherming is over verscheidene jaren verdeeld. Het voor 1967 geplande gedeelte kwam in de verslagperiode gereed. Een vlak voor de Schouwense oever gelegen oude bestorting, die reeds eerder tot een diepte van N.A.P. – 20 m werd weggebaggerd, werd ter plaatse van de te maken bodembescherming nog verder verwijderd tot een diepte van N.A.P. – 24 m.

Het voltooide schutsluizencomplex in het Volkerak



Dok voor de bouw van doorlaatcaissons bij Nieuw Bommenede

De grondwerken zijn vrijwel voltooid. De betonglooiingen zijn aangebracht, terwijl met het zetten van de koperslakblokken en het afstorten van de kraagstukken werd voortgegaan. Een begin is gemaakt met het aanbrengen van de wegverhardingen rondom de bouwput en op de open afritten.

Oosterschelde

Werkhaven Schelphoek

Het baggerwerk voor het op diepte brengen van de haven vordert gestadig. Buiten de havenkom begon in november de cutterzuiger 'Adamas' met het op diepte brengen van de toegangsgeul. Bij dit werk trad enige stagnatie op.
Langs de havendammen werden praktisch alle kraagstukken aangebracht en op de glooiingen konden alle beton - en koperslakblokken worden geplaatst. De schermdam aan de zuidzijde van de havenkom kwam gereed; hierin werd ruim 29 000 ton stortsteen in depot opgeslagen. Ook werd rond 100 000 ton grof maasgrind aangevoerd en in het midden van de havenkom in een onderwaterdepot opgeslagen. In november werden de win- en de bakkenzuigers afgevoerd.
De westelijke havendam kwam gereed; hij is geheel met klei afgedekt. Het haventerrein werd voor een groot gedeelte met hoogovenslakken afgedekt en ingewalst.
In december werd een aanvang gemaakt met het heien van de houten palen vóór de westelijke loswal en nabij de schermdam. Thans resteren nog als belangrijkste werkonderdelen het baggerwerk in de haven en in de toegangsgeul naar de zate, het baggeren van een put voor de vorming van een mijnsteendepot door de cutterzuiger 'Adamas' en het aanbrengen van asfaltbetonwegen op het haventerrein.

Oeververdediging van Noord-Beveland

Als voorbereiding voor de werkzaamheden die in 1968 uitgevoerd zullen worden, werd in december een proefbestorting met Engels zeegrind langs de Noordbevelandse oever uitgevoerd. In totaal werd ca. 6000 ton van dit materiaal door de sleepzuiger 'Solent' gestort.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Dijkverzwaring op het eiland Texel

De verhoging van de Eijerlandse zeedijk, waaraan in maart 1967 werd begonnen, is vroeger dan was geraamd in het laatste stadium van uitvoering gekomen. Het 1400 m lange nieuw aangelegde dijkgedeelte is geheel onder profiel gebracht. Thans is men bezig aan de kleibekledingen. De asfaltbekleding zowel op de hoogwaterkering als op de binnendijks gelegen weg zullen in het voorjaar van 1968 worden aangebracht.
De verhoging en verzwaring van de Zanddijk van 1938, oorspronkelijk een inlaagdijk, maar in 1954 tot hoofdwaterkering verheven, is op de kleibekleding na gereedgekomen. De vroegere duiker door deze dijk, die diende voor de afwatering van de polder 'Robbengat', zal door een hevelinstallatie van gewapend beton worden vervangen. De uitvoering van dat werk voor een bedrag van f 53 500 is gegund aan de hoofdaannemer.
De verhoging en verzwaring van de Zanddijk van 1956 tenslotte werd in juni van het afgelopen jaar gereed opgeleverd.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee



De uitwateringssluizen in de afsluitdijk van de Lauwerszee

De bekleding met klei van de verzwaarde zeedijk van de Anjumer- en Lioessenserpolder gaat gestadig door. De onderhoudsweg langs de binnenzijde van dit dijkvak is voltooid. Ook is een op deze onderhoudsweg aansluitende polderweg, die dient om de dijk onder alle omstandigheden te kunnen bereiken, onder meer dank zij een rijksbijdrage verbreed en verzwaard.

In verband met de Lauwerszeewerken wordt met een bijdrage van de provincie Friesland een secundaire weg aangelegd van het dorp Anjum langs het Banthuis in de Anjumer- en Lioessenserpolder en vervolgens over de droogvallende gronden ten noorden van deze polder naar de afsluitdijk van de Lauwerszee. De grondwerken voor het gedeelte Anjum-Banthuis zijn zojuist in uitvoering gekomen, evenals de aanleg van een tunnel voor plaatselijk verkeer benoorden Anjum. Buitendijks is in de verslagperiode een groot zanddepot opgespoten, waaraan het voor de uitvoering van deze weg benodigde zand kan worden ontleend.

Inmiddels zijn voor de sluiting zeven caissons geheel gereed gekomen. De overige negentien caissons verkeren in verschillende stadia van bewerking. Een deel van de filterconstructie in het sluitgat waarop de caissons zullen worden neergezet is reeds aangebracht.

De uitwateringssluizen en de schutsluis op het werkeiland zijn vrijwel gereed. Aan de mechanische en elektrische uitrusting wordt de laatste hand gelegd. Van het centrale dienstgebouw is de begane grond en daarmee een groot deel van het betonwerk thans voltooid.

Van de nieuwe sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen zijn de betonwerken thans nagenoeg volledig gereed. Het baggeren van het aansluitende kanaalvak aan de binnenzijde van de sluis vindt goede voortgang. Binnenkort zal een aanvang worden gemaakt met het maken van de bodembekledingen.

A. Deltawerken Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED–824	7 september 1967	Het maken van een damvak over de Plaat van Maltha en het aanbrengen van een stortsteendrempel en verdere voorzieningen in het sluitgat in het Volkerak in de gemeente Willemstad
DED–905	3 oktober 1967	Het verlengen van het damvak op de Middelplaat en het aanbrengen van een bodembezinking in de stroomgeul van het Brouwershavensche Gat, met bijkomende werken, onder de gemeenten Goedereede, Midden Schouwen en Brouwershaven
DED–909	22 augustus 1967	Het aansluiten op het elektriciteitsnet van de N.V. Elektriciteitsmaatschappij 'Goeree-Overflakkee' van het gemaal bij de Zuiderdiepboezem in de gemeente Dirksland
DED–911a	15 september 1967	Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst DED–911 voor het lossen en opschelven van rijsmaterialen in de omgeving van Willemstad
DED–912	10 augustus 1967	Het bouwen van een meetruimte in de Nablaligger nr. 8. van de spuisluis in het Haringvliet
DED–930	25 oktober 1967	Het vervaardigen en leveren van polypropeenmatten ten behoeve van de taludbekledingen en de kraagstukken in het Haringvliet
DED–931	28 september 1967	Het maken van de onderbouw van de kabelbaan over het sluitgat 'Rak van Scheelhoek' van de Haringvlietdam, met bijkomende werken, onder de gemeente Hellevoetsluis
DED–932	25 oktober 1967	Het leveren van matten met een basaltsteenwolvulling voor het maken van zinkstukken in het sluitgat in het Volkerak
DED–940	28 september 1967	Het leveren van mijnsteen ten behoeve van de afsluiting van het Volkerak te Willemstad
DED–941	5 september 1967	Huur en verhuur van een terrein met een loods en een helling met toebehoren in de gemeente Schiedam
DED–942	25 oktober 1967	Het vervaardigen en leveren van polypropeen weefsel t.b.v. de stortebedden in het Haringvliet
DED–946	16 oktober 1967	Het lossen, laden, vervoeren en opslaan van stortsteen en grind in de werkhaven te Hellevoetsluis of in de binnenhaven te Stellendam
DED–949	2 oktober 1967	Het leveren van polypropeenweefsel t.b.v. de stortebedden in het Haringvliet
DED–950	22 november 1967	Het leveren en aanbrengen van een elektrische verlichting op het haventerrein en de aanlegsteigers van de vissershaven nabij de schutsluis in het Haringvliet in de gemeente Goedereede
DED–957	2 november 1967	Het maken en plaatsen van twee stuks opzetstukken van voorgespannen beton op elk der drie rivierpijlers voor de pylonen van de kabelbaan in het Haringvliet in de gemeente Hellevoetsluis
DED–958	22 november 1967	Het maken en het leveren van een aluminium motorvlet met toebehoren
DED–959	4 oktober 1967	Het vervaardigen en het leveren van een onderstuk van een meetpaal
DED–960	5 oktober 1967	Het herstellen van de meetpaal BG.II
DED–961	27 september 1967	Het verrichten van werkzaamheden voor het onderzoek van grondmonsters
DED–962	7 november 1967	Het vervaardigen en plaatsen van een richtingbaken in het Hollandsch Diep en vaste punten in het Hellegat ten behoeve van de werken tot afsluiting van het Volkerak in de gemeente Willemstad
DED–965	2 augustus 1967	Het leveren van rijsmaterialen t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED–966	24 juli 1967	Het leveren van rijsmaterialen t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED–967	31 juli 1967	Het leveren van rijsmaterialen t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED–968	15 november 1967	Het leveren en opslaan van grof grind ten behoeve van de oevervoorzieningen aan de Noordbevelandse oever

Deltawerken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemers
f 13 863 593,—	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
f 4 351 265,—	N.V. Aanneming Mij. 'Dijksbouw' te 's-Gravenhage
f 17 000,—	N.V. Elektriciteitsmaatschappij 'Goeree-Overflakkee' te Middelharnis
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
f 32 057,—	N.V. 'Nestum' te Amsterdam
eenheidsprijzen	N.V. Rietindustrie 'Gouderak' te Gouderak
f 795 100,—	N.V. 'Nestum II' te 's-Gravenhage
eenheidsprijzen	N.V. Rietindustrie 'Gouderak' te Gouderak
eenheidsprijzen	Utroma N.V. te Arnhem
f 630,— p.mnd.	Fa. Gebr. Osterholt te Schiedam
eenheidsprijzen	N.V. Zakkencentrale te Schiedam
915 195,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
eenheidsprijzen	Nicolon N.V. te Enschede
f 18 260,—	N.V. Elektriciteitsmaatschappij 'Goeree-Overflakkee' te Middelharnis
f 796 713,—	'Combinatie Oosterschelde' te Beverwijk
f 37 500,—	Verhoef Aluminium Scheepsbouwindustrie en Metaalwarenfabriek N.V. te Aalsmeer
f 13 565,—	Havehasta Fabrieken N.V. te Stadskanaal
f 40 800,—	'Hellevoet' Scheepsreparatiebedrijf te Hellevoetsluis
verrekenprijzen	Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek
f 176 135,—	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
eenheidsprijzen	Fa. Gebr. Dubbelman Bzn. te Lage Zwaluwe
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. v. Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. A. J. van Loon te Drimmelen
eenheidsprijzen	N.V. Utroma te Arnhem

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED–969	19 september 1967	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED–970	4 september 1967	idem
DED–971	1 september 1967	idem
DED–972	4 september 1967	idem
DED–973	1 september 1967	idem
DED–974	4 september 1967	idem
DED–975	8 september 1967	idem
DED–976	15 september 1967	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED–977	20 september 1967	idem
DED–978	15 september 1967	idem
DED–979	18 september 1967	idem
DED–980	25 september 1967	idem
DED–981	14 september 1967	idem
DED–982	21 september 1967	idem
DED–983	15 september 1967	idem
DED–984	20 september 1967	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED–985	21 september 1967	idem
DED–986	12 oktober 1967	idem
DED–987	25 september 1967	idem
DED–989	25 september 1967	Het verrichten van water- en chloorwaarnemingen en het opnemen van de urenteller bij het gemaal de Prunje op Schouwen
DED–990	28 september 1967	Het leveren, lossen en opschelven van rijsmaterialen met bijkomende werken nabij de werkhaven te Willemstad
DED–991	25 september 1967	idem
BR–4058	—	Het transporteren van twee haspels met staaldraadkabels van de Grevelingendam naar Bourg en Bresse
BR–4112	—	Het leveren van 80 stuks wielassen en 8 stalen hijskabels t.b.v. de kabelbaan in het Haringvliet nabij Hellevoetsluis
BR–4115	14 juni 1967	Het vervaardigen en het leveren van 28 stuks elektrisch bewogen lierwerken c.a. ten behoeve van de doorlaatcaissons in het Volkerak
BR–4137	19 juli 1967	Het vervaardigen en het leveren van modulair gietijzeren schuifbolders ten behoeve van de doorlaatcaissons in het Volkerak
BR–4168	4 september 1967	Het vervaardigen en het leveren van rubber afdichtingsramen ten behoeve van de doorlaatcaissons in het Volkerak
BR–4198	12 september 1967	Het vervaardigen en het leveren van constructiestaal ten behoeve van de houten drijfschotten van de doorlaatcaissons in het Volkerak
BR–4208	18 september 1967	Het vervaardigen en het leveren van een ponton met loopbruggen c.a. ten behoeve van de inrichting van een werkhaven aan de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat
BR–4225	14 september 1967	Het vervaardigen en het leveren van bouten, moeren, duboringen en hellingplaten ten behoeve van de doorlaatcaissons in het Volkerak
BR–4230	14 september 1967	Het vervaardigen en het leveren van stalen afdekplaten met omrandingen, ladders, stijlen voor vangrails enz. ten behoeve van de uitwateringssluis in het Zuiderdiep
BR–4268	22 september 1967	Het vervaardigen van de drijfschotten voor de doorlaatcaissons in het Volkerak
BR–4269	20 september 1967	Het laden en het transporteren van de drijfschotten voor de doorlaatcaissons in het Volkerak

Aannemingssom	Aannemers
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruiter C.V. te Hardinxveld-Giessendam
idem	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
idem	Fa. Gebr. Hakkers te Werkendam
idem	Fa. Jan Visser Azn. te Werkendam
idem	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
idem	P. C. Klein te Willemstad
idem	G. J. Versluis te Lexmond
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
idem	Fa. Kraayeveld's Aannemings- en Handelsonderneming te Barendrecht
idem	Fa. A. J. van Loon te Drimmelen
idem	G. J. Versluis te Lexmond
idem	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
idem	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
idem	P. C. Klein te Willemstad
idem	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	Fa. Gebr. Hakkers te Werkendam
idem	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
idem	Fa. J. A. de Ruiter C.V. te Hardinxveld-Giessendam
idem	Fa. Gebr. Dubbelman Bzn. te Lage Zwaluwe
f 432,—	Mevr. N. Koster–van Splunder te Middenschouwen
eenheidsprijzen	J. S. van Kasteren te St. Michielsgestel
idem	P. C. Klein te Willemstad
f 30 575,—	N.V. v/h Firma Willem van Twist te Dordrecht
Fr.Fr. 30 664,—	Etablissements Neyrpic te Grenoble
f 230 896,—	Konstructiebedrijven Vossen N.V. te Kerkrade
f 26 716,—	Nederlandsche IJzergieterij 'Vulcanus' te Vaassen
f 76 320,—	Rubberfabriek Vredestein Loosduinen N.V. te Loosduinen
f 42 750,—	'Hazo' Constructie & Apparatenbouw te Geleen
f 20 358,50	N.V. Spoorijzer te Delft
f 11 930,15	Everts en van der Weijden N.V. Schroefboutenfabriek te Helmond
f 15 210,—	'Figee — Vlaardingen' N.V. te Vlaardingen
f 174 000,—	Aannemersbedrijf J. Braams te Velsen
f 26 000,—	G. Wijma en Zoon N.V. te Apeldoorn

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Bart Hofmeester 127 145 158 160

Han de Vries 154 163

Inhoud nr. 44

A. De werken van het Deltaplan

171 De meetdiensten in het Deltagebied

182 Automatische verwerking van peilgegevens

188 Het opruimen van de ringdijk in het Haringvliet

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

198 Gestrekt zinken

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

205 Verhogen en verzwaren van de zeedijk van de Hellegatpolder

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

208 Veranderingen van de zeebodem door de uitvoering van de Lauwerszeewerken

216 **Vorderingen**

De meetdiensten in het deltagebied

De Deltadienst staat voor de taak om in een aan de werking van het getij onderworpen estuarium met beweeglijke zandbodem waterbouwkundige werken van zeer grote omvang tot stand te brengen in zo kort mogelijke tijd, daarbij strevend naar de grootst mogelijke beperking van de noodzakelijke risico's. De risico's vloeien voornamelijk voort uit de grote omvang van de werken, die steeds weer noopt tot extrapolatie van de tot nu toe opgedane ervaring en kennis tot ver buiten het gebied waarin de geldigheid en de betrouwbaarheid ervan konden worden bewezen. Vanwege de onontkoombare extrapolatie is het noodzakelijk gebleken eerst de kleinere werken uit te voeren, en gaandeweg steeds grotere afsluitingen ter hand te nemen, zodat bij elk volgend werk de extrapolatie ten opzichte van het vorige slechts beperkt behoefde te zijn.
Het tot stand brengen van de werken omvat de voorbereiding, het ontwerp en de uitvoering. In de eerste plaats moet een uitgebreide en nauwkeurige terreinverkenning plaatsvinden, waarbij het vooral gaat om de afmetingen en ligging van geulen en banken, en om de wijzigingen die zich daarin voordoen. Voor het opzetten van het ontwerp is het nodig dat men kan beschikken over hydraulische ervaring, in het bijzonder op het gebied van de getijbeweging, zodat men in staat is, zich de belangrijkste waterloopkundige consequenties van de in aanmerking komende oplossingen duidelijk voor ogen te stellen. Ten behoeve van getijberekeningen en getijstudies moet een uitgebreid programma van waterloopkundige waarnemingen, dus van waterstanden, waterdiepten, stroomsnelheden en stroomrichtingen, in het Deltagebied worden uitgevoerd. Voor de bewerking van de verzamelde gegevens kan de Deltadienst beschikken over een elektrische analogon-rekenmachine en een snelle digitale rekenmachine van de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging. Daarnaast dient, onder meer om de werkbaarheid tijdens de uitvoering te bepalen, een nauwkeurige studie te worden gemaakt en vele waarnemingen te worden verricht met betrekking tot de golfbeweging. Er worden voorts metingen verricht inzake het zandtransport door stroom en golven, om met behulp daarvan inzicht te verkrijgen in het mogelijk verloop van de kustlijn na de afsluiting der zeegaten. Deze waarnemingen en berekeningen zijn behalve voor de afsluitingswerken ook nodig om de richtlijnen te verschaffen aan de hand waarvan bijvoorbeeld straks onder alle mogelijke combinaties van omstandigheden met de Haringvlietsluizen moet worden gemanipuleerd. Zij bevatten tevens de gegevens voor de bestudering en de behartiging van de belangen van de waterhuishouding. Alleen al het belangrijke vraagstuk van de

verzilting maakt een groot aantal waarnemingen nodig, in de eerste plaats met betrekking tot het chloorgehalte van het rivierwater, doch ook van het grondwater.
Naast het waterloopkundig onderzoek is ook een nauwkeurig onderzoek van de bodemgesteldheid in het gebied van de afsluiting noodzakelijk. De daarbij te verzamelen gegevens zijn onder meer nodig om het mechanisme en de omvang van de tijdens de sluitingsoperatie te verwachten erosie te bepalen. Om een verantwoord plan te kunnen maken voor een afsluiting moet men de nodige kennis bezitten van de ondergrond, teneinde het gedrag ervan onder toenemende druk te kunnen voorspellen. Kennis van de grondwaterspanningen is hiertoe een eerste vereiste.
Het spreekt wel vanzelf dat bij de werken in ruime mate gebruik wordt gemaakt van hydraulische modellen, waarin onder andere de plaats, de vorm en de wijze van uitvoering van een sluiting worden onderzocht. Om het model aan de werkelijkheid te laten beantwoorden is ook weer een groot aantal metingen en waarnemingen in de natuur nodig. Al deze metingen en waarnemingen worden uitgevoerd door de meetdiensten van de Deltadienst.
Met de Stichting Waterbouwkundig Laboratorium bestaat nauwe samenwerking betreffende de hydraulische modellen (Waterloopkundig Laboratorium) en het grondmechanisch onderzoek (Laboratorium voor Grondmechanica).

Organisatie

De uitgestrektheid van het Deltagebied noopte ertoe om binnen de Deltadienst de voorbereiding, het ontwerp en de uitvoering van de afsluitingswerken te verdelen over twee afdelingen: Noord en Zuid. Om dezelfde redenen en ter bevordering van een nauwe samenwerking met de uitvoerende diensten werd de meetdienst, die belast is met de uitvoering van peilingen en metingen, net zo in tweeën gesplitst.
De twee diensten zijn ondergebracht respectievelijk te Hellevoetsluis en te Zierikzee.
De werkgebieden van de twee meetdiensten vertonen onderling karakteristieke verschillen. Binnen het werkgebied van de meetdienst te Hellevoetsluis zijn de benedenrivieren minder breed – nooit meer dan 4 km – en minder diep. Het tijverschil voor de kust is hier kleiner dan meer naar het zuiden, zodat in de diepere geulen minder frequent grote snelheden optreden. De uitstroming van het Rijnwater via de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet schept een afzonderlijke problematiek. Daardoor kunnen namelijk de stroomsnelheden belangrijk worden vergroot, met het gevolg dat gedurende het getij grote verschillen voorkomen in het chloorgehalte van het water tussen oppervlak en bodem. Deze zoet- en zoutwaterverschillen treden niet alleen op in het mondingsgebied van het Haringvliet, maar ook in het Volkerak. Chloorgehalteverschillen bemoeilijken de reproductie van metingen op modelschaal in waterloopkundige modellen. Het meten van het chloor- en slibgehalte van het water in het noordelijke meetgebied vormt een wezenlijk onderdeel van de taak van de meetdienst te Hellevoetsluis, die in verband met deze taak over een laboratorium beschikt.
De zeearmen in het werkgebied van de meetdienst te Zierikzee zijn 4 tot 8 km breed; hierin komen uitgestrekte zandplaten en slikken voor. In de mond ervan vindt men over grote lengten diepe tot zeer diepe stroomgeulen, waarin tot op grote diepte aanzienlijke stroomsnelheden kunnen optreden. In dit gebied speelt de problematiek van de zout- en zoetwaterbeweging slechts een ondergeschikte rol. De slibbelasting is gering, hetgeen zich uit in de opvallende helderheid van het water. Bij de meetdienst in Zierikzee is een afzonderlijke boordienst ondergebracht, die haar werkzaamheden verricht in het hele

Deltagebied. Monsters van de grondboringen worden onderzocht in het laboratorium te Hellevoetsluis.
De meetdiensten in het Deltagebied hebben elk ruim 100 personeelsleden, onder leiding van een hoofdingenieur.
Voor de uitvoering van peilingen en metingen worden als regel rijksvaartuigen gebruikt. De meetdiensten beschikken elk over een aantal vaartuigen van het type motorvlet, alsook over enkele boten voor meer speciale doeleinden: een kotter voor de uitvoering van metingen en lodingen buiten de kust, een aluminium peilvlet voor gebruik in ondiep water, een pontonniersvlet voor peilingen in de brandingszones, en enkele roeiboten voor het transport van personeel en materieel naar platen en slikken. Het totale vaartuigenpark bestaat uit 22 motorvaartuigen van uiteenlopende grootte.
Voor het peilen is ruim de helft van de motorvaartuigen uitgerust met een registrerend echolood in semi-permanente opstelling. Nagenoeg alle zijn voorzien van davits en lieren. Met een davit kunnen meetinstrumenten buiten boord worden gebracht, terwijl een lier ervoor zorgt dat de instrumenten op elke gewenste meetdiepte tussen wateroppervlak en bodem kunnen worden gehangen. Slechts op een paar vaartuigen zijn vaste davitopstellingen met elektrische lierbediening aanwezig; op de meeste schepen moet de lier met de hand worden bediend. Aangezien niet alle schepen even groot zijn en even goed uitgerust, wordt bij een meting aan elk schip een taak toegewezen in overeenstemming met zijn accomodatie, aantal davits en zeewaardigheid. Meestal slagen de meetdiensten erin de hun opgedragen metingen uit te voeren met hun eigen materieel. In enkele gevallen wordt bij een zusterdienst om assistentie met vaartuigen, personeel en instrumenten aangeklopt, en ook worden er wel vaartuigen bijgehuurd. Grote metingen vereisen de aanwezigheid van een verbindingsvaartuig; bij meting in een uitgestrekt gebied zijn zelfs twee of drie verbindingsvaartuigen gewenst, voor de meetleider en voor het beschikbaar houden van reserve instrumenten. Voor het transport van personeel en meetinstrumenten beschikt elke meetdienst over een paar auto's.
Een meetvaartuig kan men omschrijven als een veelzijdige, mobiele meetopstelling. Maar de beweeglijkheid van het vaartuig is in zekere zin ook een nadeel: ze beperkt de werkbaarheid. Met name de golfbeweging, de scheepvaart en de temperatuur stellen grenzen aan de werkbaarheid met vaartuigen voor het peilen en meten.
De golven mogen bij een snelheidsmeting niet hoger zijn dan 30 cm, en bij een loding niet hoger dan 50 cm. Niet de veiligheid van het meetvaartuig, maar de nauwkeurigheid van de peiling of meting staat hier op het spel. Op druk vaarwater kan alleen worden gewerkt na het treffen van een aantal veiligheidsmaatregelen, zoals het verankeren der schepen op kettingen, waardoor ze in noodgevallen snel kunnen uitwijken. Ook dient een waarschuwing aan de scheepvaart uit te gaan. Metingen op drukke vaarwaters worden dan ook meestal uitgevoerd tijdens het weekeinde, aangezien het scheepvaartverkeer dan aanzienlijk minder druk is. Wanneer de temperatuur daalt tot bij het vriespunt, kunnen er geen lodingen of metingen meer worden uitgevoerd, daar de gevoeligheid der meetinstrumenten daarvan te lijden heeft. Bovendien worden de dekken der schepen door ijsafzetting levensgevaarlijk.
Bij lodingen is men niet afhankelijk van de duur van het getij, zodat men de werkperiode zelf kan kiezen; maar aangezien metingen bij voorkeur gedurende een heel getij worden voortgezet, worden van het personeel lange werktijden en veel inspanning gevraagd, zeker als men bedenkt dat er veelal een grote afstand ligt tussen haven en meetgebied, niet zelden twee uur varens. Werktijden van 15 à 17 uur zijn regel, en derhalve kan men zelfs bij aanhoudend gunstige weersomstandigheden per week niet meer dan twee of drie metingen van enige omvang uitvoeren.



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

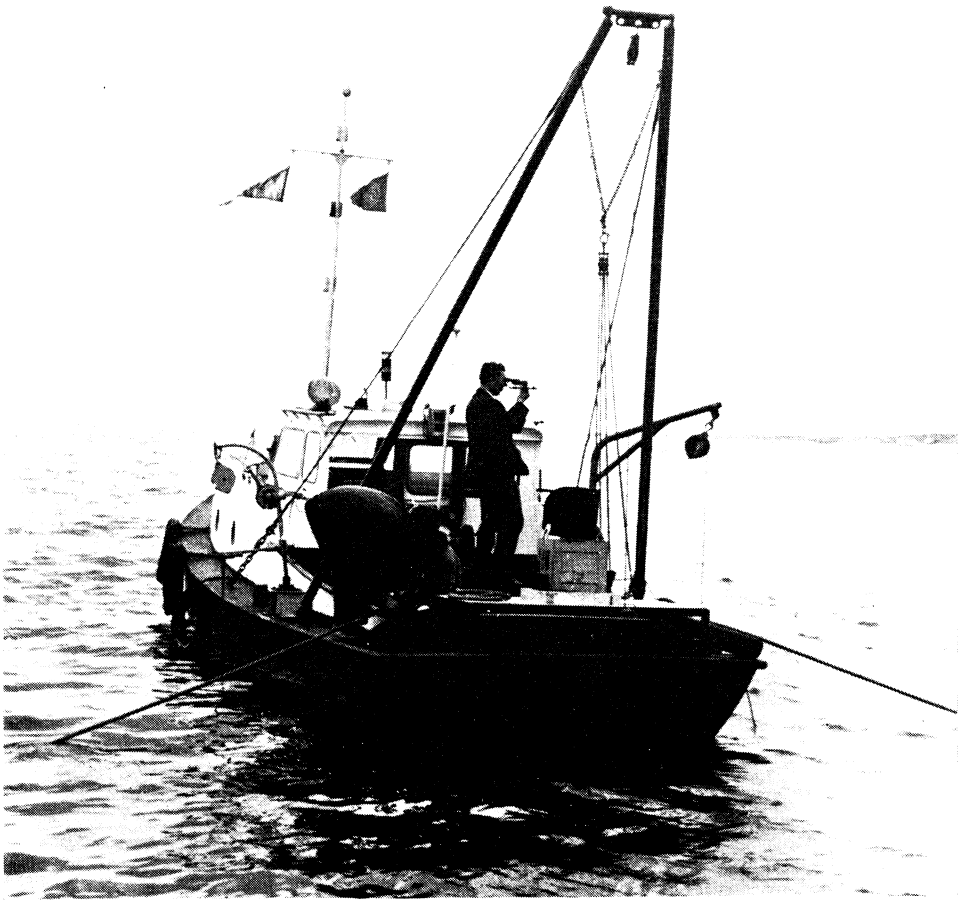
Werkwijze

Waterpassen en peilen is op zichzelf eenvoudig werk; de plaatsbepaling is een punt van voortdurende zorg, omdat hierbij grote nauwkeurigheid vereist is. De kundigheid van de schipper om in de raai te blijven varen, dwars op stroom, is een belangrijke voorwaarde. Elke waterpasploeg en ieder peilvaartuig treedt als een zelfstandige eenheid op. Een goede planning is vereist van het geheel van deze werkzaamheden, waarbij de samenhang der werkgebieden en de kans op onwerkbaarheid erin, in het oog moeten worden gehouden.
De uitvoering van een gecombineerde snelheids-, zout- en slibmeting vereist, vooral als het een grote is, waaraan tien tot vijfentwintig boten deelnemen, een veel uitgebreidere voorbereiding en organisatie.
De vaststelling van een meetdatum en van een uitwijkdatum voor het geval de weersomstandigheden de meting onmogelijk maken op de oorspronkelijk vastgestelde dag, geschiedt met behulp van een getijtafel. In de wintermaanden spelen de tijden van op-

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

komst en ondergang van de zon een belangrijke rol, omdat metingen bij duisternis vaak gevaarlijke situaties voor schepen en bemanning opleveren. Een meting wordt bij voorbaat begonnen rond het tijdstip van de stroomkentering, zodat het voor anker leggen van de schepen vlak voor de operatie geen moeilijkheden oplevert.
Hoe een meting wordt opgezet, wordt bepaald door het doel waartoe ze moet dienen en de overwegingen die tot de aanvraag hebben geleid. Tegen deze achtergrond worden, aan de hand van de meest recente peilkaarten van het gebied, de meetraaien gekozen, alsmede de plaats en het aantal van de visueel af te lezen peilschalen. Slechts in een enkel geval kan worden volstaan met de gegevens van de beschikbare vaste registrerende peilschalen.
Het eerste werk buiten vormt de plaatsing van peilschalen en het overbrengen daarop van het N.A.P.-peil. Gelijktijdig peilt men het bodemprofiel volgens de meetraaien. De vorm van deze bodemprofielen, namelijk de er eventueel in voorkomende grote verschillen in diepte en de steilte der onderwatertaluds, zijn bepalend voor het aantal en de plaatsing der meetpunten in elke raai. Naar rato van de bodemdiepte worden voor elk meetpunt de meetdiepten tussen wateroppervlak en bodem vastgesteld. Deze maatregelen dienen om de uitvoering van een meting in een vertikaal heen en terug op dezelfde diepten binnen een half uur mogelijk te maken; gezien de snel wisselende stroomsnelheden in het Deltagebied mag die tijdsduur onder geen beding langer zijn, wil de vertikaal nog als momentopname kunnen gelden. De aldus gekozen positie van elk meetpunt wordt op kantoor in Decca-coördinaten bepaald of met behulp van berekende hoeken gerelateerd aan vaste punten op de wal. Meteen bij het begin van de meting kan elk vaartuig dan zijn plaats opzoeken.
Een dag of tien voor de meting plaatsvindt gaat zo nodig een waarschuwing aan de scheepvaart uit. Voor het geven van aanwijzingen aan de scheepvaart kan de assistentie van een haven- of riviermeester, en zelfs de hulp van een radarpost noodzakelijk zijn. Hiertoe moeten tijdig de nodige afspraken worden gemaakt. De seinvoering aan boord van de tijdens de meting ten anker liggende schepen dient van te voren te worden geregeld.
Elk vaartuig wordt bemand met een meetploeg onder leiding van een ploegleider. Enkele personen worden als reserve aangewezen voor het geval er op het laatste moment iemand uitvalt.

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





Een Ott-stroomsnelheidsmeter wordt over boord gezet

Het doel van de meting geeft aanwijzingen voor de te meten grootheden, zoals stroomsnelheid, stroomrichting en chloorgehalte. Op grond hiervan wordt bepaald welke meetinstrumenten zullen worden gebruikt. Aangezien de praktijk leert dat gedurende de uitvoering storingen in de apparatuur kunnen optreden, dient ieder vaartuig bij voorkeur een tweede exemplaar van elk der te gebruiken instrumenten aan boord te hebben. Het contact onderling en zo nodig met de vaste wal moet door het meenemen van mobilofoon- of marifooninstallaties of van portofoons worden gegarandeerd.
Voor de opzet van een meting is dus behalve meettechnische ervaring ook een uitgebreide lokale bekendheid vereist.
Inmiddels wordt het meetgebied, met meetraaien en meetpunten, in tekening gebracht. In een afzonderlijke schets wordt de plaats van elk meetpunt met Decca-coördinaten of berekende hoeken ten opzichte van de vaste wal ingetekend, en de naam van het vaartuig vermeld dat dit meetpunt voor zijn rekening neemt.
Behalve het doel van de meting en het meetprogramma wordt de indeling van alle meetploegen, de seinvoering, de verbindingen en dergelijke, in een 'draaiboek' vastgelegd. Op de dag die aan de meting voorafgaat krijgt elke ploegleider een exemplaar van dit draaiboek, plus de nodige meetformulieren. Op deze wijze kan men er zeker van zijn dat tijdens de meting iedereen nauwkeurig op de hoogte is van hetgeen van hem wordt verwacht.
Naarmate met meer instrumenten en meer schepen wordt gewerkt, zal de oogst aan gegegevens groter zijn. De uitwerking ervan tot voor het gestelde doel bruikbare resultaten en het in tekening brengen ervan vergt veel tijd. Bij grote metingen kan er zelfs een aantal maanden voor nodig zijn, maar een week tot tien dagen is wel het minste waar men op moet rekenen. Een reden hiervan kan zijn, dat in de uitwerkperiode doorgaans al weer andere metingen moeten worden voorbereid en uitgevoerd.
De werkzaamheden van de meetdiensten in het Deltagebied dragen een operationeel karakter: peilingen en metingen moeten frequent worden uitgevoerd, en de resultaten dienen snel ter beschikking te komen, teneinde met behulp daarvan een slagvaardig beleid te kunnen voeren bij voorbereiding, bouw en bewaking van de werken. Zoveel mogelijk zullen de meetdiensten dan ook hun methoden voor het uitwerken van de gegevens standaardiseren.
Het is niet mogelijk vanaf schepen of meetopstellingen aan de wal alle facetten van de

waterbeweging op ieder willekeurig punt in de brede benedenrivieren en zeearmen van het Deltagebied te meten. Met name het verloop van de waterstand gedurende het getij en de golfbeweging kunnen op deze manier niet adequaat worden waargenomen. Bij het meten van de golfbeweging gaat het vooral om het verkrijgen van gegevens omtrent de hoogste golven, die, bij gezamenlijk optreden met een hoge waterstand, de grootste bedreiging vormen voor de waterkeringen aan de kust.
Voor het meten van deze waterbewegingen komen twee soorten meetopstellingen in aanmerking: de vaste en de drijvend verankerde.
Ten opzichte van een verankerde opstelling heeft de vaste opstelling, dus op een paal of vakwerkstelling, het bezwaar dat hij duurder is, en bij grote waterdiepten zelfs onredelijk duur. De verankerde opstelling kan goedkoper geplaatst worden, waarbij de waterdiepte de kosten niet tezeer beïnvloedt, en is zeer gemakkelijk te verhalen. Beide soorten meetopstellingen moeten voor de scheepvaart met lichten worden gemarkeerd.
Aan deze meetopstellingen worden registrerende instrumenten bevestigd, die dienen voorzien te zijn van een energiebron waardoor ze lange tijd onafgebroken – of, al naar de opdracht van het instrument luidt, zogenaamd onderbroken continu – achtereen kunnen werken. De vaste meetopstelling is kwetsbaar voor golfaanval en ijsgang, terwijl de verankerde opstelling in het bijzonder gevoelig is voor stroom. Aan een vaste meetopstelling kan het registrerend gedeelte van het instrument hoog boven water worden bevestigd, maar wanneer men een instrument verankert, moet het registrerend gedeelte zo goed mogelijk schokvrij in het waterdichte meetlichaam opgenomen zijn.
Enkele van de instrumenten die voor deze metingen en registraties werden ontwikkeld, zijn de golfamplitudeschrijver, de elektrische stappenbaak en de getijschrijver.
Voor operationeel gebruik heeft men aan de langdurige registraties van deze meetinstrumenten nog niet veel wanneer ze pas ter beschikking komen na afloop van de meetperiode op zee. Liever zou men meteen over de opgenomen gegevens beschikken. Het onderzoek naar mogelijkheden in deze richting is de laatste jaren met succes bekroond. De momentane gegevens die de elektrische stappenbaak verzamelt over het verloop van het getij en de golfhoogte worden thans vanaf een vaste meetopstelling radiografisch naar de vaste wal overgeseind om daar te worden geregistreerd.
Sinds kort is een drijvende en verankerbare golfhoogtemeter voor continue meting operationeel geworden; ook dit instrument zendt zijn gegevens radiografisch naar de wal. Voor een beschrijving van de hier genoemde registrerende meetinstrumenten wordt verwezen naar Driemaandelijks Bericht nr. 36 (mei 1966).
De grote hoeveelheid meetgegevens die deze instrumenten produceren levert echter bij de uitwerking problemen op. Pas de komst van de computer redde de meetdiensten van een dreigende fatale tijdnood. Ter bewerking door een computer moeten de gegevens echter wel in een daartoe geschikte vorm, hetzij op een pons- of een magneetband, worden vastgelegd. Het is nu mogelijk gebleken, de gegevens van de elektrische stappenbaak voor onmiddellijk gebruik in geschreven vorm, en tegelijk voor latere bewerking door een computer ten behoeve van studiedoeleinden in geponste vorm te verkrijgen.
De hier geschetste ontwikkeling is inmiddels ook niet voorbijgegaan aan de meetinstrumenten waarmee men vanouds vanaf schepen metingen verrichtte. Het veelzijdige, mobiele, maar al te beweeglijke meetstation dat een schip is, kan niet in alle opzichten de ideale verzamelaar van meetgegevens worden genoemd. Met name de golfbeweging beperkt de werkbaarheid vanaf vaartuigen. Hoe verder men zeewaarts komt, hoe minder werkbare dagen er overblijven: in de periode 1957–1965 bedroeg het percentage van de tijd, dat de kritieke golfhoogte van 30 cm voor metingen niet werd overschreden, jaarlijks te Willemstad 97%, bij de bouwput voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet

80% en op de Maasvlakte 30%. Ook voor het meten van grootheden zoals stroomsnelheid en -richting, en chloorgehalte, die men vroeger bepaalde met een instrument dat vanaf een schip te water werd gelaten, zijn registrerende apparaten in gebruik gekomen. Het toekomstig eindstadium zal ook hier de presentatie zijn der resultaten in een voor computers bruikbare vorm.
Bij het peilwerk ziet men dezelfde ontwikkeling. Aangezien de meetdiensten in het Deltagebied jaarlijks meer dan 10 000 km – een kwart van de aardomtrek – raaien peilen, werd mechanische verwerking van de peilgegevens een dringende behoefte. Voor een beschrijving van het ontwikkelingswerk dat dienaangaande wordt verricht, verwijzen wij naar het artikel 'Automatische verwerking van peilgegevens' in dit nummer.

Overzicht van het instrumentarium

Lodingen werden vroeger met een slaggaard of handlood uit de hand verricht. Nog wordt de slaggaard in brandingszones en dergelijke gebruikt, maar het werk ermee is zeer tijdrovend. Al in 1937 kwam het registrerend echolood in gebruik. In de loop der jaren is aan dit instrument nog veel verbeterd. Bovendien zijn op basis van hetzelfde principe – de voortplantingssnelheid van ultra-sonore geluidsgolven – uit dit toestel weer andere meetinstrumenten als transit sonar en golfhoogtemeter ontwikkeld. Met het echolood kan de bodemligging snel volgens vooraf uitgezette raaien worden opgenomen. Het maximale rendement van het toestel werd pas verkregen toen een radiografisch plaatsbepalingssysteem in het Deltagebied was ingemeten. Voor een beschrijving van deze 'Decca-chain' wordt verwezen naar de nrs. 5 en 7 (augustus 1958 en februari 1959) van het Driemaandelijks Bericht. Een peilvlet die op Decca vaart haalt een driemaal zo grote produktie als een soortgelijk vaartuig dat zich niet op de radiobakens kan oriënteren. De opnamecapaciteit wordt thans bepaald door de snelheid van het vaartuig.
Voor het waterpassen van slikken en platen wordt nog wel gebruik gemaakt van de klassieke waterpastoestellen, waterpasbakken en meetbanden. Zoveel mogelijk wordt dit tijdrovende waterpaswerk echter vervangen door echoloodpeilingen bij hoog water.
Om de resultaten van het peilen – waarbij de bodemligging wordt bepaald ten opzichte van het wateroppervlak – te kunnen herleiden tot N.A.P. is het noodzakelijk het verloop van de waterstand gedurende het peilen te meten. Hiertoe wordt zowel gebruik gemaakt van visueel afleesbare peilschalen als van peilschrijverstations, waarvan er in het Deltagebied vele aanwezig zijn. In deze stations wordt de waterstand opgenomen door een mechanisch registrerende getijschrijver waarvan de werking berust op het vlotterprincipe. In vele peilgebieden kan worden volstaan met de gegevens van deze peilschrijvers, zonder dat van visueel af te lezen peilschalen gebruik hoeft te worden gemaakt; natuurlijk bespaart men hier mankracht mee.
Voorheen werden de golfhoogten op verschillende wijzen visueel gemeten. Afgezien van het feit dat dit moeizaam werk was, liet de nauwkeurigheid van de meetgegevens, vooral bij meting vanaf een vaartuig, te wensen over.
Na veel ontwikkelingswerk kwam omstreeks 1940 een mechanisch registrerende golfhoogtemeter in gebruik, thans bekend onder de naam golfamplitudeschrijver. De meetgegevens van dit instrument waren niet meteen aan de wal beschikbaar, maar behoudens dit operationele bezwaar heeft het instrument zeer waardevolle bijdragen geleverd voor de bepaling van de frequentie van het optreden van golfhoogten op één bepaalde plaats. De elektrische stappenbaak, die rond 1960 ter beschikking kwam, maakte het mogelijk om aan de vaste wal onmiddellijk gegevens te verkrijgen over de op bepaalde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

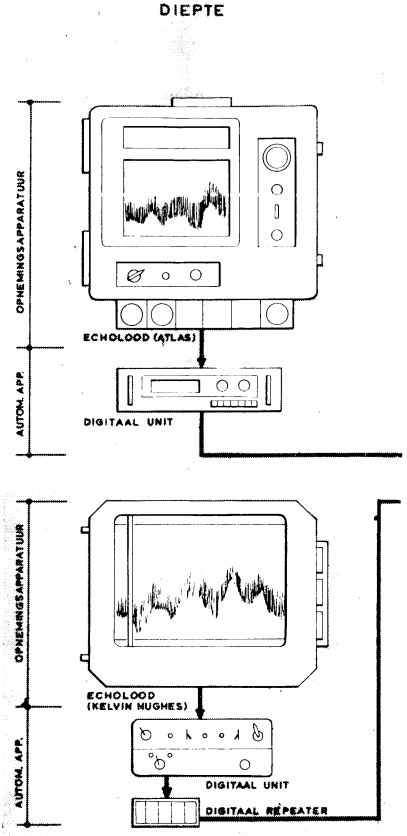
Automatische verwerking van peilgegevens

Bij de meetdiensten van de Rijkswaterstaat, die gezamenlijk per jaar 50 000 km – meer dan de aardomtrek! – aan raaien peilen, is na de oorlog een sterke behoefte ontstaan aan automatisering, niet alleen van de verwerking van peilgegevens, maar ook bij het opnemingswerk.
In het Driemaandelijks Bericht nr. 35 (februari 1966) werd reeds een beschouwing gegeven over de voorbereidingen die werden getroffen om te komen tot automatische verwerking en opneming van peilgegevens. Sindsdien is het automatiseringsproject verder uitgewerkt. In overleg tussen de Rijkswaterstaatsdiensten en de fabrikanten is proefapparatuur ontwikkeld, waarmee de meetresultaten aan boord van de opnemingsvaartuigen automatisch worden vastgelegd.
Deze apparatuur, afgeleverd in de periode van juni tot en met september 1967, is aan boord van een lodingsvlet gemonteerd voor het verrichten van proeven waaruit de deugdelijkheid der nieuwe instrumenten zou moeten komen vaststaan, en ook hun geschiktheid om bij alle soorten lodingswerk te worden ingeschakeld. Hoewel deze proeven nog niet beëindigd zijn is toch reeds een behoorlijk inzicht verkregen in de mogelijkheden.
De gegevens die bij het opnemingswerk worden verkregen, worden als regel vastgelegd in peilkaarten waarop de diepten ten opzichte van een bepaald vergelijkingsvlak, b.v. N.A.P., als functie van hun plaats staan weergegeven.
Aan boord van een peilvlet worden diepte-, plaats- en tijdsbepalingen verricht, terwijl van peilschalen gegevens over de waterstanden worden ingevoegd, en waar nodig nog later correcties worden aangebracht op de radioplaatsbepaling. De factor tijd is onmisbaar om bij de verwerking deze gegevens in hun juiste samenhang te kunnen brengen en ze te kunnen herleiden.
Bij de huidige methodes worden de gegevens als volgt verkregen. Het echolood geeft op papier een registratie van de diepte, waarop de waarnemer door merkstrepen de relatie met de plaatsbepalingen legt. De plaatsbepaling geschiedt met behulp van de radiosystemen zoals decca, hi-fix of radiolog, die hun meetresultaten respectievelijk op wijzerplaten en telwerken weergeven, terwijl het radiolog tevens de papiersnelheid van het echolood regelt en daarbij door automatisch aangebrachte merkstrepen de relatie met de plaatsbepalingen legt. Ook wordt de plaats wel bepaald met optische instrumenten zoals sextant en afstandmeter.
De waarnemer leest de tijd af op zijn horloge.

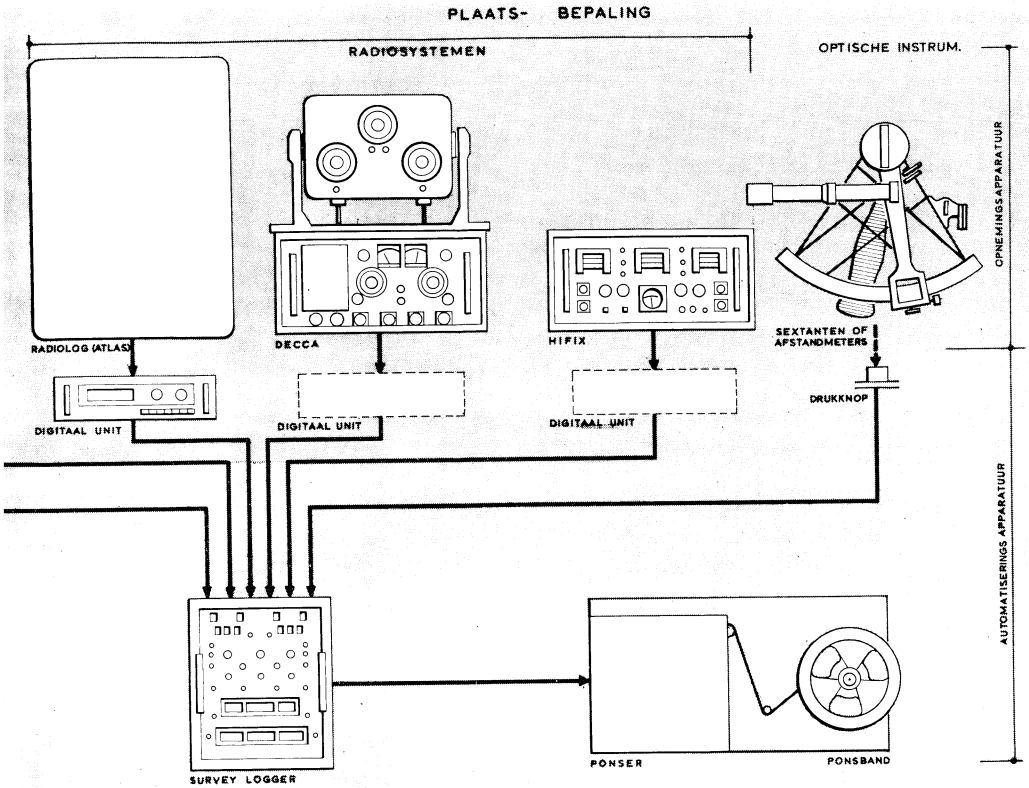
Het echolood en de radioplaatsbepalingssystemen verrichten hun metingen langs elektronische weg; de optische instrumenten en horloges moeten door waarnemers worden afgelezen.
Automatisering van de opneming houdt in, dat de tijdens de opneming verkregen meetgegevens langs automatische weg in een voor de computer geschikte vorm worden vastgelegd op een ponsband.
De boordapparatuur moet hiertoe worden uitgebreid en aangepast. Aan de hand van de figuur, waarop de algemene opzet in principe staat weergegeven, zal dit worden toegelicht. De meetsignalen van de elektronische meetapparaten, het echolood en het radioplaatsbepalingssysteem worden doorgegeven naar een afzonderlijke 'digitale eenheid' voor elk apparaat, en daar omgezet in een bepaalde getalcode, of, zoals men zegt, gedigitaliseerd.
Ter wille van de computer is de code gebaseerd op het tweetallig stelsel. Elk gedigitaliseerd signaal wordt bewaard in een elektronisch geheugen, dat zich in de betrokken digitale eenheid bevindt, tot het volgende meetsignaal komt; bij het echolood duurt dat ongeveer 1/10 sekonde; bij continue signalen zoals decca en hi-fix die uitzenden, wordt elke verandering van de meetwaarde als een nieuw gegeven beschouwd. Tussen de digitale eenheden en de ponser, die de ponsband vervaardigt, bevindt zich de 'survey logger'. Dit apparaat selecteert en regelt de stroom van meetgegevens uit de digitale eenheden volgens een vooraf opgesteld en ingebouwd programma.
Bij elk gegeven dat het doorstuurt voegt het een herkenningsteken in ter identificatie door de computer. De survey logger voegt bovendien gegevens in als tijd, de administratie- en serienummers in gedigitaliseerde vorm en voorziet ook die van bijbehorende identificatietekens. Tenslotte voegt de logger waar nodig een 'parity bit' in.

Een korte toelichting op enkele punten lijkt hier op zijn plaats.
Het ponsprogramma van de meetgegevens luidt als volgt: voor plaats en tijd wordt door decca of hi-fix 1 x per 5 sec. een gegeven geleverd. De radiolog meldt zich 1 x per 10 m of 5 m. Door optische plaatsbepaling wordt één serienummer per waarneming verkregen. De diepte wordt 2 x per sec. geregistreerd. Hiermede zijn dus de tussenpozen bepaald waarmee de logger de in de geheugens van de digitale eenheden tijdelijk neergelegde meetwaarden telkens opvraagt. De logger voorziet elk meetresultaat van een letter ter herkenning door de computer: a, b of ac of bc voor decca of hi-fixwaarden, d voor de diepte, h voor de tijd, l voor de afstand, m voor het serienummer. Elke lodingsraai wordt op de ponsband geopend en afgesloten met door de logger aangebrachte administratieve gegevens. Deze gegevens bevatten in code naast de datum en de begin- en eindtijd informatie over de dienst, het lodingsblad, de gebruikte plaatsbepalingsmethode, enzovoort. Deze bevat onder meer noodzakelijke informatie voor het computerprogramma en sluit bovendien verwisseling van ponsbanden uit. Het serienummer is een hulpmiddel om optisch verkregen meetresultaten op de ponsband vast te leggen. Bij de computerverwerking worden deze serienummers vervangen door de optisch verkregen meetresultaten.
De ponsband bevat acht kanalen; vier daarvan zijn gereserveerd voor meetwaarden, drie voor een herkenningsteken en één voor de parity bit. Elke letter, elk cijfer of teken wordt voorgesteld door een combinatie van gaatjes in 1 of meerdere kanalen. De organisatie van de computer eist dat het aantal gaatjes per cijfer, letter of teken even is. Zo nodig wordt hiertoe door de survey logger in het daarvoor bestemde kanaal via
Op bladzijde 186 vindt men een tweetal voorbeelden waaruit de samenstelling van de gegevens op een ponsband blijkt.

Schematisch overzicht van de boordapparatuur



Tijdens de proeven aan boord van de peilvlet zijn verscheidene storingen opgetreden. De afzonderlijke, door verschillende fabrieken vervaardigde apparaten vertoonden in de praktijk enkele tekortkomingen. Ook in de samenwerking tussen de afzonderlijke instrumenten kwamen onvolkomenheden voor. Hoewel het nogal tijd heeft gekost, is thans het stadium bereikt dat de kinderziekten praktisch gesproken overwonnen zijn. Veel ervaring is opgedaan met het ontdekken en opsporen van defecten en storingen die bij later operationeel gebruik onvermijdelijk zullen blijven voorkomen.
Thans worden nog proevenseries uitgevoerd die voornamelijk gericht zijn op het gebruik van de beschreven apparaten bij allerlei soorten van lodingswerk. De proeven hebben reeds aangetoond, dat de apparatuur voor alle voorkomende opnemingstechnieken en omstandigheden gebruikt kan worden.
Verder is gebleken dat het werken met deze instrumenten geen bijzondere moeilijkheden met zich brengt, wanneer men eenmaal met de bediening vertrouwd is. Wel is voortdurende controle nodig op de juiste werking. De Mathematisch Fysische Afdeling



van de directie Waterhuishouding en Waterbeweging van de Rijkswaterstaat heeft het omvangrijke computerprogramma in ontwikkeling dat de peilgegevens op zijn snelst zal kunnen bewerken.
In grote lijnen is de opzet van het programma voltooid. Met het bij de proeven verkregen ponsbandmateriaal wordt dit programma getest en verder uitgebouwd.
Het zal duidelijk zijn, dat de kwaliteit van de bereikte resultaten staat of valt met de kwaliteit van de ponsband.
Nu zijn er een aantal foutenbronnen die deze kwaliteit in meer of mindere mate kunnen aantasten. Het is dus noodzakelijk geweest door het gehele systeem van opneming en uitwerking heen een systeem van opsporing, beoordeling en opheffing van fouten in te bouwen. Aan boord zijn de volgende controles aanwezig:
Het echolood onderkent valse echo's, veroorzaakt door in het water aanwezige zwevende voorwerpen, luchtbellen en dergelijke, en geeft voor deze valse dieptes het cijfer 0.
Alle informatie die naar de survey logger gaat wordt in getalvorm weergegeven; maar

1012/23067/000/615/100
h101214a34687c08026d1265d1255d1255d1265d1255d1240d1240d1250d1255d1240
h101219a34688c08026d1230d1220d1220d1215d1215d1220d1230d1230d1230d1230
h101224a34680c08026d1220d1195d1205d1185d1175d1165d1190d1185d1170d1175
h101229a34689c08023d1175d1180d1165d1165d1165d1165d1175d1175d1170d1170
h101234a34680c08022d1175d1180d1185d1205d1205d1200d1200d1195d1200d1195
h101239a34690c08021d1215d1190d1185d1190d1170d1175d1160d1155d1170d1155
h101244a34691c08020d1165d1170d1155d1165d1165d1175d1180d1175d1170d1165
h101249a34690c08020d1165d1170d1165d1165d1165d1165d1160d1160d1150d1155
h101254a34692c08018d1150d1155d1155d1160d1160d1155d1160d1160d1160d1185
h101259a34692c08017d1180d1185d1185d1190d1200d1205d1205d1210d1225d1205
enz.
h101744a34625c97918d1000d1000d1010d1010d1005d1010d1010d1035d1010d1010
h101749a34625c97916d1010d1030d1015d1020d1020d1020d1020d1015d1020d1020
h101754a34626c97914d1015d1015d1015d1015d1020d1020d1020d1020d1025d1025
h101759a34626c97913d1025d1025d1025d1025d1025[ ] [1018/23067/000/615/100]

Echolood met optische plaatsbepaling

1145/23067/000/685/100
h114527m0002d0890d0900d0900d0895d0910d0905d0910d0915d0915d0915d0905d0905
d0900d0910d0900d0895d0890d0885
h114536m0003d0885d0885d0880d0875d0870d0865d0865d0865d0865d0860d0855d0855
d0855d0855d0855d0850d0865d0835d0840d0845d0845d0840
h114547m0004d0840d0835d0835d0825d0830d0830d0830d0830d0825d0825d0825d0825
d0830d0820d0825d0830d0830
h114555m0005d0825d0825d0825d0825d0830d1550d0825d0830d0830d0835d0830d0820
d0825d0830d0835d0835d0835d0835d0835d0855d0840d0860d0840
h114607m0006d0845d0840d0845d0840d0840d0845d0850d0850d0850d0850d0855d0855
d0855d0855d0860d0880d0865d0865d0865d0870d0875
enz.
h114836m0020d1165d1170d1165d1170d1170d1170d1170d1160d1150d1135d1135d1140
d1125d1100d1100d1100d1095d1095d1090d1090d1090d1090d1090d1085
d1085d1080
h114849m0021d1060d1045d1035d1035d1050d1030d1035d1040d1035d1050d1030d1030
d1015d1000d0995d0980d0975d0975
h114858m0022d0985d0980d0980d0975d [ ] [1149/23067/000/685/100]

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

tegelijk wordt er een aantekening van gemaakt op de normale registratie. Het radiolog, dat de afstand tot de wal meet, geeft een waarschuwing met een rood licht wanneer de verbinding met het walstation onderbroken wordt. De waargenomen afstanden worden in getalvorm weergegeven. De plaatsbepalingsgegevens van het schip, die van de decca of hi-fix ontvanger via de survey logger naar de ponser worden gevoerd, kunnen op de survey logger worden gecontroleerd door vergelijking met de meetresultaten, die worden weergegeven op de ontvanger. De tijd is eveneens controleerbaar op de survey logger. Het is onmogelijk dat de voor de computer noodzakelijke administratie vergeten wordt, doordat ze automatisch gekoppeld is aan de start- en stopknop. Ook is een globale visuele beoordeling van de ponsband mogelijk.
Op het computercentrum wordt de ponsband door een speciaal testprogramma beoordeeld op ongeveer 18 punten. Zo wordt bijvoorbeeld gecontroleerd of de ordening der meetgegevens op de juiste wijze heeft plaats gevonden, of de meetgegevens voorzien zijn van de juiste identificatie, of er geen meetgegevens geheel of gedeeltelijk zijn weggevallen en of er geen onwaarschijnlijke meetwaarden zijn geponst. Deze controle geeft tevens voldoende informatie over de werking van de boordapparatuur. In het eigenlijke computerprogramma voor de verwerking van de ponsband zijn verder ook vele controles van het waarnemingsmateriaal ingebouwd. Wanneer fouten worden ontdekt worden ze geëlimineerd, terwijl in vele gevallen correctie door interpolatie plaats vindt. Gebleken is dat in een aantal gevallen de nauwkeurigheid van de eindresultaten groter is dan bij de conventionele methodes. Dit kan worden verklaard doordat bij de automatisering meer meetgegevens worden vastgelegd en bij de uitwerking worden betrokken dan tot nu toe mogelijk was. Zo zal het in gevallen waarin de plaatsbepaling met decca, hi-fix of 2 sextanten gebeurt, mogelijk worden de werkelijk gevaren route op de kaart weer te geven. Tot nu toe werd dit om praktische redenen niet of zelden gedaan. Ook de invloed van menselijke fouten is goeddeels uitgesloten. Deze fouten hebben een veel willekeuriger karakter dan de mogelijke fouten in de apparatuur en de computerverwerking, en zijn daardoor moeilijker op te sporen.
Op grond van het voorgaande kan worden gesteld dat de invoering van de automatisering van lodingen vanuit technisch standpunt bezien uitvoerbaar is, en dat het voornaamste doel ervan – verkorting van de verwerkingstijd en besparing van mankracht – er mee kan worden bereikt.

Het opruimen van de ringdijk in het Haringvliet

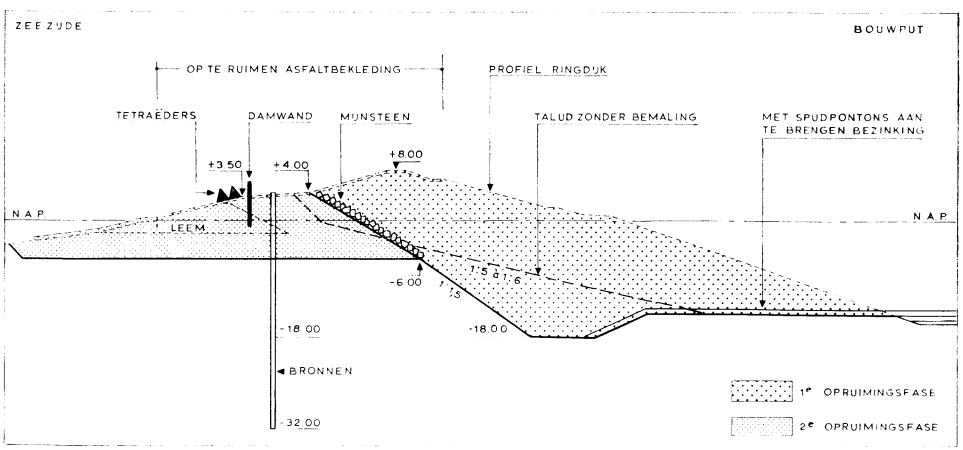
In de afgelopen jaren werd ongeveer tweederde gedeelte van het stortebed aan de zeezijde van de uitwateringssluizen in het Haringvliet binnen de bouwput in den droge aangelegd. Voor het overblijvende derde gedeelte was binnen de ringdijk geen ruimte meer, zodat de uitvoering daarvan uitgesteld moest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

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

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

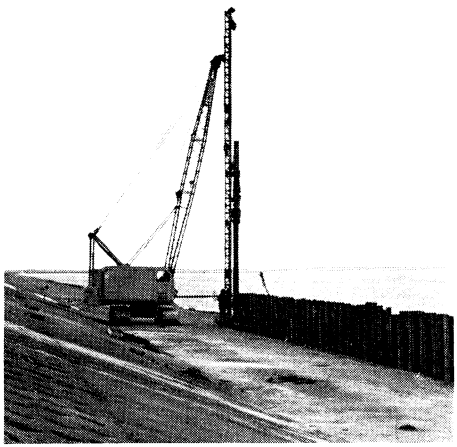
Er werd dus een damwand van 6 m lengte ingeheid over een diepte van 4 m zodat 2 m ervan boven de kruin bleef steken. Teneinde de golfklappen op deze steile wand te verminderen, werden aan de zeezijde op het met asfaltbeton beklede talud van de ringdijk twee rijen betonnen tetraëders geplaatst, die later op de stortebedden zullen worden aangebracht.
Deze tetraëders zorgden ervoor dat de golven veel minder geconcentreerd op de damwand sloegen doordat ze voordien uiteen werden geslagen en meer als verwaaid stuifwater dan als geconcentreerde opspuitende waterzuilen over de damwand sloegen.
Het was aanvankelijk de bedoeling voor het opruimen van het eerste gedeelte van de ringdijk aan de zeezijde een cutterzuiger te gebruiken. Het bleek echter al spoedig dat met een cutterzuiger niet het steile talud kon worden gemaakt dat noodzakelijk was om het werk goed uit te voeren. Wilde er voldoende ruimte vrijkomen om de zinkstukken van de stortebedden aan te kunnen brengen, terwijl toch een voldoend groot deel van de ringdijk overbleef om met behulp van de damwand de golfaanval te keren, dan moest de taludhelling aan de binnenzijde ongeveer 1 : $1\frac{1}{2}$ bedragen.
Op grond van de bijzondere bodemsamenstelling, namelijk afwisselende laagjes zand en klei, spekkoeklagen dus, bestond de verwachting dat dit steile talud kon worden bereikt. Toen de cutterzuiger echter geen voldoende resultaat bereikte, werd getracht het profiel te baggeren met een baggermolen. Ook met deze wijze van ontgraven kon men geen talud van de vereiste steilheid krijgen. Beneden het niveau van N.A.P. – 6 m werd geen steilere helling dan 1 : 5 à 1 : 6 bereikt. Wanneer getracht werd toch steiler te gaan, vonden afschuivingen plaats waardoor de dijk ernstig werd aangetast.
Omdat de vereiste 'zinkruimte' toch moest worden vrijgemaakt, heeft men vervolgens getracht het talud steiler te maken door de stabiliteit van de bodem kunstmatig te verhogen.
Na uitvoerig beraad bleek de enige doelmatige oplossing het plaatsen van een bronbemaling.
Na advies te hebben ingewonnen bij het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening en het Laboratorium voor Grondmechanica besloot men een bronbemaling te plaatsen met

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

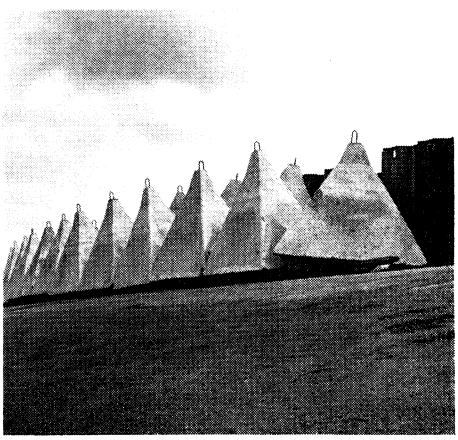




Afkalving van het binnentalud



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



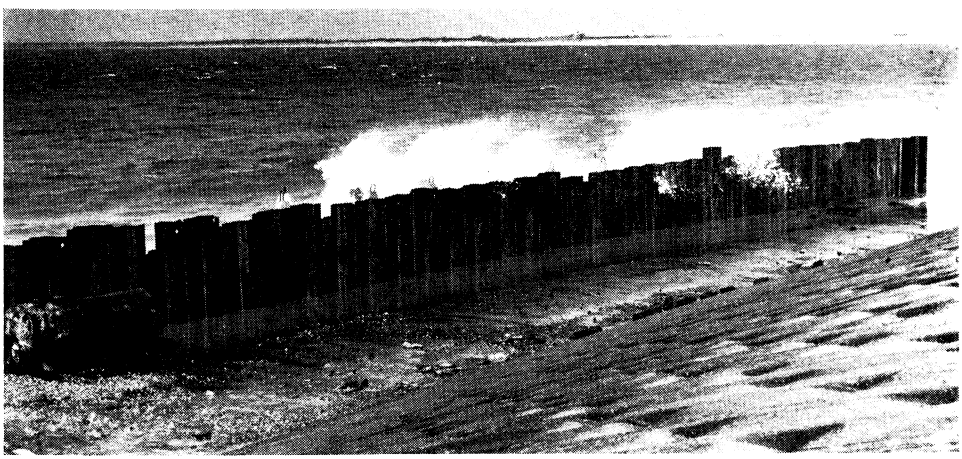
Tetraëders voor de damwand

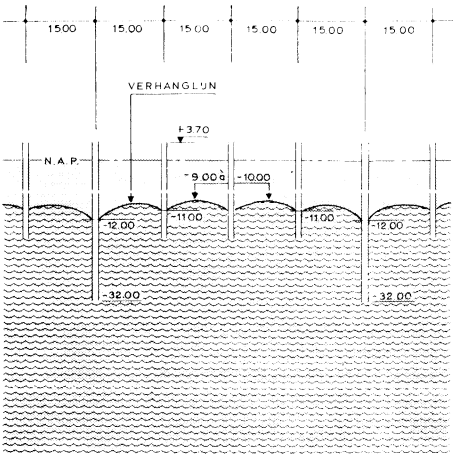
bronnen op verschillende diepte. Om de 60 m werden bronnen geplaatst op een diepte van N.A.P. – 32 m, terwijl tussen elk paar van deze bronnen nog drie bronnen op een diepte van N.A.P. – 18 m werden geplaatst.
De onderlinge afstanden h.o.h. bedroegen dus 15 m; alle bronnen waren geplaatst in houten filters met een inwendige diameter van 22 cm.
De diepe pompen hadden een capaciteit van 60 m^3/h; de ondiepe van 20 m^3/h. De aandrijving geschiedde met elektromotoren van 5 pk en 4 pk.
De elektrische stroom werd betrokken van het net van Goeree-Overflakkee. Onder een spanning van 12 000 Volt werd de stroom naar een aantal op de dijk geplaatste trans-

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



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





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

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

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

Deze globale verhanglijn werd bepaald uit diep geplaatste peilfilters. In de bovenlagen was dit beeld verstoord door de gelaagde bodemopbouw. Door de bemaling ontstond een waterstroom naar de bron toe die op de korrels van het binnentalud een naar de dijk gerichte stromingsdruk uitoefende, waardoor een grotere wrijving kon worden opgenomen. Doordat de stabiliteit op deze wijze was vergroot, kon het talud van 1 : $1\frac{1}{2}$ toch worden gerealiseerd.

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

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

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

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

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

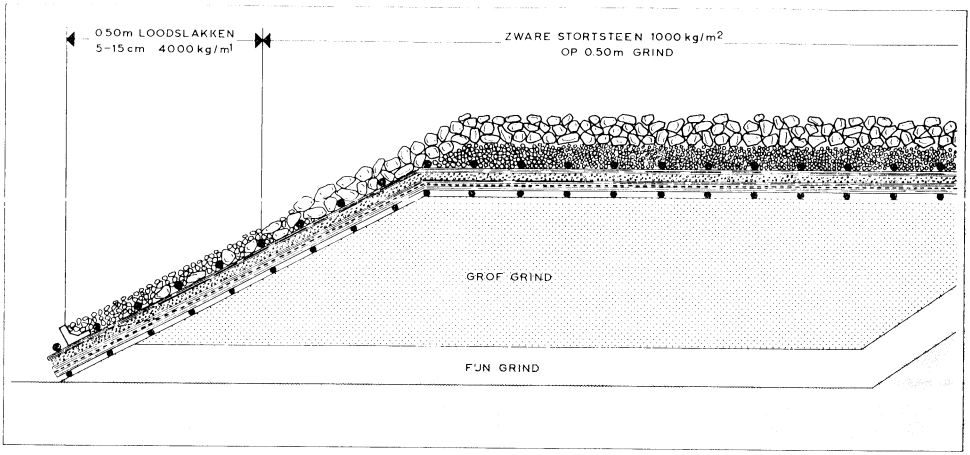
Het laatste derde gedeelte van de stortebedden aan de zeezijde van de uitwateringssluizen vormt de overgang tussen het reeds eerder gereedgekomen, als filterconstructie uitgevoerde deel van het stortebed, en de onverdedigde bodem van de mond van het Haringvliet.

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

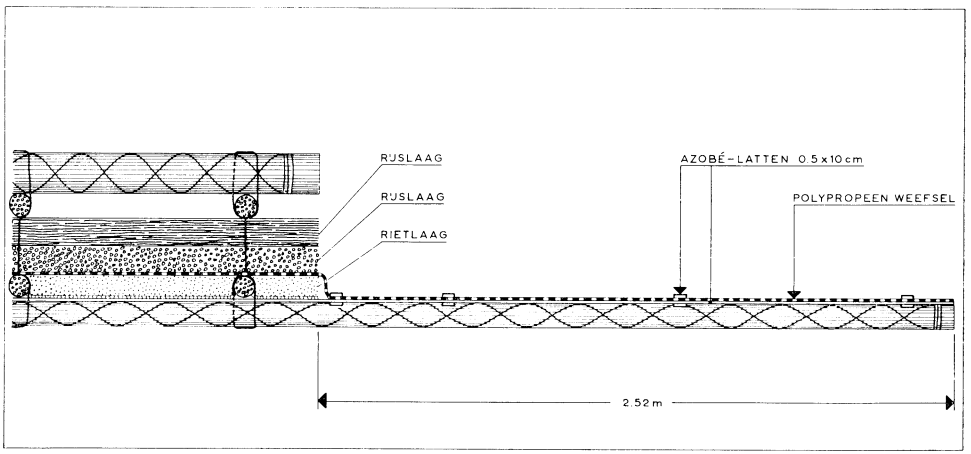
Om een praktisch naadloze aansluiting der zinkstukken te verwerkelijken, stak bij elk der stukken aan één zijde een dunnere zool uit, waarop het aansluitende stuk kon worden gelegd, zonder dat dat verdikkingen in de bescherming opleverde. Niet alleen worden op deze manier hydraulische oneffenheden vermeden,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

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

1



2



3



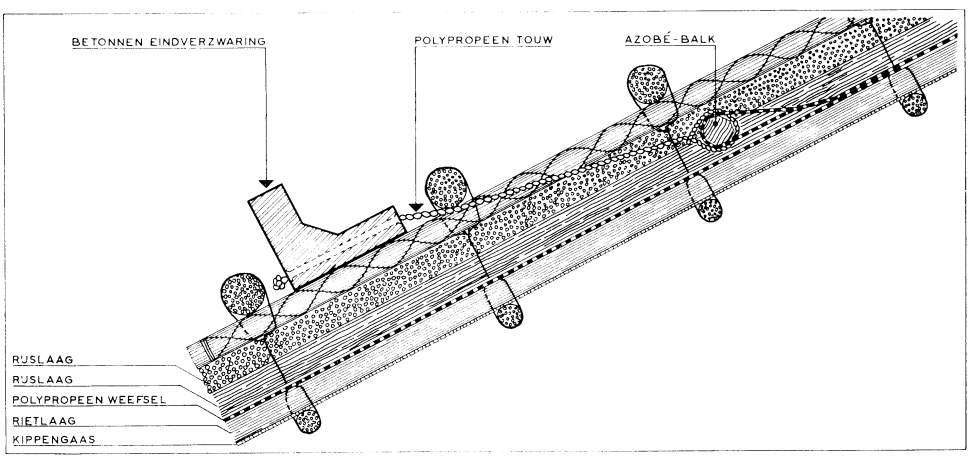
1 Doorsnede van de beëindiging van het stortebed aan de zeezijde

2 Het zinkstuk met de eronderuitstekende zool

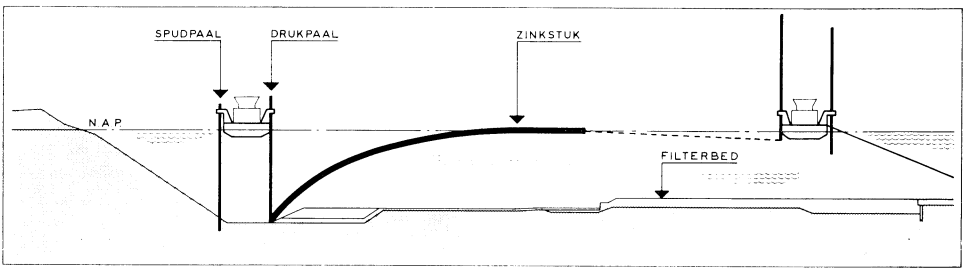
3 De eindverzwaring wordt op het stuk gebonden

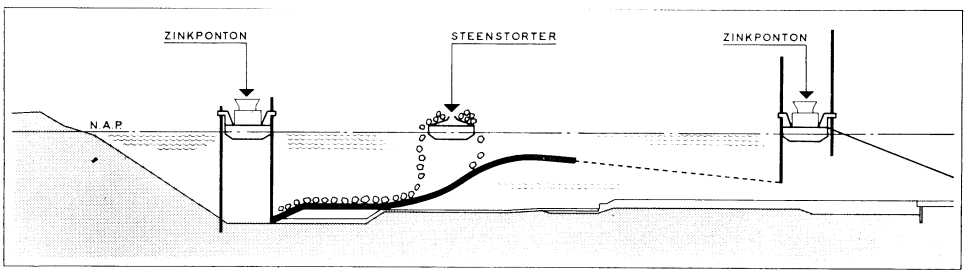
4 Detail van de opbouw van het zinkstuk

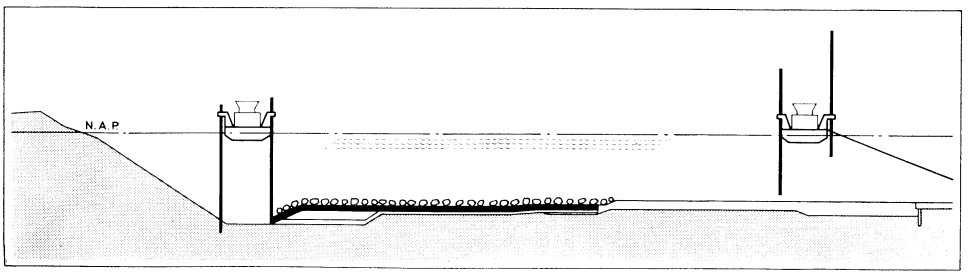
vormen met een flauwe aanzethelling. De helling van dit beloop, die van groot belang is voor de grondmechanische stabiliteit, zou naar het modelonderzoek uitwees nog verder kunnen worden verflauwd door het plaatsen van tetraëders nabij de rand van de bezinking. De beëindiging van het bezinkveld is zo ontworpen dat de constructie zo lang mogelijk in samenhangende vorm blijft, zelfs indien de ontgrondingskuil door plaatselijke verstoringen van het stromingsbeeld, of door welke oorzaak dan ook, toch een zo steile aanzethelling zou krijgen, dat de stabiliteit verloren zou gaan. Voordat de schade aan de bodembescherming een te grote omvang had aangenomen, zou men in elk geval tot herstelwerkzaamheden kunnen overgaan.
In de eerste plaats is hiertoe onder het einde van de bezinking een grindpakket aangebracht, bestaande uit grof grind op een filterlaag van fijn grind. In de tweede plaats zijn de stukken aan de rand van het bezinkveld over de laatste 25 meter versterkt met een laag polypropeenweefsel, dat in banen van 2,20 m breed op de rietlaag werd genaaid. Dit weefsel heeft een breuksterkte van 7 ton per meter breedte; het is samengesteld uit monofilamenten. Zelfs wanneer de rand van de bezinking door ontgronding vrij in het water zou komen te hangen, zal hij door deze voorzieningen niet van het stuk scheuren.
Met azobébalkjes en polypropeen touwen is voorts een aaneensluitende rij betonelementen op het doek bevestigd; deze betonrand verhindert de ballast van het stuk te rollen, zodat de mat in elk geval op het talud blijft rusten, en niet gaat klapperen, waardoor hij wellicht uiteen zou vallen. Om de rand niet al te hoog te moeten maken, heeft men besloten deze uiterste stukken te bestorten met loodslakken.
In verband met de belangrijke, permanente functie van de stortebedbeëindiging werd bij de uitvoering van de zinkmanoeuvres een grote nauwkeurigheid geëist. De toelaatbare afwijking werd zowel in de lengte- als in de breedterichting gesteld op 50 cm. Deze eis, en het feit dat op korte afstand van het zinkwerk nog een deel van de ringdijk stond, maakte het onmogelijk op traditionele wijze te zinken. Wegens het ontbreken van plaats voor verankering was de aangewezen oplossing het gebruik van spudpontons. Dat zijn pontons met strekbare poten eronder, waarmee ze zich, zoals booreilanden plegen, vastzetten op de bodem. Wanneer een ponton met behulp van zijn spuds eenmaal op de juiste plaats is vastgezet, is de juiste plaats van het stuk dat hij meevoert althans aan de kopzijde ervan verzekerd. Er is bij deze gelegenheid gewerkt met de

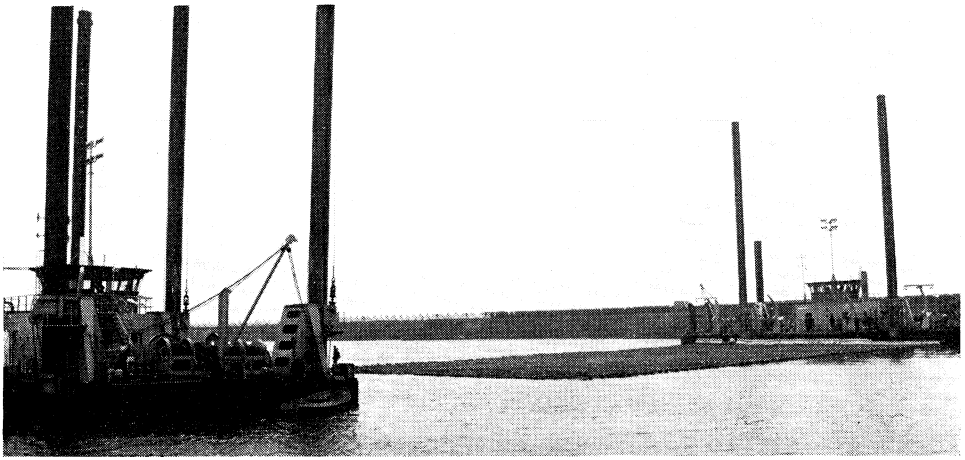


Schematische voorstelling van het zinken









nieuwe methode van het 'gestrekt zinken', waaraan elders in dit nummer een artikel is gewijd. Anders dan bij het 'zinken op stroom', waarbij de stroom een langsspanning in het stuk opwekt waarmee een te sterke helling wordt voorkomen, wordt de langskracht hier verkregen doordat vanaf een tweede ponton aan de staart van het stuk wordt getrokken. Om deze langskracht binnen de perken te houden wordt het opdrijvend vermogen van het stuk voor het zinken verkleind door het te bestorten met grind. De kopponton is met twee extra drukpoten uitgerust, waaraan een horizontale balk is bevestigd. Het zinkstuk wordt met een patentsluiting, die na het zinken kan worden losgemaakt, op zes punten aan deze balk verbonden. Vervolgens wordt de staart van het stuk op drie plaatsen verbonden met de drie drukpoten van de staartponton. Sliplieren zorgen ervoor dat de verbindingsdraden de juiste spanning krijgen en behouden.
Het eigenlijke zinken bestaat erin, dat men het stuk met de drukpoten langzaam naar de bodem duwt. Een steenstorter zorgt ervoor dat het stuk wordt beballast en daarmee tegen de grond gedrukt.
Bij het zinkwerk binnen de bouwput in het Haringvliet lag de staartponton boven het reeds eerder gemaakt deel van het stortbed; om de filterconstructie niet in het ongerede te brengen, mocht hij geen gebruik maken van zijn spuds, en was gedwongen met behulp van staaldraden te ankeren. De aannemer – de Deltacombinatie te Hellevoetsluis – had evenwel ook deze ponton, met het oog op later gebruik, al van spuds laten voorzien.
Bij de uitvoering van het bovenbesproken werk is verder nog de manier vermeldenswaard waarop een drijvende kraan het fijne grind, of kif, zoals heel fijn grind ook wel wordt genoemd, gelijk over het bodemoppervlak verdeelde: Op het water dreef een houten raamwerk, dat door draden in een aantal vierkante vakken was verdeeld. In ieder vierkant werd een aantal grijpers vol kif gestort. Het grove grind in het grindpakket werd aangebracht door onderlossers, hoofdzakelijk van het type 'splijtbok'. Dat zijn schepen met een onderlangse naad. De twee helften van het schip zijn scharnierend verbonden. Met hydraulische vijzels wordt het casco geopend en gesloten. Na het storten werd het oppervlak van het gind egaal afgebaggerd. Het grind op de zinkstukken werd gedeeltelijk aangebracht met een steenstorter, en verder weer door een kraan die voor gelijkmatige verdeling gebruik maakte van het drijvend raamwerk.
De uitvoering van het werk was begin maart 1968 zover gevorderd, dat aan de zeezijde binnen de ringdijk niets meer te doen viel.

Gestrekt zinken

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

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

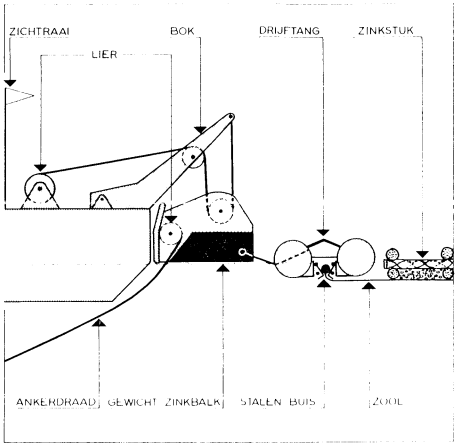
Het ging er bij deze proeven om, de grens vast te stellen waarbij het bodemzand door de beschermingsconstructie heen begint weg te stromen. Al spoedig bleek dat bij grote stroomsnelheden en hoge turbulentie, zoals die optreden in sluitgaten, de zanddichtheid van het klassieke zinkstuk inderdaad niet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

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

Bij toepassing van zo'n kokosmat is ook de plaats van de mat in het zinkstuk van belang. Het beste resultaat wordt bereikt wanneer de mat helemaal onder in het stuk wordt aangebracht en dus direct op het zand drukt. Het water krijgt dan niet of nauwelijks de gelegenheid om tussen de mat en het zand te stromen en het zand wervelt bovendien veel moeilijker op, omdat het onder het gewicht van het zinkstuk met zijn steenbestorting een zekere voorspanning heeft gekregen.
In verband hiermee moet het zinkstuk soepel zijn zodat het de onregelmatigheden van het zandoppervlak goed kan volgen. In het semiklassieke stuk kan men dus gerust een minimum aan hout verwerken. Dit vermindert de zanddichtheid niet omdat die immers geheel door de kunststofmat wordt bepaald. Bij een klassiek zinkstuk daarentegen wordt de zanddichtheid groter naarmate er meer hout in wordt verwerkt.
Een nevenverschijnsel dat bij de proeven aan het licht trad, is dat de doelmatigheid van de constructie in sterke mate afhankelijk is van de dichtheid der naden, temeer naarmate de waterdoorlatendheid van het stuk zelf afneemt.
Een zijwaarts uitstekende zool waarop het aansluitende stuk komt te rusten, kan hier een goede uitkomst bieden, mits het afzinken met de nodige nauwkeurigheid geschiedt. Door de vroeger wel toegepaste stroomzinkmethode, die al eerder in het Driemaandelijks Bericht werd beschreven, kan deze zekerheid niet zonder meer worden verkregen. Daarom is deze werkwijze verder ontwikkeld tot de methode van het 'gestrekt zinken'. Bij deze methode wordt het – in vergelijking met het klassieke – in alle richtingen zeer slappe stuk tussen ankerdraden aan kop en staarteinde tijdens het zinken gestrekt gehouden door middel van een trekkracht van 5 à 6 ton; een kracht die voldoende bleek om het stuk recht en nauwkeurig te geleiden. Pas na het ballasten wordt deze spankracht weggenomen. In het algemeen zal het strekken geschieden tussen ankerdraden die via aan de omstandigheden van bodemgesteldheid en op te nemen krachten aangepaste ankers hun reactie in de bodem vinden. De verankerpunten worden om begrijpelijke redenen waar mogelijk buiten het bezinkveld gekozen.
Houvast kan echter ook worden gevonden op vooraf volgens een vast stramien in de bodem aangebrachte vaste punten, in de vorm van geheide, stalen palen, die met een boei worden gemarkeerd. Er kunnen zich evenwel omstandigheden voordoen waarin de ruimte ontbreekt om de ankerdraden voldoende lengte te geven. Dit was het geval in de bouwput van de Haringvlietsluizen, waar het stortebed nog binnen de bescherming van de ringdijk door een bezinking werd uitgebreid. Hier werd verankerd op spudpontons, terwijl verticaal geleide palen, onderaan de pontons speciaal hiertoe gemonteerd, werden gebruikt om het stuk naar de bodem te drukken. De lengte van de drukpoten, die met het oog op de erop uitgeoefende krachten toch wel beperkt is, bepaalt de maximale diepte waarop deze vrij kostbare zinkinstallatie gebruikt kan worden. Een meer uitvoerige beschrijving van dit werk vindt men in het artikel 'De beëindiging der stortebedden aan de zeezijde van de uitwateringssluizen in het Haringvliet', elders in dit nummer. Algemene toepassing kan de methode vinden waarbij het stuk tussen ankerdraden wordt gespannen en daardoor praktisch onafhankelijk is van de waterdiepte waarop gezonken moet worden. Ook deze werkwijze vereiste echter het ontwerpen van nieuw gereedschap.

Apparatuur

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

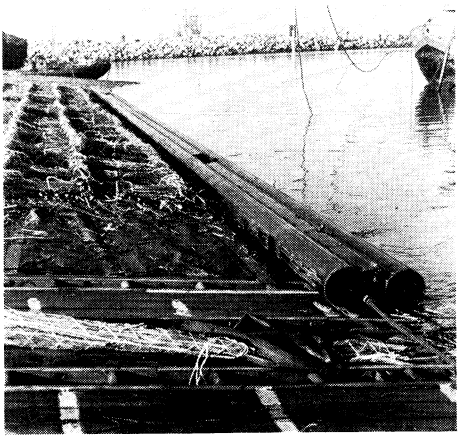


Schematische voorstelling van de werking van de drijftang

verdikte uiteinde van de zool vast. De vergrendeling, die bestaat uit een staaldraad achter de rail, is dubbel uitgevoerd, zodat de tang op de bodem op twee manieren kan worden ontgrendeld.
Op twee plaatsen zijn aangrijpingspunten voor de anker- of bevestigingsdraden aangebracht.
De stijfheid van de stalen constructie garandeert een zeer gelijkmatige verdeling van de trekkrachten op het stuk over het gehele doek waaruit de zool bestaat. De buizen drijven, en fungeren als trekelement zowel wanneer het stuk van de zate wordt gesleept als bij het varen naar de zinkplaats.
Omdat de zinkstukken niet alleen in zijdelingse richting maar ook in de langsrichting nauwkeurig moeten sluiten, dient de uitlegapparatuur zodanig te worden uitgerust dat ook een nauwkeurige ligging van de kop van het stuk verzekerd kan worden. Daartoe is de elektronische plaatsbepalingsapparatuur uitgebreid met een tweede detector die aan een eveneens horizontale arm is bevestigd, die loodrecht op de eerste staat. Bovendien is aan de zinkbalk of zinkbuis een pneumatisch bediende verhaalapparatuur gemonteerd, waarmee het mogelijk is de aan de kop van het stuk bevestigde ankerdraden naar behoefte te verkorten of te verlengen tot vlak voordat de voorkant van het stuk op de bodem aanlandt.

Proefzinken

Om na te gaan of de werkwijze en de daarvoor ontworpen apparatuur aan de verwachtingen voldeden, zijn op de drempel van het sluitgat in de zuidelijke stroomgeul van het Brouwershavensche Gat bij wijze van proef een viertal stukken gezonken. Drie van deze stukken waren uitgevoerd met een 'sandwichzool', waarin dus afwisselend lagen van verschillend materiaal waren verwerkt, en één stuk met een enkelvoudige zool van het kokosmattype waarin Z-filterdoek was verwerkt.
De stukken zijn gezonken op diepten tot N.A.P. – 24 m.
Bij deze proef is nog niet gewerkt met vaste punten, maar met aangepaste ankers. Aan de wijze van verankering bleken wel enige bezwaren te kleven. Een nadere beschouwing zal nodig zijn om te bepalen of bij de definitieve uitvoering het plaatsen van vaste punten wellicht de voorkeur verdient.

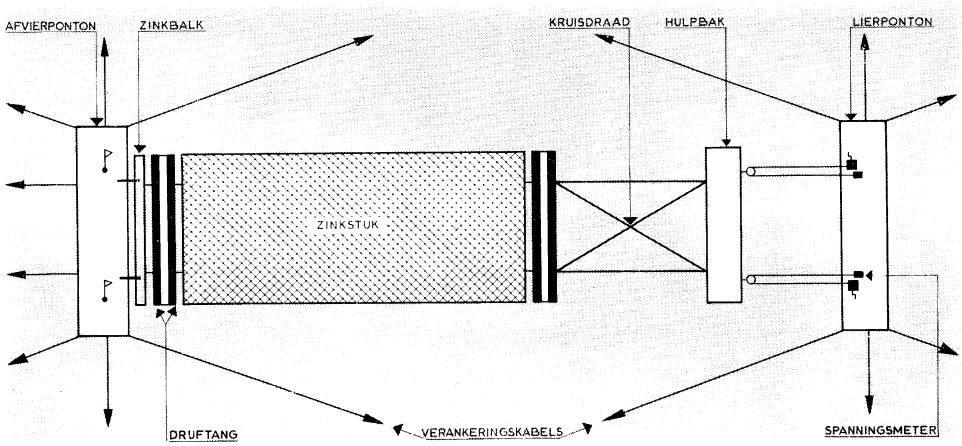


Bij hoog water wordt de drijftang op de zate gebracht en aan het stuk gekoppeld. Vooraan een van de kabels waarmee de tang gelost kan worden

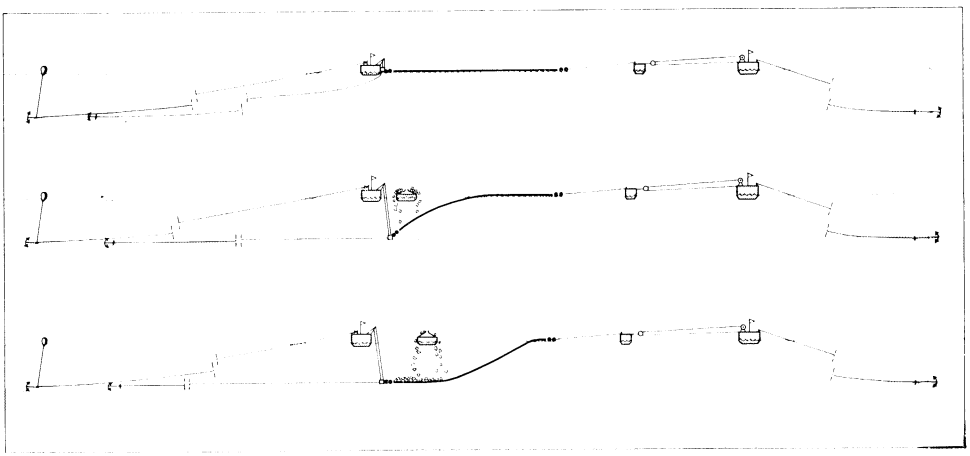
1 Schema van de opstelling voor de zinkmanoeuvre

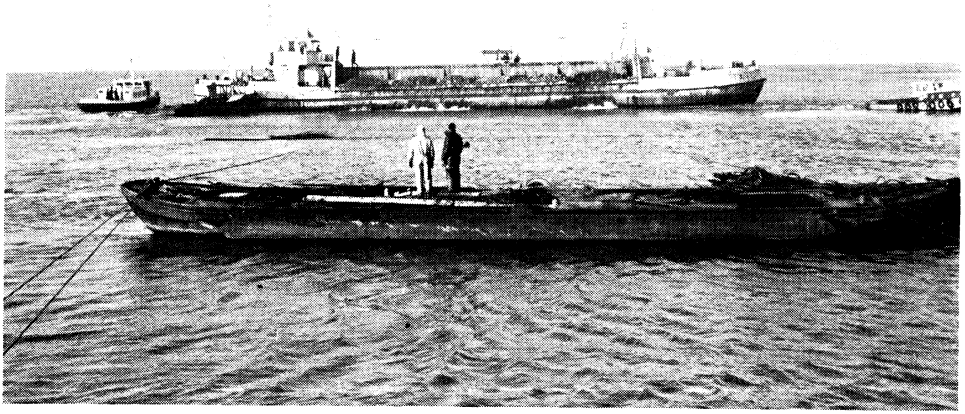
2 Het stuk wordt op de bodem gebracht en bestort

1



2





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

De proeven vonden plaats in de winter, een voor dit werk bijzonder ongunstig jaargetijde; reeds gereedgekomen stukken moesten door weersomstandigheden tot 4 weken lang in het water drijvende wachten om gezonken te worden. Ondanks hun geringe opdrijving (minder dan 15 kg/m²), of misschien wel juist daardoor, werd van deze wachttijd, waarbij vaak stormen optraden, geen nadeel ondervonden. Beide soorten filterzool doorstonden de stormen even goed.
De constructie van de stukken maakt het noodzakelijk dat ze op een langshelling worden vervaardigd. In de werkhaven 'den Osse' was echter alleen maar een dwarshelling aanwezig met een rollenbaan die passend was voor de dwarswiepen van een klassiek stuk. Door het aanbrengen van trapvormig naar beneden aflopende eiken latten werd een langshelling geïmproviseerd; hinderlijke oneffenheden werden overbrugd zodat het stuk ongehinderd naar beneden kon worden getrokken. De zate was namelijk niet breed genoeg om de hele lengte van het stuk in één keer te maken. Wanneer 20 à 25 m van het stuk was gereedgekomen, moest dat van de zate getrokken worden om ruimte te scheppen voor de verdere delen van het stuk. De hiertoe benodigde kracht, die bleek te schommelen tussen 6 en 10 ton, werd geleverd door een lierponton of een sleepboot.
Bij het maken van de stukken is gebleken dat de ten opzichte van een sandwichzool hogere materiaalkosten van een enkelvoudige zool meer dan goedgemaakt worden door de veel eenvoudiger bewerking en de daardoor verkorte arbeidstijd. Daar een sandwichzool bovendien gevoeliger is voor mechanische beschadiging, meer kans geeft op fouten bij de vervaardiging en ook eerder zal dichtslibben, wordt aan de enkelvoudige zool de voorkeur gegeven.
Hoewel het varen met deze slappe stukken, die soms $3\frac{1}{2}$ maal zo lang zijn als breed, de nodige zorgvuldigheid vereist, bleek dit toch geen bijzondere moeilijkheden op te leveren, noch bij het uit- en invaren van havens, noch bij het in positie brengen tussen de werkpontons. Bij het varen werd het stuk met de drijftang aan het staarteinde tegen een hulpbak gesjord. De draden tussen drijftang en hulpbak, die tijdens het varen tijdelijk waren ingekort, hadden een lengte gelijk aan $1\frac{1}{2}$ x de diepte waarop gezonken moest worden.
Op de zinkplaats werden vooraf twee werkpontons in positie voor anker gelegd.
De ponton aan het kopeinde van het stuk was voorzien van lieren om de zinkbalk verticaal te kunnen bewegen. Tevens was de ponton uitgerust met een compressorinstallatie

ter bediening van de verhaalapparatuur. Er was ook nog een lichte davit opgesteld om het frame met de detectorspoelen te kunnen plaatsen en afnemen.
De andere ponton lag ruim achter het staarteinde eveneens op eigen verankering en diende om de benodigde strekkracht op het stuk uit te oefenen. De strekkracht moest dus via de achterankers van deze ponton op de grond worden overgedragen.
Aan de zinkbalk waren verstelbare kopankerdraden bevestigd. Alvorens het stuk tussen de beide pontons te varen werden de kop- en staartankers door tijdelijk aangebrachte polypropeen trossen tussen zinkbalk en achterponton met nagenoeg het dubbele van de te verwachten ankerkracht in de grond getrokken, zulks met de bedoeling om te voorkomen dat de ankers tijdens het zinken zouden gaan krabben. Hierna werden de polypropeen trossen verwijderd.
Terwijl het stuk voor de stroom tussen de pontons werd getrokken werd de hulpbak met de trekpontons verbonden. In de verbindingsdraden, die om goed te functioneren evenwijdig moeten lopen, waren elementen opgenomen om de trekkracht te kunnen meten en ze door het manipuleren met de lieren op de voorgeschreven grootte te kunnen houden.
Na het tot stand komen van deze verbinding werd de sjorring van het staarteinde van de hulpbak afgevierd tot de genoemde lengte van $1\frac{1}{2}$ x de waterdiepte en werden de kruisende draden, die dienden om dwarsbeweging van de kop ten opzichte van de bak te voorkomen, strak gezet.
Door vervolgens de trekdraden af te vieren bracht men de kop van het stuk met de eraan bevestigde drijftang tegen de aan de ponton hangende zinkbalk zodat hij eraan kon worden gekoppeld. Vervolgens werd het stuk onder de vereiste 5 ton trekspanning gezet.
Na de kentering kon de zinkbalk en daarmede de kop van het stuk naar de bodem worden gebracht. Even voor het stuk de bodem raakte of nadat het zo nodig weer even van de bodem was opgehaald, kon de kop door de verhaalmotor in de lengterichting van het stuk in de juiste positie worden gebracht.
In dwarsrichting mag bij een goed neergelegde ponton geen afwijking geconstateerd worden. Met kruisdraden, die diagonalen vormen in de rechthoek ponton-zinkbalk-hijsdraden, kan een correctie van geringe omvang worden gegeven.
Lag de kop goed, dan werd ook het laatste stukje afgevierd en kon met bestorten worden begonnen.
De eerste bestorting, bedoeld om het stuk aan de grond te houden, bestond uit grof grind dat met behulp van een steenstorter in hoeveelheden van 100 kg/m² werd aangebracht. Voor deze eerste bestorting is grind gekozen, omdat dit regelmatig in een dunne laag kan worden aangebracht en de goede werking van het filter nauwelijks zou storen indien het onverhoopt ook gedeeltelijk op de uitstekende zool zou vallen.
Nadat het gehele stuk door de grindbestorting aan de grond gedrukt was, werd de spanning van de draden aan kop- en staarteinde teruggenomen en kon door het uittrekken van de vergrendelde staaldraden, die door een boei boven water bereikbaar bleven, de drijftang worden losgekoppeld. De tang aan het staarteinde dreef op, die aan de kop kwam nog gekoppeld aan de zinkbalk bij het ophijsen hiervan aan het wateroppervlak. Bij controle van de ligging door een duiker werden geen openliggende naden gevonden.

Krachtenspel bij het zinken

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

Allereerst diende de minimale zwaarte te worden vastgesteld van het gewicht dat de kop van het stuk naar de bodem moet drukken en dat naar de bovenstroomse zijde moet worden verankerd.
Zodra het zinken begint dient de horizontaal gerichte kracht aan de staartzijde van het stuk aan te grijpen, en deze kracht moet zoals gezegd gedurende de gehele zinkmaneuvre in stand worden gehouden. Ze moet zo groot zijn dat een voldoend groot deel van het stuk diep genoeg onder water verdwijnt om een steenstorter boven het stuk te kunnen brengen.
Welke hoek het stuk in het water moet aannemen om de voor de steenstorter nodige ruimte vrij te maken, hangt af van de waterdiepte. De krachten waarmee het stuk aan de kopzijde op de bodem moet worden gedrukt, zijn afhankelijk van het opdrijvend vermogen en de breedte van het stuk, alsook van de waterdiepte. Wil men het stuk onder een hoek van 45° in het water brengen, dan moet een even grote trekkracht in horizontale richting op het staarteinde worden uitgeoefend. De maximaal in het stuk op te nemen trekkracht neemt in dat geval van staart naar kop toe met een factor 1,5.
Om een idee te geven van de orden van grootte van de genoemde krachten: voor een stuk van 30 meter breedte met een opdrijvend vermogen van 15 kg/m² dat gezonken moet worden in 30 m diep water, is een zinkbalk nodig die onder water een gewicht heeft van 30 ton. Ook de ankerkracht zal minstens 30 ton moeten bedragen. Voor het opnemen van deze krachten zijn geen hanteerbare ankers voorhanden; in zo'n geval moet worden gewerkt met ankerpalen. Aan het kopeinde van het stuk, juist achter de drijftang, zullen in ons voorbeeld dus krachten optreden van 45 ton. Filterdoek zoals werd gebruikt bij de proeven in het Brouwershavensche Gat heeft een treksterkte van 25 à 30 ton per strekkende meter. Neemt men een tweevoudige zekerheid aan, dan mag men dit doek belasten met 12,5 à 15 ton per meter.
Nu gelden de aangegeven relaties bij stilstaand water. Aangezien zinkwerk echter vrijwel steeds zal worden uitgevoerd terwijl er stroom staat, moet ook de stroom in rekening worden gebracht. De krachten die de stroom op het stuk uitoefent, zijn evenredig met het aangestroomde oppervlak van het stuk en met het kwadraat van de stroomsnelheid. Elk stuk stelt zich afhankelijk van zijn opdrijvend vermogen en zijn ruwheid in op een bij de overtrekkende stroom behorende evenwichtsstand. Bij lage stroomsnelheden en in verhouding tot de lengte van het stuk geringe waterdiepte zal het stuk aanvankelijk van de bodem tot het oppervlak reiken. Bij toenemende stroomdruk komt het stuk steeds flauwer te staan, en op den duur wordt ook de staart ervan onder water gedrukt. Vanaf dat ogenblik gaan de krachten op het stuk minder snel toenemen, aangezien nu de aangestroomde oppervlakte van het stuk voortdurend afneemt. Een voorbeeld: bij een stuk met een lengte van 80 meter dat gezonken moest worden op een diepte van 15 meter liep de stroomkracht per meter breedte van het stuk op tot 200 kg bij een snelheid van 0,52 m/sec. Toen de staart onder water verdwenen was, liepen de krachten op tot 300 kg, bij een snelheid van 1 m/sec.
De in het Brouwershavensche Gat uitgevoerde proeven hebben de berekende relaties in het algemeen op bevredigende wijze bevestigd.

Verhogen en verzwaren van de zeedijk van de Hellegatpolder

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

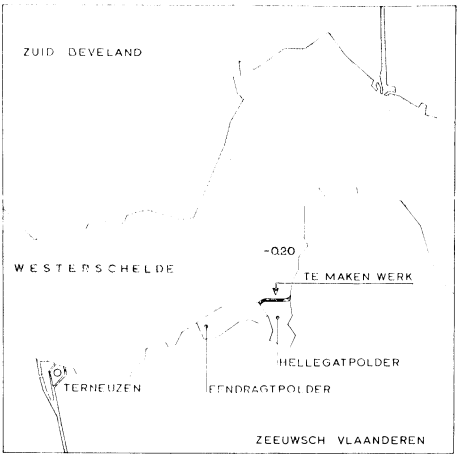
Op de urgentielijst voor de verbetering van de hoogwaterkeringen langs de Westerschelde komt deze dijk voor in de categorie van de hoogste urgentie.

De bestaande dijk heeft een lengte van 1350 m. De kruinhoogte van de dijk varieert van N.A.P. + 6 m tot + 5,50 m; de breedte van de kruin bedraagt 1,5 m. Het buitenbeloop heeft over het algemeen een helling van 1 : 3. De buitenberm, op een hoogte van N.A.P. + 4,80 m, heeft een breedte van 7,5 tot 8 m. Het onderwaterbeloop wordt slechts op het meest oostelijke gedeelte ter plaatse van het voormalige sluitgat verdedigd met een bestorting van Lessinische steen, onder een helling van 1:2. Voor het overige is geen verdediging aanwezig en heeft het beloop onder water een helling van ongeveer 1 : 5. Voor de dijk is een schor aanwezig die varieert in hoogteligging van N.A.P. + 1,70 m tot + 2,50 m. Het binnenbeloop van de dijk heeft een helling van 1 : 2. De binnenberm ligt op een hoogte van N.A.P. + 2 m en is 5 m breed; over de gehele lengte is deze berm van een 3 m brede wegverharding voorzien.

De nieuwe dijk

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

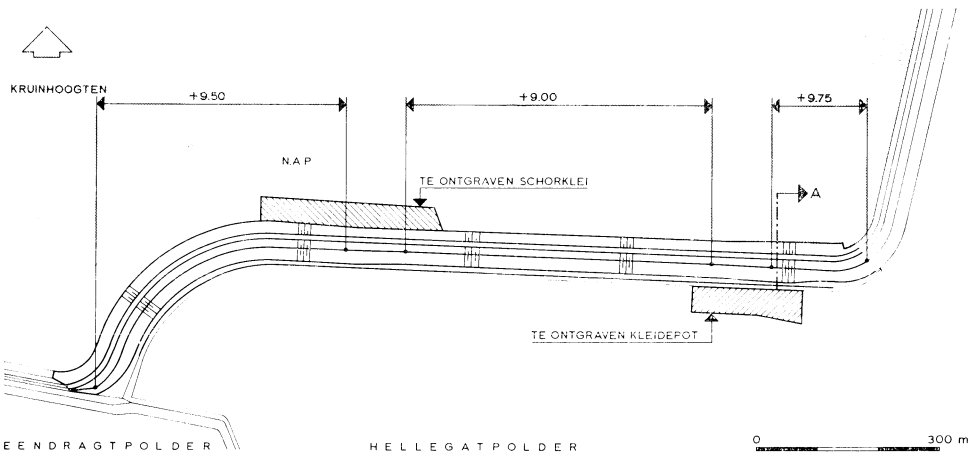
Ligging van de Hellegatpolder in Zeeuwsch-Vlaanderen



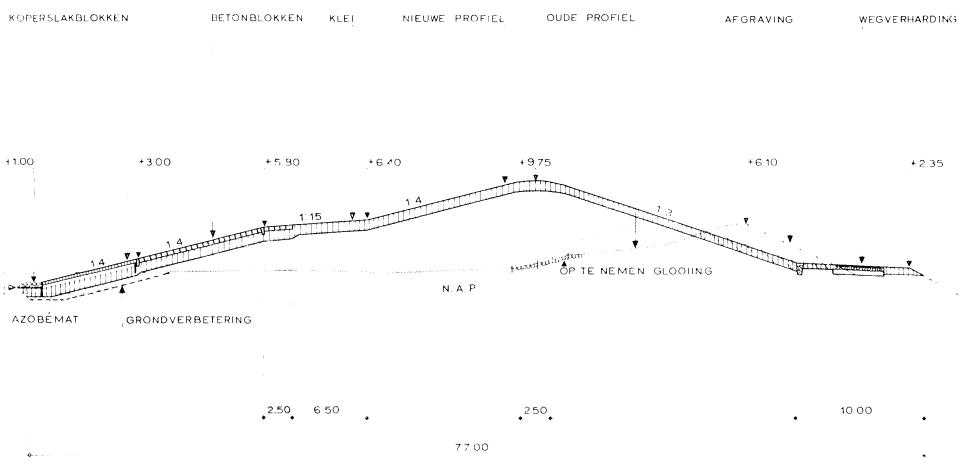
1 Overzicht van het te maken werk

2 Profiel van de nieuwe dijk

1



2



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

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

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

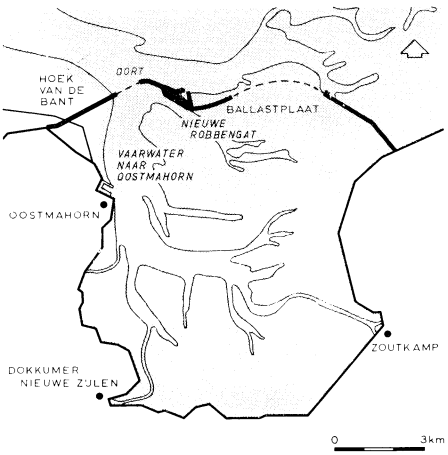
De hoogteligging van de teen varieert van N.A.P. + 0,50 tot + 1,50 m. Aan de teen wordt een 2 m brede azobémat aangebracht, te bestorten met de uit de vroegere bescherming van het onderwaterbeloop vrijkomende Lessinische stortsteen. De koperslakblokken worden gezet op twee vlijlagen en een spreidlaag van 5 cm bestaande uit gebroken Nederlandse steenslag 15–30 mm. De glooiing zal worden gesloten door perkoentegels met betonnen opsluitbanden. De klei voor de bekleding onder de glooiing wordt uit de bestaande schor gegraven, terwijl voor de buitenberm, het buitenbeloop en de kruin de klei uit een reeds tevoren aangelegd depot wordt aangevoerd. De klei voor het binnenbeloop komt van de bestaande dijk. De dikte van de kleibekleding bedraagt aan de buitenzijde en op de kruin overal 80 cm, en op het binnenbeloop 60 cm.

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

De dijkverhoging in uitvoering, 26 oktober 1967

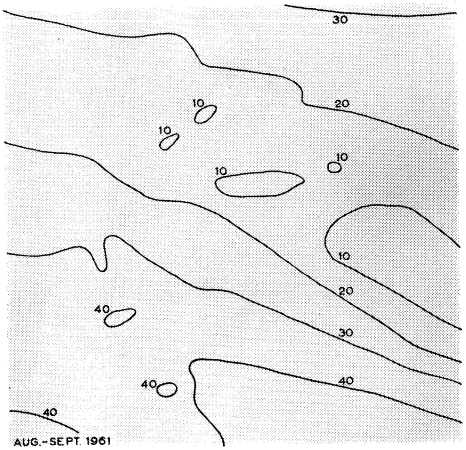


Veranderingen van de zeebodem door de uitvoering van de Lauwerszeewerken

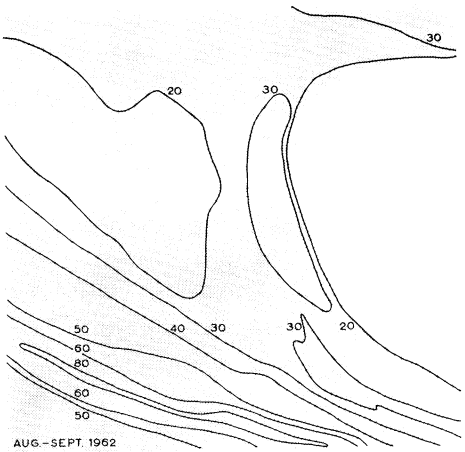


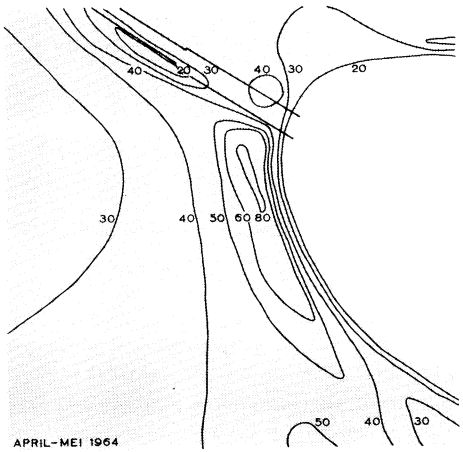
Situatie van de geulen in de Lauwerszee

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



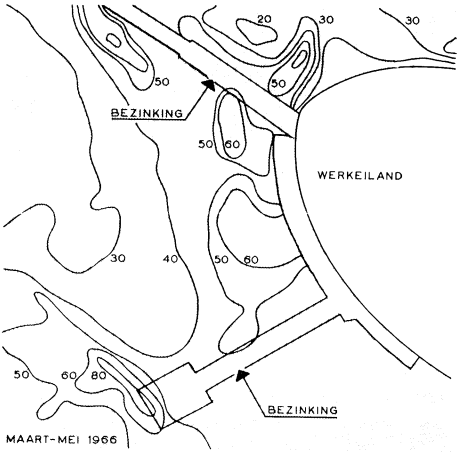
Ontwikkeling van het geulenstelsel rond de kop van het werkeiland



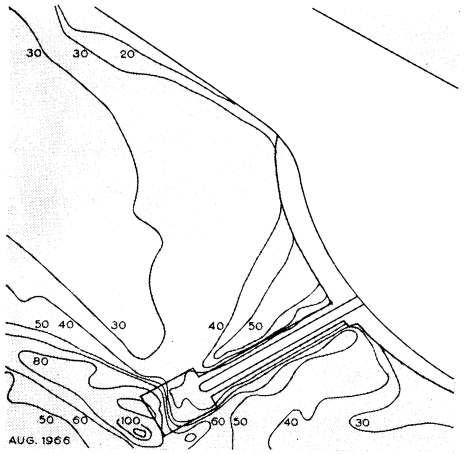


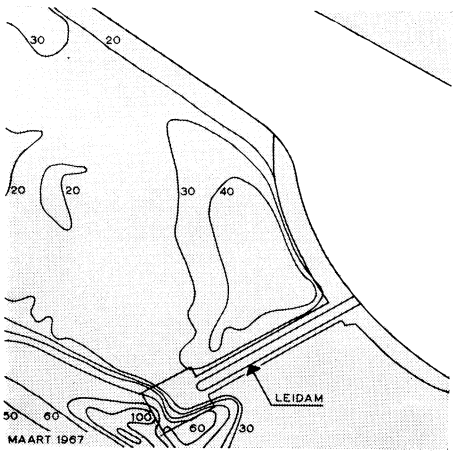
len van de Waddenzee zich in een dynamisch evenwicht. De ebstroom vervoert weliswaar zand- en slibdeeltjes zeewaarts, maar de vloedstroom brengt ze weer terug. Kleine verschillen tussen materiaaltransporten bij eb en vloed hebben na verloop van tijd wijzigingen tot gevolg van de bodem van de geulen en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

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



Ontwikkeling van het geulenstelsel rond de kop van het werkeiland





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

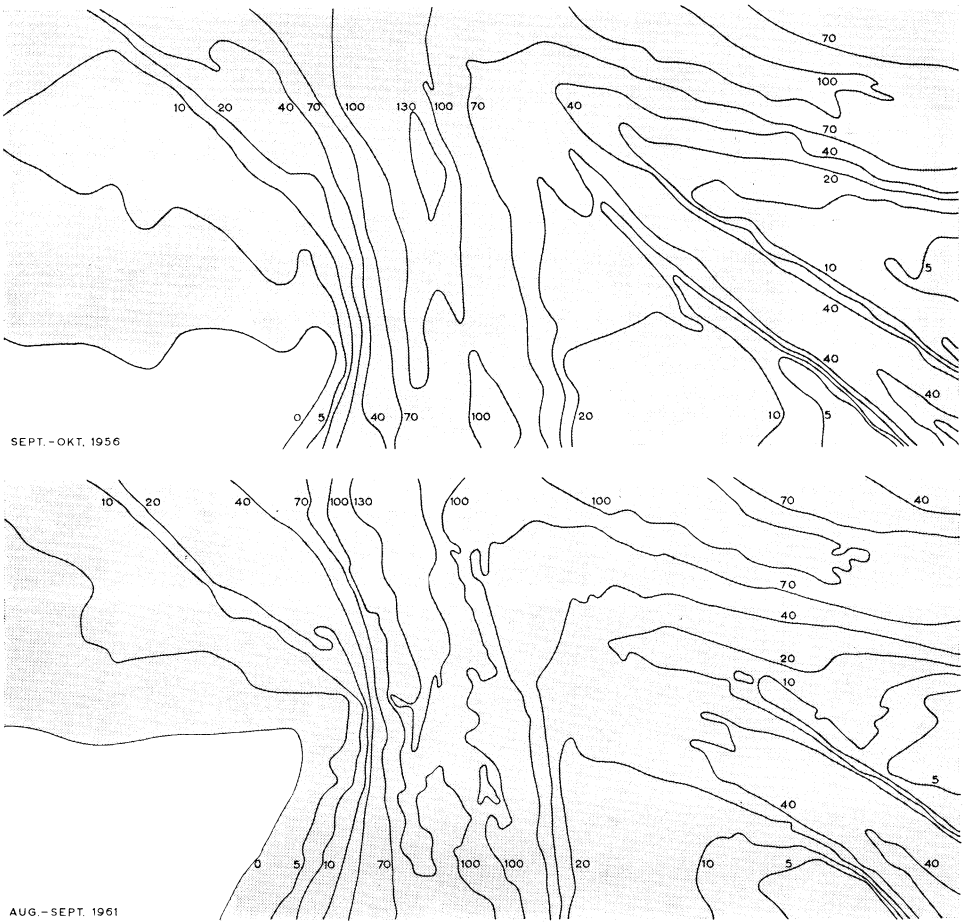
Dit verschijnsel heeft zich tussen 1850 en 1920 voorgedaan. Een overeenkomstig verschijnsel doet zich voor in de zeegaten tussen de Noordzee-eilanden. Daar is het het gevolg van het zandtransport in oostelijke richting. De conclusie ligt voor de hand, dat ook in het Waddengebied ten noorden van de Lauwerszee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

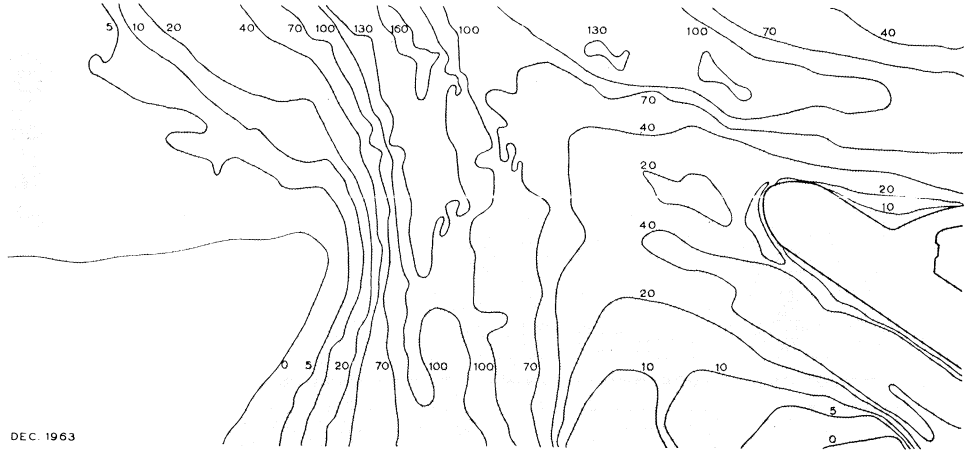
Metingen, verricht sinds de dienst Lauwerszeewerken in 1955 werd opgericht, hebben trouwens uitgewezen, dat de Hoek van de Bant ook in onze tijd voortdurend verder in oostelijke richting opdringt ten koste van het Vaarwater naar Oostmahorn.

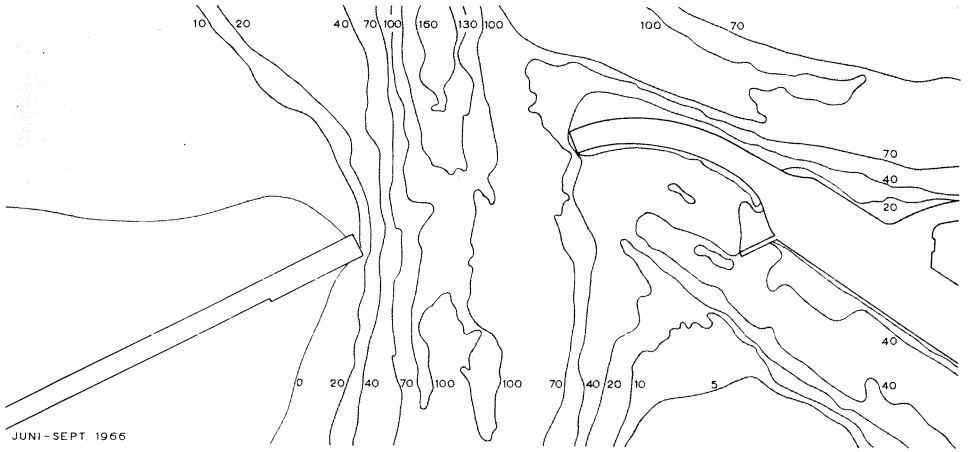
Zodra met de uitvoering van werken wordt begonnen, dat wil zeggen wanneer er op bepaalde plaatsen blijvende belemmeringen in de weg worden gelegd aan de natuurlijke stromen, nemen de stroomsnelheden plaatselijk sterk toe, en wordt het bodemtransport plotseling vele malen groter. Dit geldt des te sterker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

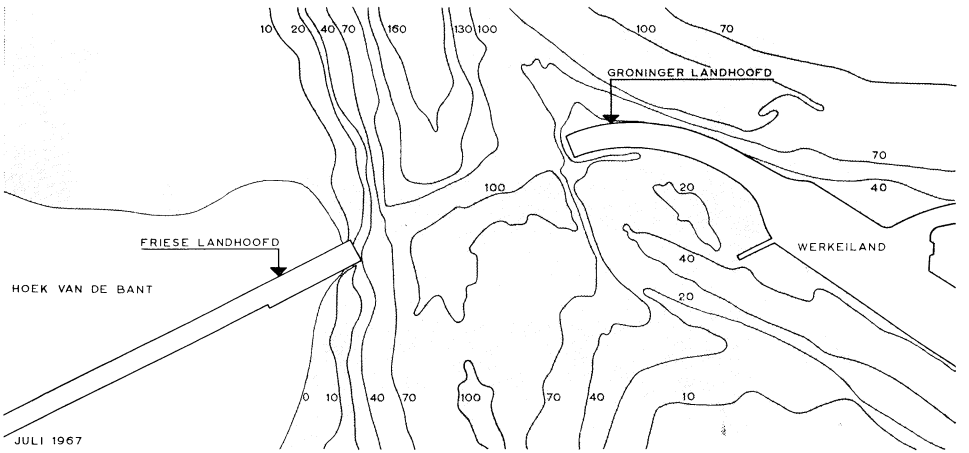
lang deze stroom verder uit zijn oorspronkelijke baan wordt gedreven.
De hogere stroomsnelheden rondom zulke werken brengen een verstoring teweeg in het daarvoor opgetreden dynamische evenwicht van materiaaltransport.
De sterkere stromen nemen bodemdeeltjes mee en laten deze elders weer tot bezinking komen. De daarop volgende stroming in tegenovergestelde richting doet hetzelfde, zonder evenwel nieuw bodemmateriaal naar de aldus ontstane verdieping aan te voeren. Zo ontstaat langzamerhand een nieuwe evenwichtstoestand, waarbij de eb- en vloedstromen

Ontwikkeling van de geulen ter plaatse van het sluitgat




5 10 20 40 70 100 130 160 100 130 100 70 40
70
40
20
20
10
40
20
0 5 20 70 100 100 70 10 10
5
0
DEC. 1963


10 20 40 70 100 150 130 100 100 70
70
40
20
40
0 20 40 70 100 100 70 40 20 10 5 40
JUNI-SEPT. 1966


10 20 40 70 150 130 100 100 70
GRONINGER LANDHOOFD
70
40
100
20
FRIESE LANDHOOFD
WERKEILAND
40
HOEK VAN DE BANT
20
0 10 40 70 100 70 40 10
JULI 1967

Ontwikkeling van de geulen ter plaatse van het sluitgat

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

Dit evenwicht werd ruw verstoord door de bouw van het werkeiland. De overtrek van water ter plaatse van het werkeiland, een vrij langzame stroom van ca. 0,30 m/sec, moest nu geheel om de westelijke kop van het werkeiland worden geleid. Uit modelonderzoek was al gebleken dat de stroomsnelheden plaatselijk zouden kunnen oplopen. De in de werkelijkheid optredende stroomsnelheden bleken nog iets groter te zijn dan geraamd. Bij eb werden snelheden van ongeveer 0,70 m/sec en bij vloed van 1,20 m/sec gemeten. De westelijke kop van het werkeiland was in het ontwerp geheel afgerond, omdat het niet zeker was in hoeverre de stroom hier zou bijdraaien en waar hij dientengevolge de kop zou raken.

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

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

wordt gezorgd dat de teen van de glooiingen rondom het eiland niet kan worden ondermijnd.
Tevens blijkt dat men door het maken van een obstakel een bepaalde geul in de nabije omgeving als het ware naar dit obstakel toetrekt, waar hij dan ook blijft liggen.
Het is de vraag of het de voorkeur verdient de stroom een zekere geleiding te geven zoals bij het werkeiland is gebeurd, dan wel de stroom slechts op één punt op te vangen door middel van een vooruitstekende dam. Bij de eerste oplossing moet een verdediging over een grote lengte worden onderhouden, maar doordat de stroom op een soepele wijze wordt geleid zullen er geen onverwacht grote ontgrondingen ontstaan die het eigenlijke werk in gevaar kunnen brengen.
Bij de andere oplossing wordt de stroom als het ware een eind van het werk weggeduwd, maar bij de kop van de leidam zal dan een uitermate felle stroom ontstaan, die in enkele getijden zeer grote verdiepingen veroorzaakt. Het onmiskenbare risico van een ernstige ondermijning geldt hier alleen voor de gemaakte leidam, en niet voor het eigenlijke werk, tenzij de stroom de gehele leidam weer zou opruimen.
Bij verdere uitbouw van het werkeiland in westelijke richting tot aan het oostelijke, Groninger landhoofd van het sluitgat is gekozen voor de tweede methode; daar werd een leidam van ongeveer 180 meter lengte vooruit gebouwd. In enkele tijen ontstond een verdieping van meer dan 5 meter voor de kop van de leidam, waardoor hier een grote kuil tot ongeveer N.A.P. — 11 m werd gevormd. De vooraf aangebracht bezinkingen hebben deze verdieping goed kunnen volgen, vermoedelijk omdat het zand daaronder voor een deel als loopzand naar de diepte is gevloeid. Door deze gelukkige omstandigheid ligt de oever van de uitschuringskuil aan de zijde van de leidam nu beschermd door een regelmatig hellende bezinking. De beide doelen die met het maken van de leidam werden beoogd, namelijk de westelijke uitbreiding van het werkeiland tijdens de bouw tegen al te sterke overtrekkende stromen te beschermen en de stromingen tussen het sluitgat en het Nieuwe Robbengat zo te richten dat een rustig stroombeeld ontstond, zijn volledig bereikt. Zelfs is het door de uitschuring van de kuil van de leidam vrijkomende zand voor een groot deel neergeslagen ter plaatse van de te bouwen dijk, waardoor een welkome besparing op de aanlegkosten werd verkregen. Met behulp van keileemdammen is de resterende dwarsstroom ter plaatse van dit dijkvak beteugeld.
Eind 1966 was het Groninger landhoofd gereedgekomen en tevens de horizontale drempel over de volle lengte van het sluitgat op N.A.P. — 8,50 m gebracht. Deze ingrepen brachten grote veranderingen mee voor het gehele gebied rondom het sluitgat. De leidam aan het Nieuwe Robbengat richtte de ebstroom naar het sluitgat, geheel volgens de voorspellingen van het Waterloopkundig Laboratorium. De ontgrondingskuil voor de kop van deze dam breidde zich langzamerhand in westelijke richting uit; verwacht werd dat er in het sluitgatgebied een doorgaande geul naar het diepe water zou ontstaan. De vloedstroom werd echter sterker door het sluitgat beïnvloed dan uit het modelonderzoek viel af te leiden. Ondanks de breedte van het sluitgat werd het water door een sterke stroomconcentratie nabij het Groninger landhoofd in vrijwel zuidelijke richting gestuwd. Hierdoor werd het voor het Nieuwe Robbengat bestemde vloedwater, toch nog altijd ongeveer een zesde deel van de totale stroom door het sluitgat, ongeveer 400 meter voortgestuwd voorbij de plaats waar de geul uit het Nieuwe Robbengat het sluitgat bereikt. Tengevolge hiervan is in het mondingsgebied van het Nieuwe Robbengat een geulen-

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

Door de lange horizontale drempel is het dwarsprofiel van de geul ter plaatse van het sluitgat van een gebogen in een rechthoekige vorm veranderd. De zandige geulbodem aan weerszijden van het met zinkstukken verdedigde gebied heeft zich in het afgelopen jaar sterk bij de rechthoekige vorm van het sluitgat aangepast. De hoofdstroom bij vloed ligt duidelijk aan de Groninger zijde van het sluitgat, waar ook uitgebreide verdiepingen zijn ontstaan tengevolge van sterke turbulentie. Bij eb blijft de hoofdrichting van de stroom ongeveer evenwijdig aan de as van het Vaarwater naar Oostmahorn. De sterkste stroom treedt hierbij op aan de Friese zijde van het sluitgat. Niettemin is hier aanzanding opgetreden, vooral langs de westelijke oever van het Vaarwater naar Oostmahorn aan de noordzijde van het in 1965 gebouwde dijkvak naar de Friese kust.
Na een stormachtige periode worden hier grote hoeveelheden materiaal afgezet, het meeste op de oevergedeelten boven N.A.P. — 4 m. Aan de onderzijde wordt dezelfde oever steeds verder door de versterkte ebstroom ondermijnd, zodat hier in het afgelopen jaar een zeer steil oevergedeelte is ontstaan. Toch zal de oever vermoedelijk in stand worden gehouden door de vele kleilaagjes die hier in de bodem worden aangetroffen. Om de ebstroom in dit gebied te versterken is in de winter 1967–1968 een hoeveelheid specie van de oever weggezogen. Men hoopt door deze maatregel het over de zandplaat bij de Hoek van de Bant aangevoerde bodemmateriaal in voldoende mate te verwijderen om het sluitgat bij het Friese landhoofd een goede doorstroming te verschaffen. De versterking van de stromingen door het sluitgat tengevolge van de verhoging van de drempel tot N.A.P. — 6,50 m en de grotere aanvoer uit het Nieuwe Robbengat zullen hierbij ten gunste werken. Overigens kan worden gesteld dat de ontgrondingen tot dusver binnen het aanvaardbare bleven; vermoedelijk tengevolge van het brede sluitgatprofiel en het regelmatige stroombeeld.
In vergelijking met de 30 m diepe ontgrondingskuilen die voorkwamen bij de sluiting van het Veersche Gat, zijn de 16 m die bij de Lauwerszee zijn gemeten, bepaald niet verontrustend.

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput

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

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

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

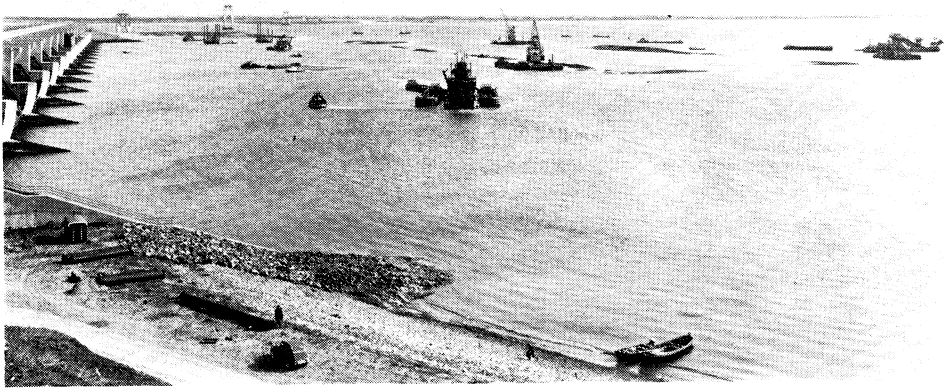
Het aan de zeezijde uitkomende zand wordt in een nieuw gemaakt stort ten zuiden van het buitenhaventerrein bij de schutsluits geperst. Nadat het baggerwerk aan de zeezijde was gereedgekomen kon het zinkwerk binnen de ringdijk worden klaargemaakt. Met behulp van een drijvende kraan werden tetraëders op het uiteinde van het stortebed geplaatst. Begin maart was het baggerwerk aan de rivierzijde zover gevorderd, dat ook hier met zinken en afstorten van bodembeschermingen kon worden begonnen.

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

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

In deze periode werd uit de bouwput 230 000 m^3 zand gezogen en geperst, en 255 000 m^3 gebaggerd en geklapt. Uit de toeleidingsgeulen werd 330 000 m^3 gebaggerd en geklapt en 100 000 m^3 gezogen en in depot geperst. Uit de havendammen werd 17 000 m^3 stortmateriaal geladen en geklapt tegen de Voornse oever.

Gezonken werd 45 000 m^2 zinkstuk. In de grindkoffer en op de zinkstukken werd 45 000 ton grind en 41 000 ton stortsteen verwerkt. Er werden 720 tetraëders geplaatst.



Concentratie van materieel tijdens het opruimen van de ringdijk

Uitbreiding van de binnenhaven te Stellendam

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

Volkerak

Caissonbouw

Dank zij de gunstige winterperiode en de voorzieningen die door de aannemer werden getroffen om in het koude jaargetijde door te kunnen gaan ook met het storten van beton, werd het hoge tempo van de werkzaamheden aan de caissons gehandhaafd.
Van de 13 te maken doorlaatcaissons kwamen 7 caissons compleet met aankleding van lierbordessen, lieren, schuiven en drijfschotten, bedrijfsvaardig gereed, terwijl van 3 caissons het betonwerk gereed kwam. Van de overige 3 caissons moeten de bovenbakken nog worden gestort. Van de 2 te maken landhoofdcaissons kwam er één geheel en de andere voor de helft gereed.
Door derden werd begonnen met het aanbrengen van de bekabeling en de verlichting van de doorlaatcaissons en met het aansluiten van elektromotoren op de lierwerken.

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

De opbouw van het zandlichaam van het damvak vordert goed. Begin februari kon de Geul van Maltha, die 150 m breed en tot N.A.P. — 4,50 m diep is, met zand worden afgesloten.
De zandwinning op de rivier werd verricht door de profielzuigers 'IJmuiden II' en 'Holland VI' en de bakkenzuigers 'Anversoise' en 'Voorburg'. De gemiddelde weekproduktie bedroeg 50 000 m³. Direct na de sluiting van de Geul van Maltha werd begonnen met de opbouw van het zandlichaam voor de westelijke oprit van de overbrugging van de schutsluizen. Binnen de ring van het damvak is inmiddels de cutterzuiger 'Zwalm' begonnen met de ontgraving van de Plaat van Maltha tot N.A.P. — 4 m, waarbij een havenbassin met afmetingen van 230 x 250 m en een toegangsgeul met een bodembreedte van 50 m worden ge-

vormd. De specie wordt geperst in het damlichaam boven N.A.P. + 2 m.
Het damlichaam wordt thans met mijnsteen, grof grind en stortsteen bekleed. De ontgraving tot N.A.P. — 9,75 m in het sluitgat is voltooid.
Op de juist voltooide baggervakken bleek geulvorming te ontstaan doordat de stroomsterkte was toegenomen. Dit probleem kan worden ondervangen door zand in de uitgesleten geulen te klappen, waarna de bezinking verder kan worden aangebracht.
De bezinking over 80 m aan weerszijden van de drempel in het sluitgat is gevorderd tot het meest diepe gedeelte van het sluitgat aan de westzijde.
Alvorens dit gedeelte met zand op te klappen tot N.A.P. — 9,75 m wordt de krib aan de Hellegatdamzijde ongeveer 45 m ingekort en de oever aldaar geprofileerd onder een helling van 1 : 5 en met zinkstukken afgedekt; dit laatste om te voorkomen dat de sterke ebstroom, en in mindere mate de vloedstroom, door het wegbaggeren van de krib ernstige ontgrondingen zou kunnen veroorzaken in de onmiddellijke omgeving van het te maken westelijke landhoofd.
De baggermolen 'Port-Said' is begonnen met de baggerwerkzaamheden voor het verwijderen van de krib en het profileren van de oever.
De verdere opbouw van de drempel met grind 2–5 mm, grind 3–20 cm en zware steen 60–300 kg vordert goed.
Het aanbrengen van een asfaltdam in de Geul van Maltha door het asfaltschip 'Dorus Heymans' vordert gestaag; de drempel van zandasfalt reikt thans tot N.A.P. — 0,50 m. In totaal is reeds 17 000 ton zandasfalt verwerkt.

Bouwershavensche Gat

Bodembescherming in de zuidelijke stroomgeul

De werkzaamheden voor dit onderdeel zijn praktisch voltooid. In de verslagperiode werd in het diepe gedeelte van de geul, op ca. N.A.P. — 24 m, als proef een drietal zinkstukken gezonken waarin een kunststofweefsel was verwerkt. De proef met deze zinkstukken van afwijkende constructie kan als geslaagd worden beschouwd. De aangebrachte proefstukken maken dan ook deel uit van de definitieve bodembescherming.
In de middenstrook van het bezinkveld is men begonnen met het aanbrengen van een 1 m dikke laag fijn grind, die zal worden afgedekt met zinkstukken.

Dok voor de bouw van de doorlaatcaissons bij Nieuw Bommenede

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

Oosterschelde

Werkhaven 'Schelphoek'

De werkzaamheden aan deze werkhaven werden nagenoeg voltooid. Het bagger- en cutterwerk in en buiten de haven kwam gereed, en een groot gedeelte van de uit grindasfaltbeton samengestelde werkwegen en de aansluiting daarvan op de provinciale weg werd voltooid.
Er werd een drijvende aanlegsteiger voor vletten aangebracht; het heiwerk voor de houten dukdalven en voor de lichtopstanden kon worden beëindigd. Thans rest nog het voltooien van de grindasfaltbetonwerkwegen bij de persleiding, en enkele andere ondergeschikte werkonderdelen. Naar het zich laat aanzien zal omstreeks half april de eerste oplevering van het gehele werk kunnen plaatsvinden.

Het aanvoeren en lossen van stortsteen in de werkhaven Schelphoek

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

De oeververdediging van Noord-Beveland

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

Werkhaven 'Sophia-polder'

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

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





C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en Fiemel

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

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en de Oostpolder

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

Verhoging van de zeedijk langs de Groninger noordkust

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

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

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

en gegunde werken

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

gesloten ondershandse overeenkomsten

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

openbaar bestede en gegunde werken

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

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Aerophoto Eelde	219	220				
G. de Klerk	190	191	194	197	217	
Rijkswaterstaat	174	176	177	201	202	
Slagboom	207					

Inhoud nr. 45

A. De werken van het Deltaplan

227 Versiering van de Deltawerken

234 Experimenteel verziltingsonderzoek

244 De inrichting van het Grevelingenbekken

252 De invloed van de afsluiting van het Volkerak op de getijbeweging in het Deltagebied tot aan de afsluiting van het Haringvliet

259 Onderbouw van de kabelbaan over het Brouwershavensche Gat

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

266 Het dijkvak op de Zuidwal

274 **Vorderingen**



'Wind en Water' van Carel Kneulman

Versiering van de Deltawerken

De Deltawerken zullen hun eigen monument zijn. Geen gedenktekens zullen ons en latere generaties een overtuigender indruk kunnen geven van de grote nationale inspanning die de afsluiting van de zuidwestelijke zeegaten geweest is, dan de dammen, bruggen en sluizen zelf. Hun omvang, hun ligging in de brede rivierlandschappen en hun functionele vormen maken op de beschouwer een bij uitstek monumentale indruk; niet alleen bij mooi zomers weer, maar op een verhevigde manier bij stormachtige lucht en een aangaande zee. Een goed kunstwerk – de betekenis van het woord wordt hier al dubbelzinnig – moet kunnen worden aangeraakt en beklommen. Aan deze eis voldoen de Deltawerken in het bijzonder. Over de dammen worden snelwegen aangelegd, naast wegen voor langzaam verkeer, zodat men er in een voertuig in een tempo naar keuze overheen kan rijden. Grote in de dam opgenomen kunstwerken, zoals de uitwateringssluizen in het Haringvliet, zullen wellicht blijvend aantrekkelijk blijken als doel van een excursie.
Hier en daar wordt in de onmiddellijke omgeving van de dammen de gelegenheid geopend om te spelen en uit te rusten. Halverwege de dam door de Grevelingen vindt men een restaurant, en over de snelweg op de binnenberm van de dam door het Brouwershavensche Gat komt een ongelijkvloerse kruising, met behulp waarvan men vanaf de grote weg en vanaf de brede parkeerberm aan de buitenzijde van de dam de aan de binnenzijde naast de dam gelegen camping en speelweide op de Middelplaat, midden in het Brouwershavensche Gat, kan bereiken.
Het is in het algemeen toegestaan voor rekening van het Rijk uitgevoerde bouwwerken esthetisch te verfraaien, indien het daarvoor door het Rijk ten koste te leggen bedrag niet hoger wordt dan in de orde van grootte van $\frac{1}{2}$ à 1% van de bouwsom. Voor de verfraaiing van de Deltawerken heeft men in dit opzicht nog niet veel gedaan; wat men gedaan heeft is tot nu toe voornamelijk beperkt gebleven tot het aanleggen van verlevendigende grasperken of enig plantsoen en tot het incidenteel opspuiten van een strandje, bij voorkeur door het gebruik van overtollige specie, dus door het maken van 'werk met werk', zodat de nieuwe werken waar nodig een meer speels en menselijk aanzicht kregen.
Natuurlijk blijft de wens bestaan, nog eens een groot Delta-monument op te richten. De



Op 4 juli jl. werd het beeld 'Wind en Water' op de Veersche Gatdam nabij Vrouwepolder onthuld

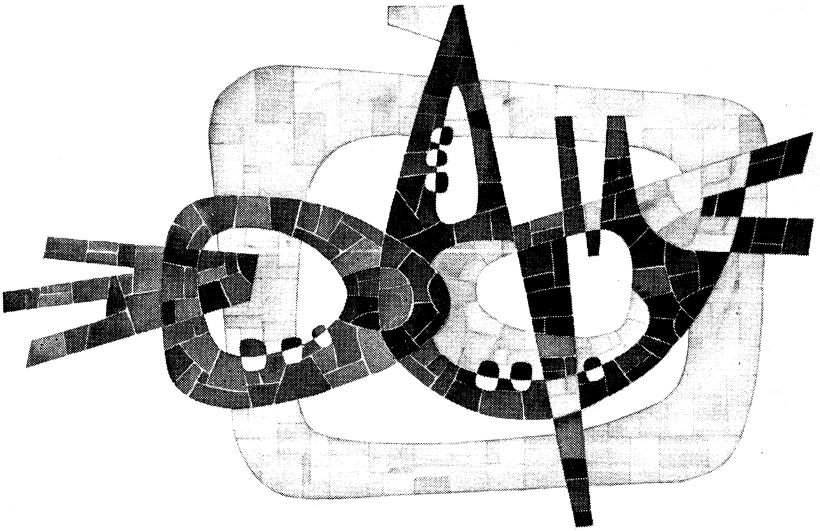
monumentaliteit van de Deltawerken nijgt lichtelijk naar de monotonie, de lijnen zijn allemaal wel erg horizontaal, er is in al deze monumentaliteit zeker nog wel plaats voor een monument. De Afsluitdijk levert daarvan een sprekend voorbeeld. Daarbij komt, dat de bouw van een monument de mens de indruk geeft dat hij zichzelf, zoals dat heet, vereeuwigt – een dubieuze term in het licht van de relatieve bodemdaling. De wens om een gedenkteken achter te laten, leeft zeker ook bij de aannemers. Er zijn echter enorme moeilijkheden te overwinnen als het gaat om het plaatsen van een monument binnen de geweldige dimensies van de Deltawerken. Zo is een aanbod, door de aannemers gedaan, om in het Haringvliet een monument te stichten en over te dragen aan het Rijk, vast-

gelopen op artistieke moeilijkheden. De aanvankelijke opzet was, een monument van niet al te grote omvang te plaatsen nabij de uitwateringssluizen. De sluizen zelf, en het bedieningsgebouw, domineren echter reeds zodanig in de wijde vlakte, dat een monument van de voorgestelde grootte eenvoudig niet zou worden opgemerkt. Een groot monument in of op het dijklichaam zou een kostbare fundering en aanzienlijk meer geld vragen en grotere technische consequenties hebben dan men bereid was te aanvaarden. Een vooraanstaand kunstenaar, voor dit project benaderd, zag na lang beraad ook geen mogelijkheid om te gaan ontwerpen en te realiseren op een zo grote schaal als hier nodig zou zijn, zodat dit project voorlopig werd opgegeven.

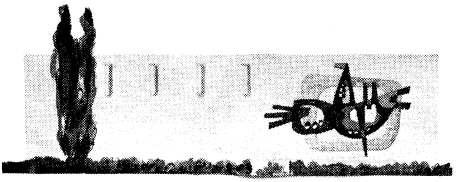
'Wind en Water'

Sedert de afsluiting met caissons van het Veersche Gat in 1961 leefde de wens om de dam met een plastiek te verfraaien. Opdracht tot het ontwerpen van zulk een plastiek werd gegeven aan de Amsterdamse beeldhouwer Carel Kneulman. In nauwe samenwerking met de Rijksadviescommissie Monumentale Kunsten van het Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk, heeft de heer Kneulman in totaal 5 proefontwerpen gemaakt, waarvan uiteindelijk het ontwerp 'Wind en Water' in uitvoering werd genomen. Op donderdag 4 juli 1968 kon het beeld worden onthuld in aanwezigheid van een beperkt aantal genodigden, waaronder de heer en mevrouw Kneulman.
Voorafgaand aan de onthulling werd het woord gevoerd door het hoofd van de Deltadienst, een vertegenwoordiger van het Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk en een lid van de Raad van Bestuur van de N.V. Dijksbouw. De onthulling zelf werd verricht door mevrouw M. A. Dibbits-Colenbrander, echtgenote van ir. H. A. M. Dibbits, die tijdens de bouw van de dam door het Veersche Gat hoofd was van de directie Zuid van de Deltadienst. Het onthulde beeld is door de kunstenaar 'Wind en Water' genoemd. De sculptuur, op een zo hoge rechthoekige sokkel op het binnentalud van de dijk geplaatst dat ze van vrijwel alle kanten gezien vrijstaat tegen de lucht, heeft aan de zeezijde ronde vormen, terwijl er naar het land gericht felle bekken aanzitten, die de agressie verbeelden waarmee de wind het water tegen het land opjaagt, en als het kan er overheen. Het beeld is uitgevoerd in brons, en zal in de eerstkomende jaren verzwarten, en daarna wellicht groen worden, al moet men afwachten welke uitwerking precies de zoute zeewind op de patina zal hebben. Opvallend is, hoe goed het beeld het uithoudt tegen de dijk. De goedmoedig-ronde vorm van de asfaltdijk levert een paar mooie zachte lijnen als fond voor de onrustige, vliegende plastiek. Het is de bedoeling dat op de sokkel nog een gedenkplaat zal worden aangebracht waarop te lezen zal zijn dat het beeld werd gemaakt voor de aannemingsmaatschappij Dijksbouw N.V., die de dam bouwde in opdracht van de Rijksoverheid.
Van Carel Kneulman staan in ons land en in het buitenland verschillende werken. Wij noemen onder andere het dubbelbeeld 'Europeanen' tegenover het Concertgebouw te Amsterdam, het grote brons op de ingangsluifel van het Hoofdcommissariaat van Politie te Den Haag en het Lieverdje in Amsterdam. In de Versöhnungskirche in het voormalige kamp Dachau bij München is een vier meter hoog beeld van Kneulman geplaatst, dat zich uitspreekt over het hier geleden leed: Drie mannen in de vurige oven.

Het centraal machinegebouw van de schutsluizen in het Volkerak is zo zwaar ontworpen dat het behalve bij een directe voltreffer ook tijdens en na een nucleaire oorlog kan blijven functioneren. Het behoeft misschien geen betoog, dat deze additionele eis het machinegebouw esthetisch niet ten goede gekomen is; het ziet er dreigend en massief



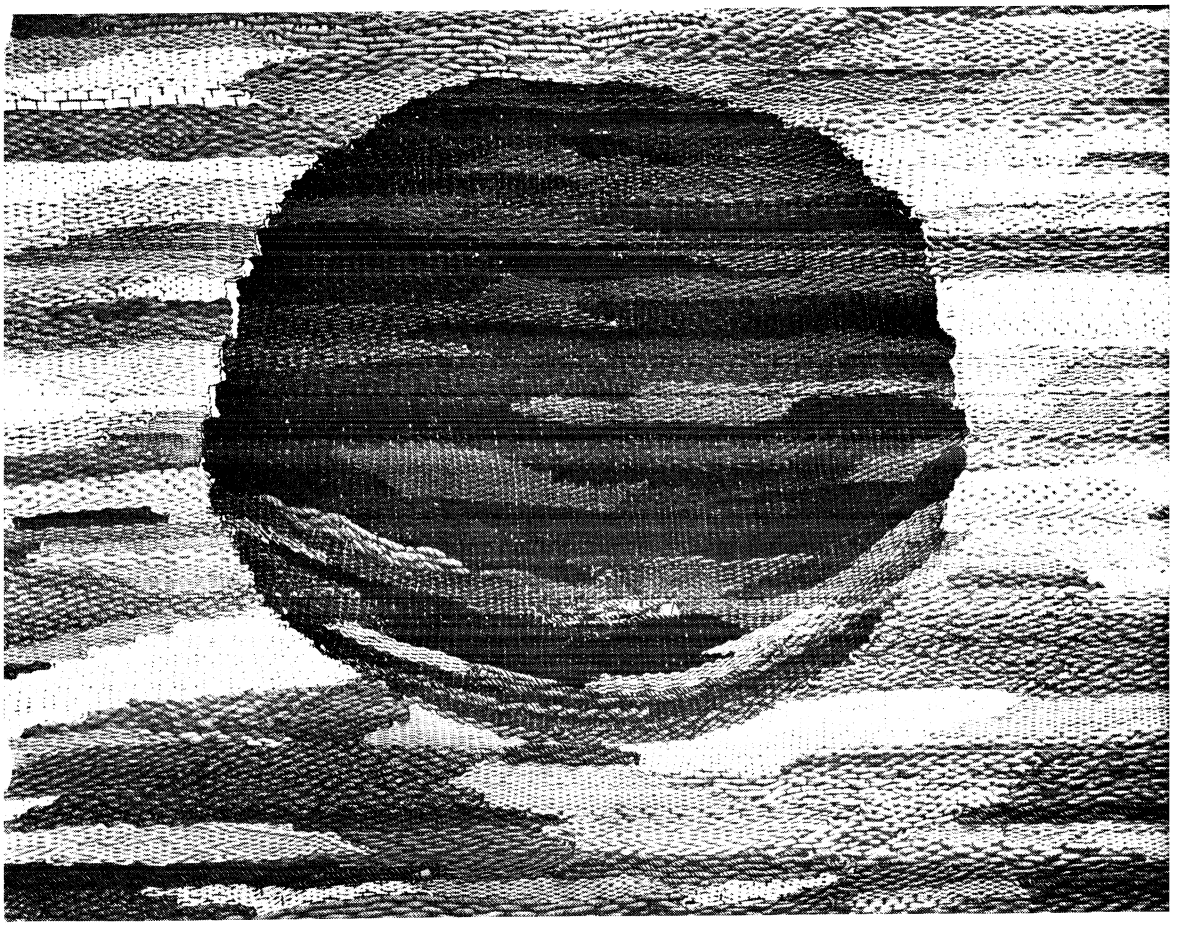
De versiering op het centraal machinegebouw van de schutsluizen in het Volkerak



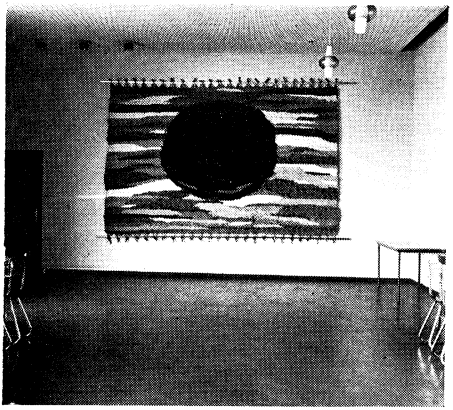
uit en het aanbod van de aannemer om een der gevels van dit gebouw met een plastiek te laten versieren, werd door de Deltadienst dankbaar aanvaard.
Een vrije opdracht werd verstrekt aan de kunstenaar Jan van den Brink te Etten (N.B.), die een relief in keramische tegels ontwierp met als belangrijkste figuur een vogel. De kunstenaar koos de noordgevel van het gebouw uit als plaats voor zijn plastiek. Omdat daar weinig scherp licht komt, had het geen zin een plastische vorm te ontwerpen. Om het grote grijze betonvlak zo veel mogelijk te verlevendigen, heeft de kunstenaar het grove materiaal bouwkeramiek gekozen, een van de weinige grondstoffen die tegen zoveel beton niet verielen. Het gebouw staat nogal geïsoleerd en de plastiek zal dan ook meestal van vrij grote afstand worden gezien. De vormen zijn daarom eenvoudig gehouden, mede om de harmonie met de betonkubus niet te verstoren. Een rand van kwartsiet zorgt voor de overgang van keramiek naar beton. De plaats op de gevel werd bepaald door een viertal uitlaatpijpen die links in de muur zitten verwerkt. Om een zeker kleurenevenwicht te bereiken, zal onder de uitlaatpijpen een opgaande beplanting worden aangebracht. Het ontwerp van Van den Brink is aanvaard, en zal binnen afzienbare tijd aan het machinegebouw worden aangebracht.
Aan de uitwendige versiering van het bedieningsgebouw van de uitwateringssluizen in het Haringvliet is nog niets gedaan. Voor het interieur van dit gebouw daarentegen is in

1967 een belangrijke aankoop verricht, in de vorm van een wandkleed van touw, gemaakt door mevrouw Will Fruytier te Ouderkerk aan de Amstel. Het wandkleed, dat een plaats heeft gekregen in de kantine op de eerste verdieping van het bedieningsgebouw, is vervaardigd in het atelier. Grotere wandkleden, zoals dat in de hall van het nieuwe gebouw van de NedLloyd te Amsterdam. maakt mevrouw Fruytier wel 'in situ': de ketting wordt dan gespannen aan de wand waar het kleed moet komen te hangen, en het werk wordt ter plaatse vervaardigd. Het doek dat thans eigendom is van de Rijkswaterstaat, werd gemaakt voor de Biënnale de Tapisserie 1965 in Lausanne. Zoals alle kleden van mevrouw Fruytier, bevat het uitsluitend natuurlijke tinten: kleurstof komt er nooit aan te pas. De kunstenaresse koopt touw, zo mogelijk gebruikt, anders nieuw. De donkere tinten worden geleverd door geteerd of getaand – door koken in taan verduurzaamd – touw. Dit doek werd op touw gezet als een experiment in rond weven. Probeert men dit kunstje met een gewoon gobelinweefsel, dan zal het bol gaan staan en scheef trekken;

Het wandkleed van Will Fruytier



1

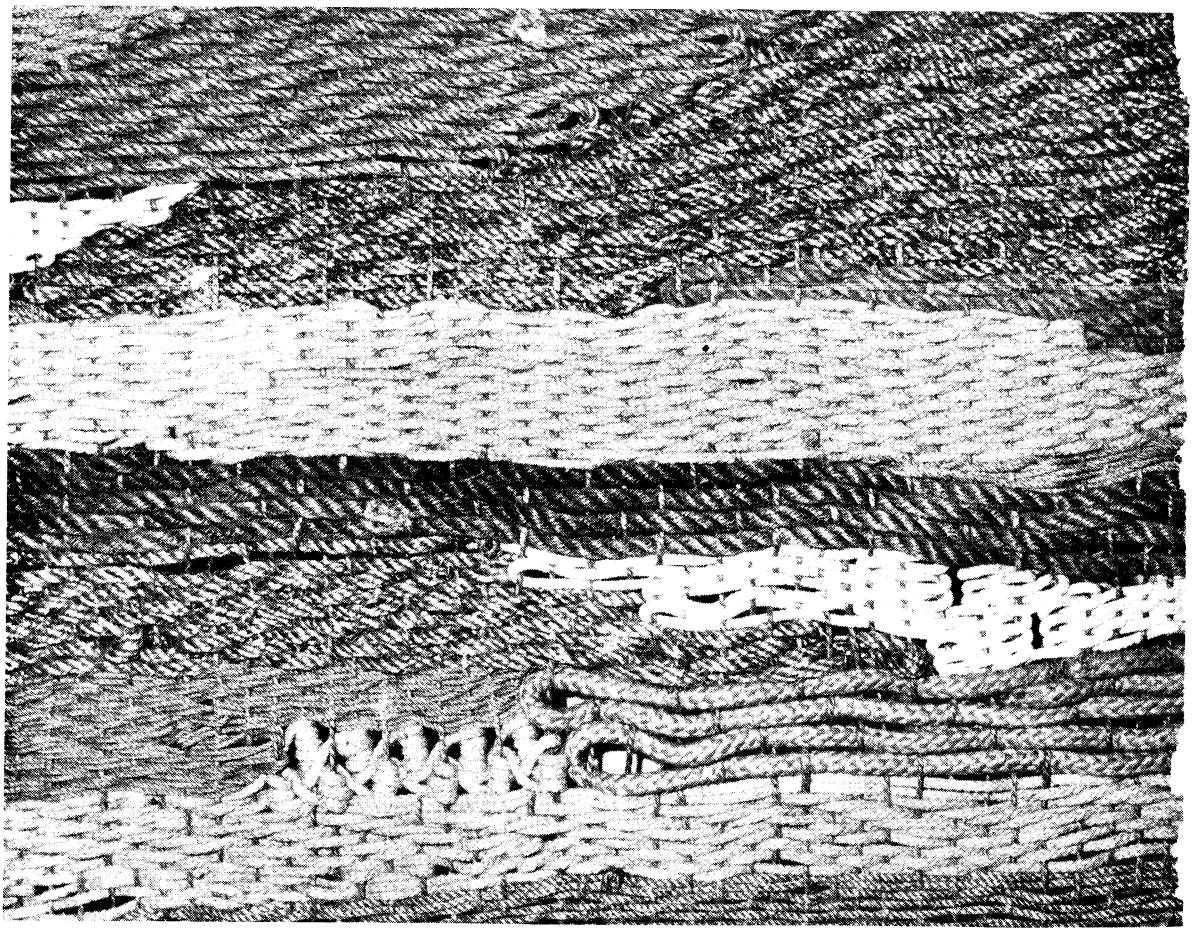


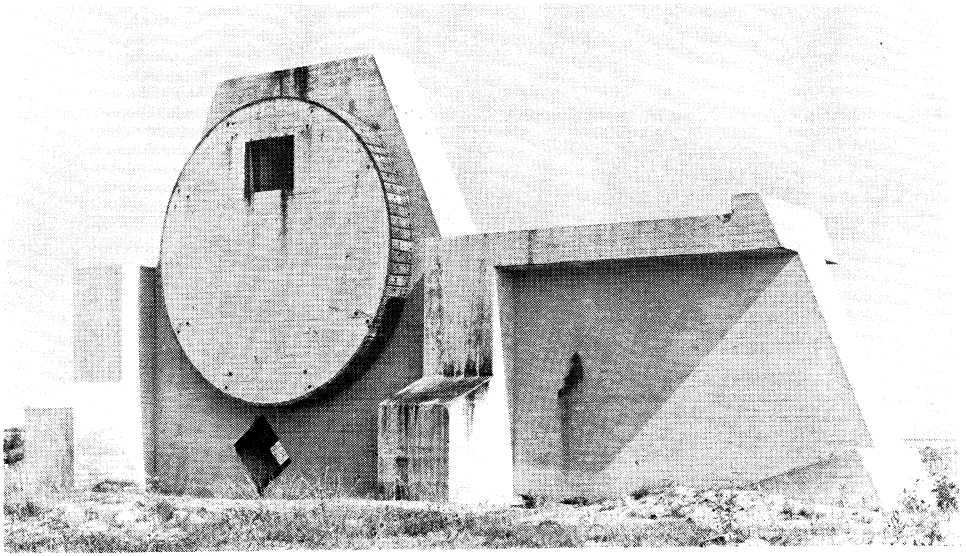
1 Het wandkleed in de cantine van het centraal bedieningsgebouw in het Haringvliet

2 Detail van het wandkleed

3 Het ankerblok op de dam door de Grevelingen

2





3

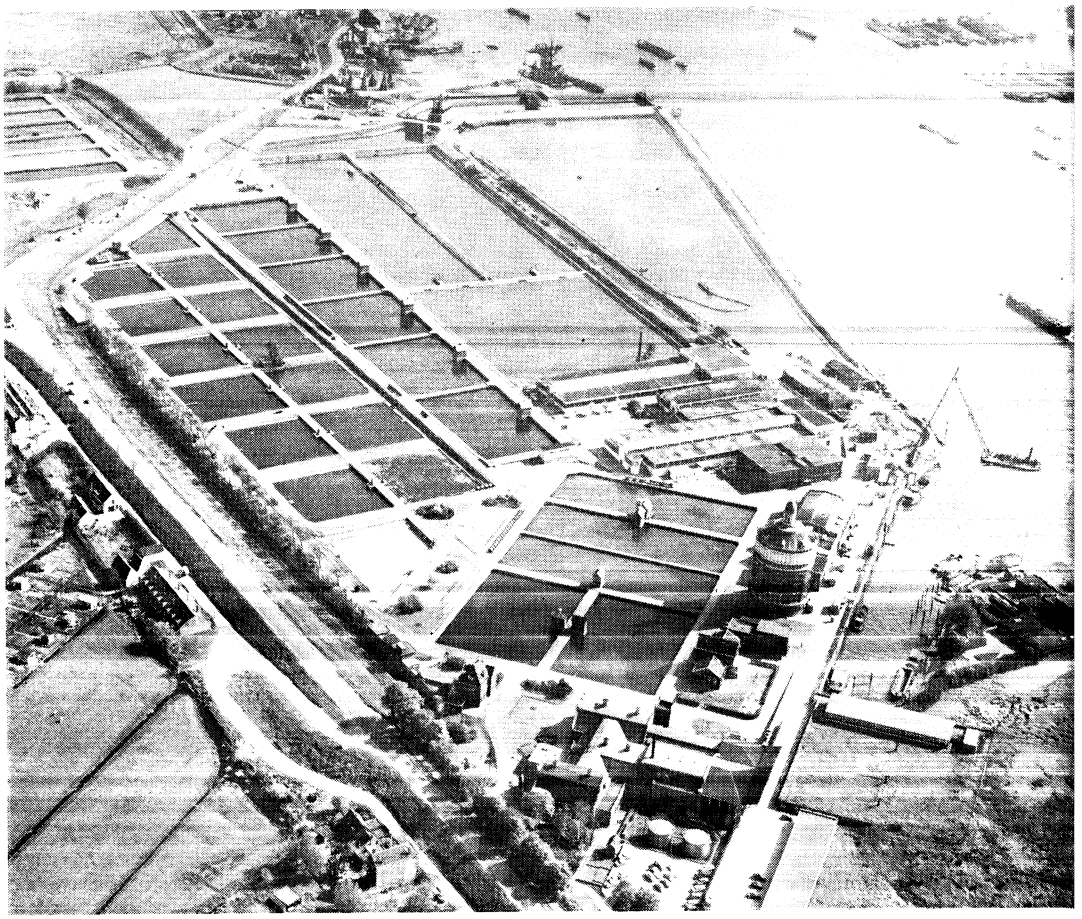
maar het door mevrouw Fruytier zelf gebouwde weeftoestel maakte het mogelijk deze Koptische techniek opnieuw toe te passen.
Ander werk van Will Fruytier: een groot, in opdracht vervaardigd wandkleed in de Doelen te Rotterdam, en een wandkleed in het Havenziekenhuis aldaar. Op een voorjaarstentoonstelling in Haarlem confronteerde mevrouw Fruytier het publiek dit jaar met haar nieuwste experimenten: doeken van geheel egale kleur – alles is uitgevoerd in dik wit katoen –, waarvan alleen nog de structuur spreekt.

De natuur is een groot kunstenaresse; maar de techniek kan, bij haar driftig zoeken naar optimale functies, toch opeens niet minder verrassende vormen voortbrengen. Voor de vaste verankering van de kabelbaan waarmee in 1964 de noordelijke geul van de Grevelingen werd gesloten, was op het noordelijke landhoofd van het sluitgat een ankerblok van beton gebouwd, dat de kabelkrachten op de grond moest overbrengen. Het meest opmerkelijke onderdeel van dit blok is een ronde haspel, waar de kabel vijf keer omheen geslagen werd, alvorens te worden vastgemaakt aan het blok. Het blok is met in twee richtingen schoor geheide palen ondersteund.
Het zou een kostbaar karwei zijn, dit ankerblok op te ruimen. Wie het op een tocht over de Grevelingendam opeens aan de kant van de weg ziet staan, voelt dat het niet alleen duur, maar ook jammer zou zijn, dit – niet als zodanig bedoelde – technische monument te doen verdwijnen. De bevolking van de omliggende gemeenten ervaart dit blijkbaar net zo, want in het voorjaar van 1968 kwam in de plaatselijke pers een actie op gang, om het ankerblok, dat ook wel haspel, of op z'n Frans tambour, of zelfs Deltaklok genoemd wordt, voor de toekomst te sparen. Een meer authentiek aandenken aan de verbinding van twee voorheen geïsoleerde eilanden is niet denkbaar. De wensen van de bevolking, door de burgemeesters van de gemeenten Oostflakkee en Middelharnis aan de Deltadienst overgebracht, sloten op gelukkige wijze aan op voorstellen die binnen die Dienst al waren gedaan. De bedoeling is nu dat een plaatselijk comité geld bijeenbrengt voor een eenvoudige gedenkplaat met de tekst: 'Dit ankerblok herinnert aan de kabelbaan die de verbinding tot stand bracht tussen Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland.'

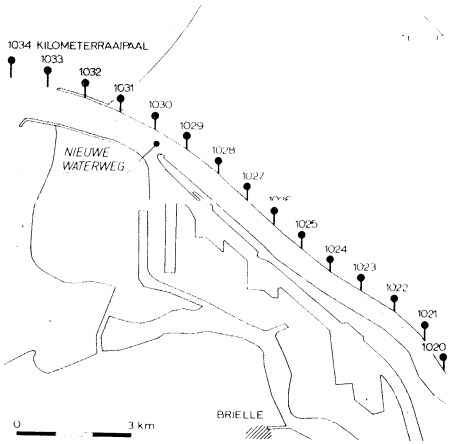
Experimenteel verziltingsonderzoek

De grote rivieren zijn van veel belang voor de waterhuishouding van ons land. Dit geldt vooral voor de laaggelegen poldergebieden, die voortdurend met verzilting vanuit zee worden bedreigd. Het zeewater kan zich over grote afstanden landinwaarts verspreiden door de open riviermonden en door kanalen, die door sluizen van de zee zijn afgesloten. Wanneer zoet water aan de benedenlopen van de rivieren of aan de kanalen moet worden onttrokken voor de voorziening in de behoefte van land- en tuinbouw of van bevolking en industrie, zullen zich moeilijkheden voordoen, zodra de onttrekkingspunten binnen de invloedssfeer van de verzilting geraken.
Reeds in het begin van deze eeuw rees de vraag of op die plaatsen waar rivierwater voor de drinkwatervoorziening aan de benedenrivieren werd onttrokken, in de toekomst wel steeds over voldoende zout water zou kunnen worden beschikt. Aanleiding tot die vraag was de verzilting van de Nieuwe Waterweg, die voortschreed naarmate de werken tot verbetering van deze nieuwe scheepvaartweg een grotere omvang aannamen. Reeds in 1892 en 1905 werden uitvoerige metingen verricht om de mate van verzilting nabij de mond van de Nieuwe Waterweg vast te stellen. In de zomers van 1907 en 1908 werden in de Nieuwe Waterweg, de Brielsche Maas, het Haringvliet, het Volkerak en de Krammer opnieuw zoutmetingen verricht, ditmaal in het raam van een van rijkswege verricht onderzoek naar de eventuele bedreiging der wateronttrekkingspunten, de zogenaamde 'prises d'eau'. De toelichting op de nota inzake dit onderzoek concludeert echter: 'dat de verrichte metingen geen voldoende uitsluitsel geven omtrent de beoordeling van de vraag of een prise d'eau op een bepaalde plaats steeds over voldoende zoet water kan beschikken. De verrichte metingen zijn slechts op enkele dagen in het goede seizoen verricht. Dit onderzoek was reeds zo kostbaar dat er met de beschikbare geldmiddelen geen sprake kon zijn van een langduriger onderzoek gedurende andere seizoenen.'
In het verdere verloop van deze eeuw werd die twijfel weggenomen: de verzilting van de Nieuwe Waterweg is steeds meer toegenomen als gevolg van de aanleg van havens en de voortdurende verruiming van de rivier voor de scheepvaart. Vooral zomers met kleine Rijnafvoeren geven aanleiding tot klachten betreffende de verzilting. De in de jaren 1920 en 1921 geconstateerde voortschrijding van de verzilting is voor Dijkgraaf en Hoogheemraden van Delfland aanleiding geweest een commissie in te stellen om het verschijnsel van de verzilting van Delflands boezemwater te onderzoeken en de eventuele schadelijke invloed ervan op de land- en tuinbouw te bepalen. Deze commissie

Het waterleidingbedrijf aan de Honingerdijk te Rotterdam



Figuur 1



wees het binnendringen van rivierwater door de Oranjebuitensluis nabij km 1025,5 tussen Maassluis en Hoek van Holland en de sluizen te Maassluis nabij km 1018 aan als oorzaak van de verzilting van het boezemwater. Als voornaamste middel ter voorkoming van de verzilting suggereerde ze het inlaten van zoveel mogelijk zoet water bij verder stroomopwaarts gelegen sluizen en het lozen van het water door die sluizen waardoor het verzilte water tot dan toe was binnengedrongen. De Parksluizen te Rotterdam werden daarmee toen reeds het belangrijkste inlaatpunt van zoet water, aangezien het zilte water in 1922 bij vloed zelfs bij middelbare rivierafvoer al tot voorbij Vijfsluizen nabij km 1009 tussen Schiedam en Vlaardingen reikte.

De jaren 1933 en 1934 met relatief kleine rivierafvoeren hebben geen al te grote moeilijkheden veroorzaakt. Welk een ernstige bedreiging voor de omliggende polders het water van de Nieuwe Waterweg kon inhouden, bleek in 1947, toen de rivierafvoeren tot zeer lager waarden daalden. De zoutinvloed vanuit zee reikte toen al tot voorbij de Parkhaven, zodat voor het op peil houden van de boezemkanalen brak water op de boezem moest worden ingelaten. In aller ijl werden noodmaatregelen getroffen om het inlaten van water vanuit Rijnland en Schieland mogelijk te maken. Tevens werden plannen gemaakt voor het stichten van een semi-permanent gemaal te Leidschendam en het aanbrengen van beweegbare pompen voor de inlaatopeningen van de duikersluis onder het gemaal te Gouda. Toen al deze maatregelen in 1953 waren uitgevoerd was de zone waarin de verzilting op de Nieuwe Maas bij lage rivierafvoeren gevaarlijk wordt voor de omliggende polders verlegd van de Parksluizen naar de mond van de Hollandsche IJssel. Op de Oude Maas werd intussen het inlaatpunt van de Brielsche-Maasboezem te Spijkenisse steeds meer door de opdringende verzilting bedreigd.

Het onderzoek naar de verziltingstoestand op de benedenrivieren is geruime tijd beperkt gebleven tot het waarnemen van het zoutgehalte op enkele vaste plaatsen en tot het vaststellen van de uiterste grenzen, waartoe de verzilting bij bepaalde rivierafvoeren in stroomopwaartse richting reikte. Simultane metingen van het verloop van het zoutgehalte gedurende een getij in het mondingsgebied van de Nieuwe Waterweg zijn hierbij niet verricht.

Gedurende de vijftiger jaren is het onderzoek naar het verziltingsproces weer intensiever geworden, mede met het oog op de noodzaak om de gevolgen van het Deltaplan op de verziltingstoestand van de Nieuwe Maas en de Oude Maas te kunnen voorspellen. Daar-

toe zijn in 1956 enkele reeksen simultane metingen uitgevoerd, waarbij op verschillende dagen het verloop van het zoutgehalte gedurende een volledig getij werd waargenomen. De Deltacommissie heeft in bijdrage IV-4 van haar eindadvies belangrijke beschouwingen aan het verziltingsmechanisme gewijd. De daarin opgenomen voorspellingen betreffende de verziltingstoestand na de uitvoering van het Deltaplan zijn voornamelijk gebaseerd op de gegevens van het zoutonderzoek in de vijftiger jaren, en gelden slechts zo lang de waterstaatkundige toestand van het benedenrivierengebied, afgezien van de gevolgen van het Deltaplan, geen belangrijke wijzigingen ondergaat.
Sedert ongeveer 1960 heeft zich echter op het gebied van de scheepvaart een stormachtige ontwikkeling voorgedaan. Vooral de afmetingen van olietankers zijn in korte tijd vele malen groter geworden. De haven van Rotterdam heeft zich hierbij aangepast door het havenareaal in zeewaartse richting, dus in de richting van diep vaarwater uit te breiden. Uit waarnemingen in de laatste jaren blijkt dat de invloed van de verzilting als gevolg van de aanleg van Europoort en de verbredingswerkzaamheden aan de rivier opnieuw is toegenomen, en dat zelfs de mond van de Hollandsche IJssel bij kleine rivierafvoeren gevaar loopt te verzilten. Gedurende de laatste jaren zijn verschillende simultane metingen verricht, waarbij het verloop van het zoutgehalte gedurende een getij op verschillende plaatsen is waargenomen. Tevens zijn op verschillende plaatsen registrerende zoutmeters opgesteld.
Verwacht moet worden dat door het aanleggen van nieuwe havens en het verder aanpassen van de vaargeul aan de toenemende diepgang van de schepen de verzilting nog zal voortschrijden, tenzij adequate middelen worden toegepast om aan het verziltingsgevaar te ontkomen. In het navolgende zal worden nagegaan welke deze middelen zijn en wat ermee kan worden bereikt.

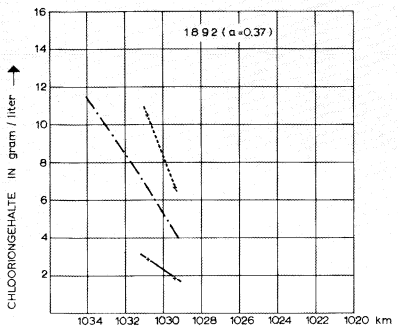
Het verziltingsverschijnsel in de mond van de Nieuwe Waterweg

De Nieuwe Waterweg is een vrij smalle benedenrivier met betrekkelijk gering getijverschil, waarin een vermogende bovenrivier uitmondt. Bij elk getijde trekt gedurende de vloed een hoeveelheid zeewater naar binnen en bij eb een hoeveelheid brak water naar buiten, daar behalve het binnengekomen zeewater tevens het van boven aangevoerde zoete water moet worden afgevoerd.
Door menging met het zoete water blijft een deel van het zeewater achter; ware dat niet zo, dan zou het water op het laatst van de eb tot de mond toe overal zoet moeten zijn, hetgeen niet het geval is. Uit de waarnemingen nabij de mond blijkt dat er vooral gedurende de ebperiode opvallende verschillen bestaan tussen de zoutgehalten in de bovenste en onderste waterlagen. Korte tijd nadat de laagste waterstand is bereikt neemt het zoutgehalte van het water nabij de bodem sterk toe als gevolg van het omkeren van de stroomrichting van het water.
Dit verschijnsel treedt in de geulen eerder op dan in de ondiepere delen. Het duurt betrekkelijk lang voordat de vloedstroom en de daarmede gepaard gaande verhoging van het zoutgehalte op grotere hoogte boven de bodem merkbaar wordt. De kentering nabij de oppervlakte valt doorgaans pas enkele uren na de kentering bij de bodem. Het waterpeil op de rivier heeft dan reeds bijna zijn hoogste stand bereikt. Op de kentering neemt het zoutgehalte van de bovenste lagen in korte tijd toe tot ongeveer dezelfde waarde als nabij de bodem.
Bij niet al te grote rivierafvoeren blijft de sterke menging gehandhaafd tot enkele uren nadat de hoogste waterstand is bereikt. Gedurende het resterende deel van de ebperiode vindt dan weer een verzoeting plaats waarbij het zoutgehalte van de bovenste

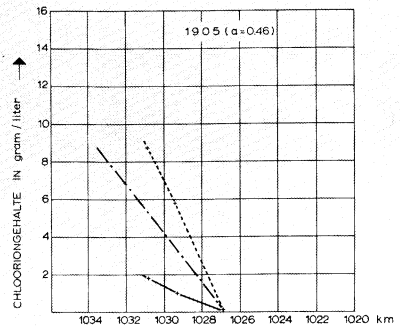
lagen door de grotere snelheid van de ebstroom sterker afneemt dan dat van de onderste lagen.
Bij het analyseren van de meetgegevens is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de waarnemingen in de diepste gedeelten van de vaargeul, aangezien deze geul een belangrijke rol vervult bij het verziltingsverschijnsel.
Er is voornamelijk gelet op de laagste en hoogste waarden van het zoutgehalte, die als gemiddelden over de diepte worden bereikt. Het laagste gemiddelde wordt bereikt op het moment van de kentering van de ebstroom nabij de bodem. De gehalten nabij het oppervlak nemen dan weliswaar nog verder af, maar dit weegt niet op tegen de tegelijkertijd optredende sterke toeneming van het gehalte nabij de bodem. Het laagste gemiddelde is eenvoudigheidshalve bepaald als het gemiddelde van het gehalte aan de oppervlakte en dat bij de bodem. Uit het onderzoek blijkt dat dit goed overeenkomt met het werkelijke gemiddelde over de gehele diepte.
De stromingstoestand is gekarakteriseerd met een parameter a, die de verhouding weergeeft tussen de hoeveelheid rivierwater die per getij naar zee afstroomt en het volume water dat gedurende de vloedperiode nabij de mond vanuit zee wordt aangevoerd. Beide hoeveelheden kunnen van getij tot getij belangrijke verschillen vertonen als gevolg van afwijkingen van de normale getijbeweging en van variaties in de rivierafvoer.

Historische ontwikkeling

In 1864 werd met het werk aan de Nieuwe Waterweg begonnen; in 1868 kwam de doorgraving aan de zeezijde tot stand. De doorgraving van de duinen had toen een diepte bereikt van 2 meter onder L.W. over een bodembreedte van 10 meter. De berekeningen van Caland deden verwachten dat de vaargeul zich door de getijbeweging verder vanzelf zou verdiepen. In juli 1871 werden twee loggers door de geul naar zee gesleept, terwijl in november van dat jaar de eerste logger met een diepgang van 2,80 meter bij een waterstand van A.P. + 0,60 m zonder hulp van een sleepboot naar binnen zeilde. Na de teleurstellende ontdekking dat het natuurlijke uitschuringsproces van de getijstromen niet aan de verwachtingen beantwoordde, werden na 1872 de hoofden verlengd tot 2000 en 2300 meter. Toen het van deze verlenging verwachte effect opnieuw tegenviel, werd besloten 15 kapitale baggermolens aan het werk te zetten om de geul te verdiepen tot 5,50 meter onder L.W. Ook werd een Staatscommissie ingesteld om te onderzoeken op welke wijze de verbetering van de Nieuwe Waterweg diende te worden voortgezet. Eind 1878 bracht deze Commissie verslag uit, waarbij ze zich ten stelligste verklaarde tegen het denkbeeld om de Nieuwe Waterweg door sluizen van zee te scheiden. Ze raamde het nog te verrichten baggerwerk op 33 miljoen m^3, en deed een aanbeveling tot normalisering van de rivier van Krimpen tot in zee, afsluiting van de Botlek en de Oude Maas, beperking van de breedte in de mond en aanleg van een schutsluis door de westpunt van Rozenburg. De regering heeft de adviezen van de commissie grotendeels aanvaard.
In 1891 had de Nieuwe Waterweg een diepte bereikt van 6,80–7,80 meter onder L.W. Het havenareaal langs de rivier was toen nog nauwelijks van betekenis. In de zomer van 1892 werden de eerste grootscheepse zoutwaarnemingen gedurende een getij verricht en wel op drie achtereenvolgende dagen telkens op een andere plaats, waarbij de waarnemingen van het zoutgehalte nabij de bodem en de oppervlakte telkens op drie verschillende plaatsen in de betreffende raai werden verricht. Het verticale getij week op deze dagen weinig af van de normale getijbeweging, zodat de resultaten van de metingen onderling in voldoende mate vergelijkbaar zijn. Op grond van de in de periode



Figuur 2



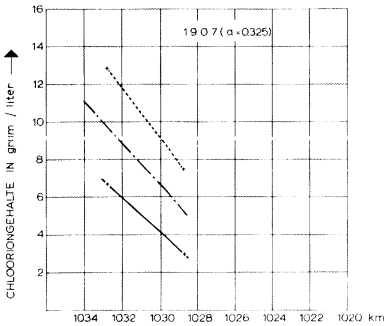
Figuur 3

——————— oppervlakte
– – – – – – – – bodem
——— · ——— gemiddelde

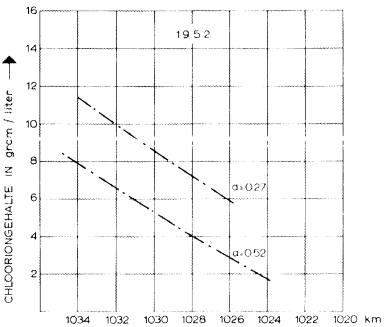
van 1885 tot 1897 verrichte afvoermetingen werd het vermogen van de rivier nabij de mond – dat is vloedvolume plus ebvolume – bepaald op 86 miljoen m³. De afvoer van de Nieuwe Waterweg bedroeg bij een waterstand te Keulen van 38,40 m ongeveer 14 miljoen m³, zodat de factor die de verhouding van de rivierafvoer tot het vloedvolume weergeeft, gesteld kan worden op a = 14 : 38 = 0,37. De met behulp van areometers bepaalde waarden van het soortelijk gewicht van het water nabij de oppervlakte en de bodem zijn omgerekend tot zoutgehalten bij een watertemperatuur van 17,5° C. In fig. 2 zijn de bewerkte resultaten weergegeven voor de kilometerraaien 1030,8 en 1029,35 resp. ten westen en ten oosten van de Berghaven te Hoek van Holland, en voor raai 1026,9, enkele kilometers verder stroomopwaarts.

In 1902 bedroeg de diepte van de vaargeul reeds 9 meter beneden L.W. en was de bruto inhoud van de schepen die jaarlijks de Nieuwe Waterweg in- en uitvoeren, 37 miljoen m³. Tot dit ogenblik leverde de verzilting van de rivier nog geen problemen op. In juli 1905 werd in dezelfde raaien als in 1892 een uitvoerig onderzoek verricht naar de verziltingstoestand in de mond van de Nieuwe Waterweg. Op verschillende dagen werd een volledig getij doorgemeten. Op een van de meetdagen is het zoutgehalte in de drie raaien simultaan gemeten, terwijl tevens nog het gehalte gemeten is in een verder stroomopwaarts gelegen raai. Op enkele meetdagen week het verticale getij iets af van het normale, wat afwijkingen veroorzaakte van het gemiddelde verloop van het zoutgehalte met de tijd. De afvoer van de Bovenrijn nam gedurende de meetperiode af van 1800 tot ongeveer 1700 m³ per seconde. Het getij-vermogen van de rivier nabij de mond kan voor 1905 worden gesteld op 115 miljoen m³. De afvoer van de Nieuwe Waterweg bedroeg bij deze rivierafvoer 22 miljoen m³, zodat a kan worden gesteld op 22,5 : 49 = 0,46. Het resultaat van de zoutwaarnemingen is voor de laagwaterstroomkentering weergegeven in fig. 3.

In de drie opeenvolgende jaren na 1905 had de Rijn gedurende de herfstperioden een kleine afvoer. Hierdoor rees voor het eerst twijfel aan de blijvende waarde van langs de rivier gelegen onttrekkingspunten van drinkwater. In de zomers van 1907 en 1908 werden metingen verricht om de gerezen vragen te kunnen beantwoorden. In de mond



Figuur 4



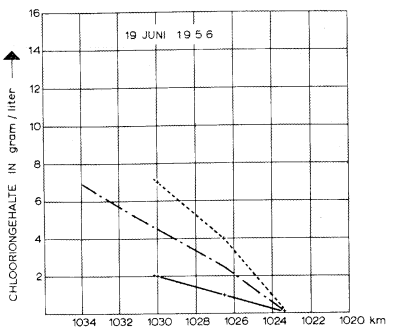
Figuur 5

——————— oppervlakte
– – – – – – – – bodem
——— - ——— gemiddelde

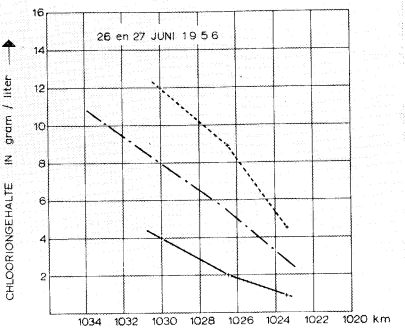
van de Waterweg zijn simultane metingen verricht op 24 september 1907 en op 22 juli 1908 in raai 1032,75 tussen de hoofden en op onderlinge afstanden van 4 kilometer in rivierwaartse richting.

Het getijvermogen van de rivier is sinds 1905 nauwelijks veranderd. De afvoer van de Rijn te Lobith bedroeg bij de eerste serie metingen 1240 m³/sec en bij de laatste serie in 1908 1500 m³/sec. De factor a bedraagt voor deze series resp. a = 17 : 52 = 0,325 in 1907 en a = 19 : 51 = 0,37 in 1908. In de inleiding is reeds vermeld dat op grond van deze metingen geen duidelijk beeld kon worden verkregen van de verziltingstoestand. Bij de analysering van de gegevens blijkt dat omstreeks de laagwaterstroomkentering in 1907 het zoutgehalte nabij de bodem in km 1024,75 een plotselinge verhoging onderging. Aangezien hetzelfde verschijnsel 2 uur tevoren in de stroomopwaarts gelegen raai 1020,75 was opgetreden, hebben we hier te doen met een toevallige, storende invloed, waarschijnlijk veroorzaakt door zijdelingse lozing van zout water. De overige raaien zijn niet door dit verschijnsel beinvloed, zodat de betreffende gegevens in fig. 4 slechts voor deze raaien zijn vermeld. De metingen in juli 1908 zijn eerst na de laagwaterkentering begonnen en voordat de volgende laagwaterkentering voorbij was, beëindigd, zodat ze geen volledig beeld geven van de situatie bij de laagwaterkentering. Bij het begin van de metingen was het water bij raai 1020,75 en 1024,75 over de gehele diepte zoet, maar aan het einde was deze toestand nog niet weer bereikt. Het verkregen beeld wijkt overigens niet merkbaar af van dat der metingen van 1905 en 1907.

De volgende perioden met kleine rivierafvoeren traden op in 1920 en 1921. Inmiddels was bij de wet van 1917 bepaald dat de Nieuwe Waterweg voorlopig op een diepte van 10 meter beneden L.W. en later op een diepte van 11 meter beneden L.W. zou worden gebracht. De moeilijkheden die de tuinbouw in Delfland van de verzilting ondervond namen tengevolge van die maatregelen steeds meer toe; van de maatregelen die ter bestrijding van de verzilting werden genomen is in de inleiding reeds melding gemaakt. Het havenareaal langs de rivieren, dat in 1908 nog slechts 180 ha bedroeg, had in 1917 een oppervlakte van 300 ha bereikt; in 1934 was het uitgegroeid tot 700 ha. Het getijvermogen van de rivier – gerekend van de zee tot de betreffende havens – nam door



Figuur 6



Figuur 7

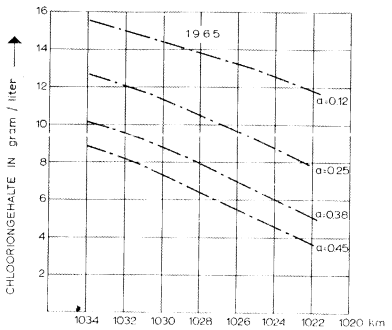
de met de havenaanleg gepaard gaande toeneming van de komberging toe. Door de sterkere getijstromen ontstond een profielverruiming zodat de gemiddelde snelheden van het water weer afnamen.

Tot 1950 is voor het beoordelen van de zouttoestand vooral gebruik gemaakt van de periodieke bemonsteringen die op verschillende plaatsen aan de oevers van de benedenrivieren werden verricht. In 1947 zijn gedurende de periode met kleine rivierafvoeren verschillende metingen verricht gedurende een geheel getij, doch deze zijn op de Nieuwe Waterweg slechts verricht in kilometerraai 1030 nabij Hoek van Holland. Tevens is een uitgebreid onderzoek ingesteld naar de begrenzing van de zoutinvloed vanuit zee in stroomopwaartse richting.

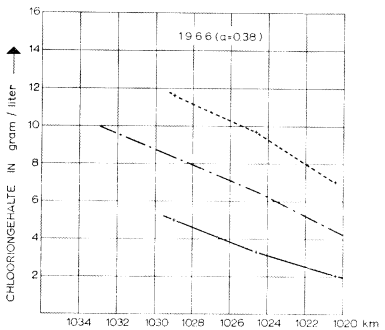
Het resultaat van de analyse van de tot 1952 beschikbare zoutgegevens is weergegeven in fig. 5, en wel als de gemiddelde waarden van het zoutgehalte van oppervlakte en bodem bij de laagwaterkentering voor een gemiddelde rivierafvoer te Lobith van 2300m ^{3}/sec en een lagere-rivierafvoer van 1150 m^3/sec. Het getijvermogen van de Nieuwe Waterweg bedroeg toen bij de mond 175 miljoen m^3. De a-waarden behorende bij de bovenvermelde afvoeren bedragen resp. 37 : 71 = 0,52 en 20,5 : 76 = 0,27.

In 1956 is opnieuw een uitgbreide serie afvoer- en zoutmetingen verricht op de Nieuwe Waterweg, de Nieuwe Maas en de Oude Maas. De metingen in het mondingsgedeelte van de Nieuwe Waterweg zijn verricht in de raaien 1030, 1026,9 en 1023,4. Gedurende de waarnemingsperiode van 19 tot 27 juni nam de Rijnafvoer te Lobith af van 2550 tot 2270 m^3/sec. De waarde van a daalde hierdoor van a = 44 : 70 = 0,63 tot a = 38 : 72 = 0,53. Er is een opmerkelijk verschil tussen de waargenomen zoutgehalten gedurende de eerste dagen en die van de laatste dagen van het onderzoek. De figuren 6 en 7 geven de resultaten van deze series weer. Het is niet bekend, waardoor het grote verschil van de zouttoestand volgens fig. 7 ten opzichte van die volgens fig. 6 en fig. 5 is veroorzaakt. Omstreeks deze tijd was de Nieuwe Waterweg bij half tij bevaarbaar voor schepen met een diepgang van 37 tot 38 voet. De petroleumhavens langs de Nieuwe Maas waren bereikbaar voor schepen met 37 voet diepgang en de Waalhaven voor schepen met 36 voet diepgang. Het daarna uitgevoerde verbeteringsprogramma heeft de Botlekhavens bereik-

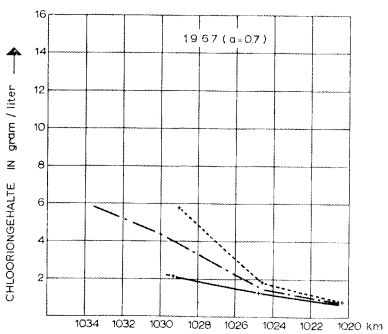
oppervlakte
bodem
gemiddelde



Figuur 8



Figuur 9



Figuur 10

baar gemaakt voor schepen met een diepgang van 43 voet en de petroleumhavens voor schepen van 39 voet diepgang. De Europoort is na de aanleg aangepast aan schepen met steeds grotere diepgang. Door het baggeren van een geul in zeewaartse richting zal deze haven toegankelijk worden voor schepen met een diepgang van 62 voet, dat is bijna 19 meter.

Uit de waarnemingen blijkt dat de verzilting van de benedenrivieren als gevolg van de uitbreiding van de havens en de verbeteringswerkzaamheden op de rivieren sterk is toegenomen. Het inlaten van zoet water door de Parksluizen is nog slechts in uitzonderingsgevallen mogelijk, evenals het inlaten van grote hoeveelheden water te Spijkenisse ten behoeve van de verversing van de Brielsche-Maasboezem.

In januari 1963 drong de invloed van het zeewater verder stroomopwaarts door dan ooit te voren. Hierbij is de omgeving van de mond van de Hollandsche IJssel in ernstige mate verzilt. Na ampele overwegingen is toen besloten de stormvloedkering nabij de mond van de Hollandsche IJssel te sluiten, teneinde het ongerief voor het drinkwaterleidingbedrijf aan de Honingerdijk te Rotterdam zoveel mogelijk te beperken. Deze maatregel is echter weinig zinvol. Weliswaar wordt het vloedvolume van de rivier ter plaatse verminderd met de kombergingsinhoud van de Hollandsche IJssel, doch daar staat tegenover dat het ebvolume eveneens kleiner wordt, zodat de omgeving van de mond van de Hollandsche IJssel tijdens de ebperiode minder wordt ververst.

Gedurende de laatste jaren zijn veel simultane waarnemingen van het zoutgehalte uitgevoerd in de raaien 1031 en 1015 op de Nieuwe Waterweg en in raai 1005 op de Nieuwe Maas. Fig. 8 geeft de resultaten van de analyse van deze resultaten weer voor verschillende rivierafvoeren. De betreffende a-waarden zijn in de figuur vermeld. Voor de zestiger jaren zijn tenslotte nog beschikbaar de resultaten van simultane metingen op 24 september 1966 en 22 april 1967 in de raaien 1029, 1024,6, 1020,4 en 1015,6 op de Nieuwe Waterweg. De Rijnafvoer te Lobith bedroeg bij deze metingen resp. 1814 m^3/sec en 2553 m^3/sec. Bij het bepalen van de a-waarden doen zich bij deze metingen moeilijkheden voor, daar de verticale getijbeweging in beide gevallen afweek van de normale. Op 24 september 1966 was de getijbeweging gedempt. De H.W.-stand bedroeg slechts + 0,79 m en de L.W.-stand slechts — 0,50 m, terwijl H.W. normaal + 0,90 m bedraagt en L.W. normaal — 0,68 m. De opvolgende H.W.-stand bedroeg slechts + 0,49 m. Onder normale omstandigheden zou de waarde van $a = 32 : 91 = 0{,}35$ hebben bedragen. Door de beschreven afwijkingen zal a echter iets hoger zijn geweest. Op 22 april 1967 was de L.W.-stand vrij normaal, maar de voorafgaande H.W.-stand 0,22 m hoger dan normaal, als gevolg van een voorafgaande periode met door windinvloed sterk verhoogde middenstand. Deze samenloop van omstandigheden bemoeilijkt het bepalen van een waarde voor a. In de figuren 9 en 10 zijn waarden van a vermeld door zoveel mogelijk aan te sluiten bij de resultaten van de analyse volgens fig. 8, omdat deze resultaten steunen op veel waarnemingsmateriaal.

Een belangrijke verdieping van het inzicht kan worden verkregen met behulp van de resultaten van registrerende zoutmeters, die op verschillende plaatsen langs de benedenrivieren zijn opgesteld. Voor het verziltingsonderzoek in de diepere delen van de vaargeulen opent deze methode echter geen mogelijkheden, aangezien het niet mogelijk is de meetcellen op die plaatsen aan te brengen.

De inrichting van het Grevelingenbekken

Het Grevelingenbekken komt te liggen tussen de eilanden Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland. De oostelijke begrenzing wordt gevormd door de Grevelingendam, de westelijke door de dam door het Brouwershavensche Gat, die naar verwachting in 1971 zal kunnen worden gesloten. Momenteel is het een gebied van water, platen, slikgronden en schorren.

Het Grevelingenbekken zal in de toekomst twee belangrijke functies hebben te vervullen, te weten: als instrument voor de waterhuishouding en als recreatie- en natuurgebied.

Het bekken ontvangt het overtollige water van de erop lozende polders, en zal onder de nieuwe omstandigheden een onderdeel vormen van de aanvoerweg van zoet water voor de wateraanvulling ten behoeve van de land- en tuinbouw en voor de drinkwatervoorziening. Dit brengt met zich mee dat bepaalde eisen moeten worden gesteld aan de mogelijkheden van peil- en waterkwaliteitsbeheersing. Daarnaast is de beheersing van de waterkwaliteit ook in milieu-hygiënisch opzicht van belang.

Ten aanzien van de functie van het Grevelingenbekken als recreatie- en natuurgebied geldt het volgende. Het bekken maakt deel uit van het nog weinig verstedelijkte Deltagebied, dat een centrale ligging heeft aan de kust van het meest verstedelijkte deel van West-Europa met een vele miljoenen tellende bevolking. Voor deze bevolking zal het nog open Deltagebied, naast andere belangrijke functies, tevens een zeer belangrijke functie kunnen vervullen op het gebied van de openluchtrecreatie, vooral ook omdat het mogelijk zal blijken daarvoor geheel nieuwe gelegenheden te scheppen.

Eén van de knelpunten bij de openluchtrecreatie wordt gevormd door het gebrek aan ruimte voor de dagrecreatie op betrekkelijk korte afstand van de grote steden. Onmiskenbaar groeit ook de behoefte om het gehele weekend elders door te brengen. Het is dus van belang dat het grootste deel van het Deltagebied binnen afzienbare tijd zal vallen binnen de sfeer van de dag- en weekendrecreatie vanuit de randen van het Deltagebied, die worden gekenmerkt door een voortschrijdende verstedelijking. Voorts zal de betekenis van het Deltagebied voor de vakantierecreatie nog aanmerkelijk kunnen groeien.

Het Deltagebied biedt veel bezienswaardigs aan landschaps- en stedenschoon. Het strand en de duinen, de Deltawerken en droogvallende gronden met nog te ontwikkelen nieuwe mogelijkheden voor de openluchtrecreatie, de zandgronden in westelijk Noord-Brabant, het polderland, de oude stadjes en de grote waterbouwkundige werken, zullen tezamen een grote attractie vormen voor de recreatie-zoekende mens. Het Deltagebied is tevens

een belangrijk natuurgebied, dat een grote biologische rijkdom vertoont. Door de afsluiting van de zeegaten worden de nu nog aan het getij onderhevige gebieden het sterkst beïnvloed; onvermijdelijk zullen bepaalde plant- en diersoorten verdwijnen. Daar staat tegenover dat uitgestrekte binnenwateren met droogvallende gronden zullen ontstaan waarvan bepaalde delen zich tot belangwekkende natuurgebieden zullen ontwikkelen.
In dit Deltagebied is het Grevelingenbekken centraal gelegen.
Uit de beide vorengenoemde functies van het Grevelingenbekken vloeien beperkingen voort ten aanzien van andere functies. Zo zal het bekken slechts een kleine bijdrage kunnen leveren tot de zandwinning. Verder is de landbouwkundige waarde van de droogvallende gronden over het algemeen gering, zodat de bestemming tot recreatie- en natuurgebied geen ontwikkelingsmogelijkheden ontneemt aan de land- en tuinbouw.

Waterhuishoudkundige betekenis

Het Grevelingenbekken beslaat een oppervlakte van ongeveer 14 000 ha.: van deze oppervlakte zal ongeveer drievierde gedeelte uit water bestaan. Op het Grevelingenbekken wateren thans ongeveer 15 000 ha op het oude land gelegen gronden af; ongeveer 10 000 ha hiervan kunnen tevens afwateren op de Oosterschelde. Na voltooiing van het Deltaplan zal het Grevelingenbekken tevens fungeren als een potentiële aanvoerweg van zoet water naar ongeveer 29 000 ha rond dat bekken gelegen gronden. Voor de verwachte ontwikkeling van de tuinbouwgrond op Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland moet dit van grote betekenis worden geacht.
Ten behoeve van de waterkwaliteitsbeheersing zal het water in het bekken regelmatig moeten worden ververst. Daartoe zal water moeten worden ingelaten via een in de Grevelingendam te bouwen inlaatwerk en water moeten worden geloosd via een in de Brouwersdam op te nemen lozingsmiddel. Deze lozing zal in de toekomst in een wat onzekere positie komen te verkeren als gevolg van de kustontwikkeling voor de dam. Het is dan ook mogelijk dat tezijnertijd mede zal moeten worden overgeschakeld op een andere wijze van lozing, bijvoorbeeld naar de mond van het Haringvliet via een doorgraving van de Hals van Goeree.
De watervoorziening van de bevolking en de industrie begint in het zuidwesten van ons land moeilijkheden op te leveren, en deze moeilijkheden zullen in de toekomst nog toenemen. Een groot deel van de behoefte aan water zal in de toekomst uit oppervlaktewater moeten worden gedekt. Uit een oogpunt van waterkwaliteit komen van de deltabekkens alleen de meer noodoostelijk gelegen delen als bronnen van water in aanmerking. Het meest zuidwestelijk gelegen punt dat in dit opzicht nog goede mogelijkheden biedt, ligt nabij de Grevelingendam. Ten opzichte van mogelijke zwaartepunten van waterbehoefte ligt dit punt niet ongunstig. Met het oog op de noodzaak tot het overbruggen van perioden met onvoldoende waterkwaliteit dient de waterproduktie te geschieden met tussenschakeling van een spaarbekken.
Op grond van het vorenstaande is in het oostelijk deel van het Grevelingenbekken ruimte gereserveerd voor de aanleg van een spaarbekken met een oppervlakte van 1000 ha, waarin door het toelaten van een zekere peilvariatie drinkwater kan worden opgeslagen. Hoewel het onderzoek naar de technische aspecten van dit spaarbekken nog niet geheel is afgesloten moet het zeker mogelijk worden geacht om ter plaatse jaarlijks 100 miljoen m^3 drinkwater te produceren met een zoutgehalte van normaal niet meer dan 200 mg Cl'/l. Alleen in zeer droge jaren zal dit zoutgehalte kunnen toenemen tot 250 mg Cl'/l.

Ongunstige beïnvloeding van het oude land door vergroting van de zoute kwel en verdrogingsverschijnselen kan worden voorkomen door het spaarbekken van het oude land te scheiden door randmeren, die minstens bepaalde afmetingen moeten hebben.
Voor de recreatie vormen de randmeren een uitgangspunt voor het scheppen van nieuwe mogelijkheden. Wat betreft de rand van het spaarbekken moet daarbij de primaire doelstelling van dit bekken niet uit het oog worden verloren en dient te worden gewaakt tegen het scheppen van mogelijkheden voor conflictsituaties tussen de belangen van de openluchtrecreatie en die van een hygiënisch betrouwbare drinkwaterproduktie.

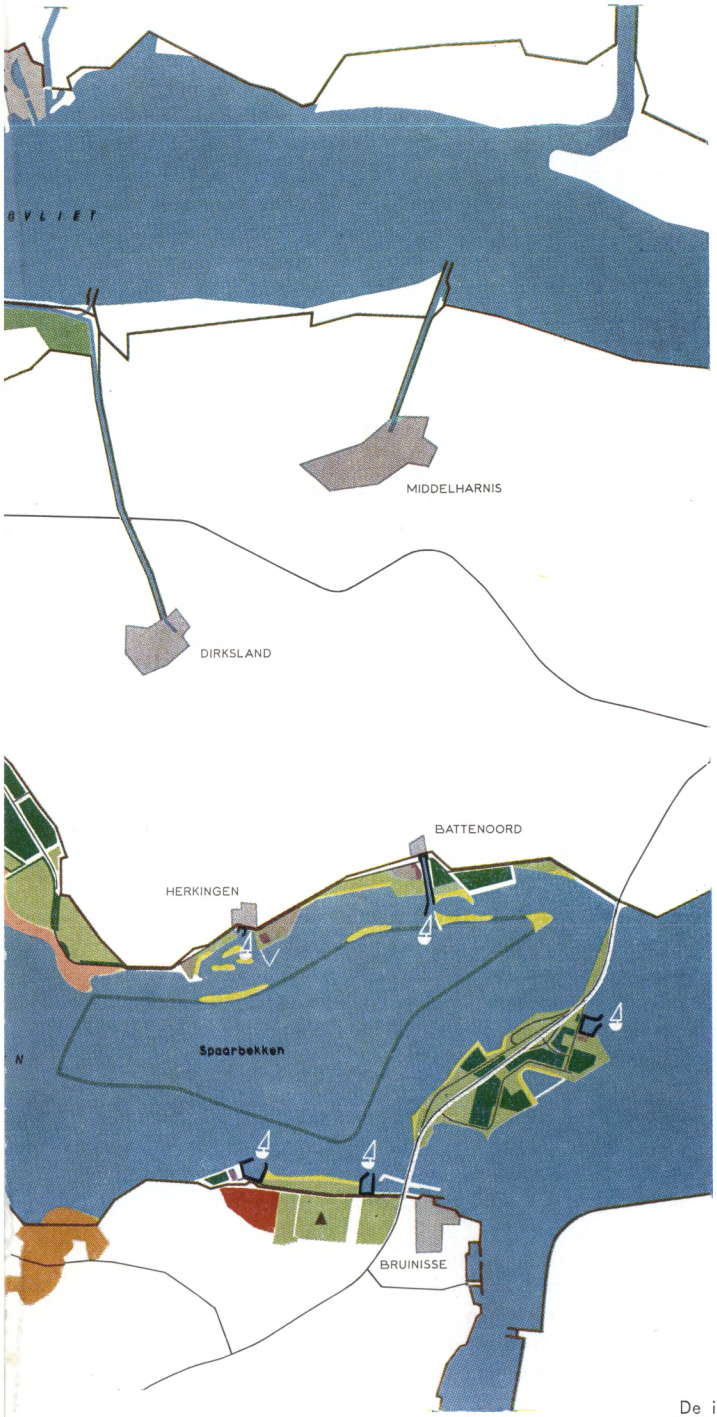
Recreatie en natuurbescherming

Door zijn ligging, aard en uitgestrektheid opent het Grevelingenbekken wijde perspectieven voor de realisering van een rijke verscheidenheid aan gelegenheden voor de openluchtrecreatie. Reeds in een vroeg stadium is zowel van rijks- als van provinciale zijde gewezen op de betekenis die het Grevelingenbekken in dit opzicht kan hebben. Ook in de Tweede Nota over de Ruimtelijke Ordening in Nederland vindt men dit terug; daarin wordt het Grevelingenbekken aangeduid als een park- en watersportgebied van nationale betekenis dat ontwikkeld dient te worden voor de dag-, weekend- en vakantierecreatie.
Voor de inrichting van het Grevelingengebied als recreatie- en natuurgebied zijn de volgende hoofdlijnen van belang.
In de eerste plaats zal voor de te treffen voorzieningen een etappengewijze ontwikkeling moeten worden gekozen. De beschikbare financiële middelen zullen dit zonder meer nodig maken. De natuurlijke ontwikkeling van het nieuwe landschap vergt bovendien tijd, evenals de realisering van de nodige infrastructurele voorzieningen in het gebied zelf en in de omgeving daarvan. Ook kan de omvang en aard van de toekomstige recreatieactiviteiten in het Grevelingengebied niet als een reeds nu volledig bekend en onveranderlijk gegeven worden beschouwd. De mogelijkheid tot aanpassing aan nieuwe omstandigheden dient dan ook in ruime mate te worden opengehouden. Anderzijds moet evenwel in bepaalde delen van het gebied – en met name in het oostelijk en het westelijk deel – reeds van de aanvang af een zó grote recreatieve druk worden verwacht dat de daarvoor te treffen voorzieningen in een vroeg stadium moeten zijn gerealiseerd.
In de tweede plaats zal het rijk geschakeerde recreatie- en natuurgebied, dat in het Grevelingenbekken kan ontstaan, zodanig tot ontwikkeling moeten worden gebracht, dat de verschillende categorieën bezoekers elkaar zo weinig mogelijk zullen hinderen. Het bieden van een grote mate van diversiteit mag evenwel niet leiden tot versnippering. Verder dient het gehele gebied in principe te worden beschouwd als toegankelijk recreatie- en natuurgebied, waarin niet meer dan strikt nodige toegangsbeperkingen en verboden zullen gelden. Plaatselijke en grotendeels tijdelijke toegangsbeperkingen kunnen voortvloeien b.v. uit de belangen van de natuurbescherming.
Er zal zich een gradiënt van bezoekersintensiteit instellen van de goed bereikbare, drukker bezochte periferie naar het meer geïsoleerde, stillere centrum. De recreatieve voorzieningen zullen daarom voornamelijk gesitueerd moeten worden langs de randen van het bekken. Het stil natuurgebied bevindt zich meer in het centrum.
Zoals opgemerkt kunnen langs de randen van het Grevelingenbekken in eerste instantie twee zwaartepunten van de behoefte aan recreatieve voorzieningen worden onderkend. Het eerste ligt in het westen, waar de nabijheid van zee, stranden en duinen in sterke mate bijdraagt tot de aantrekkingskracht van een gebied, dat door de Dammenweg reeds in de beginfase goed zal worden ontsloten; voorts zal het Halskanaal hier mogelijk in de toekomst een toegangsweg vormen voor de watersport. Het tweede ligt in het

oosten, waar de Zeeuwse weg zorgt voor een goede primaire ontsluiting en de schutsluis te Bruinisse reeds beschikbaar is als invalspoort voor de watersport. In de randzones van het Grevelingenbekken kan een grote opvangcapaciteit worden geschapen door de aanleg van oeverstroken met beschuttende beplantingen, lig- en speelweiden, visgelegenheden, eenvoudige hellingen voor het te water laten van per auto aangevoerde boten, consumptiepaviljoens, etc. Dit alles dan bereikbaar via zorvuldig ontworpen toeristische wegen met voldoende parkeerplaatsen. Fiets-, wandel-, en ruiterpaden zullen de ontsluiting completeren.
In deze randzones is ook plaats voor enige kampeerterreinen. Voor het overige zullen dergelijke terreinen op het oude land moeten worden gesitueerd. De benodigde ruimte voor de gebouwde verblijfsaccomodatie zal primair op het oude land moeten worden gevonden, opdat het recreatie- en natuurgebied zelf zoveel mogelijk als zodanig kan




HELLEVOETSLUIS
HARI
STELLENDAM
GOEDEREEDE
OUDDORP
Hompelvoet
Veermansplaat
BROUWERSHAVENSCHE GAT
Kabbelaarsbank
Dwars in de weg
GREVELING
Middelplaat
BROUWERSHAVEN
SCHARENDIJKE
5 km



1 bos

2 landbouw

3 natuurlijke oevervegetatie

4 zandige dan wel begroeide en verdedigde oeverstroken, aan de Noordzeekust; platen

5 open terrein, grasland evt. met strookbeplanting

6 natuur of recreatiegebied; inrichting nader vast te stellen (voorlopig te handhaven in natuurlijke staat)

7 kampeerterrein

8 verzorgende bedrijven ten behoeve van de recreatie

9 bugalows etc.

10 bestemming nog nader te bepalen

11 natuurgebieden plaat van Scheelhoek en Dijkwater

12 jachthaven

De inrichtingsschets voor het Grevelingenbekken

worden benut. Overigens moet niet geheel worden uitgesloten dat voor bepaalde vormen van verblijfsaccomodatie ook in het buitendijkse gebied op bescheiden schaal een plaats kan worden ingeruimd. Voor het merendeel van de verblijfsaccomodatie kan aansluiting worden gezocht bij de bestaande woonkernen. Aan het behoud van historische stads- en dorpsgezichten dient daarbij aandacht te worden besteed.
De oppervlakte droogvallende gronden zal door opspuiten of bekaden nog enigszins worden uitgebreid. Ook de voor recreatieve doeleinden geschikte oeverlengte zal daardoor toenemen. De oevers zullen overigens over een grote lengte moeten worden voorzien van een verdediging tegen afslag. Bepaalde oevers zullen wel, andere niet een goede bad- en zwemgelegenheid kunnen bieden; dit laatste in verband met dichtbij gelegen diepe geulen of met het oog op milieuhygiënische omstandigheden. De in hygiënisch opzicht meest betrouwbare mogelijkheden voor zwemmen en baden mogen voorshands in het westelijke deel van het bekken worden verwacht. Hoewel de noodzaak van het aanleggen van circulatie-zwembaden momenteel niet vaststaat, lijkt het niettemin verstandig om daar plaatselijk op de oevers de nodige ruimte voor te reserveren.
De geprojecteerde bossen, met een oppervlakte van 825 ha, zullen in eerste instantie in de vorm van compacte eenheden tot ontwikkeling moeten worden gebracht. Later kunnen hierin door uitkappen open ruimten met grote randlengten worden gemaakt. De meer open terreinen zullen de vorm kunnen krijgen van door beplanting omzoomde weilanden en oeverstroken. De uiteindelijk te verwachten natuurlijke oevervegetatie zal eveneens bijdragen tot de aantrekkelijkheid van het nieuwe landschap.
Grote nieuwe mogelijkheden zullen ook voor de watersport ontstaan. Het ten zuiden van Ouddorp-Stellendam geprojecteerde gelede gebied met zijn vele, merendeels kunstmatig te vormen eilanden leent zich goed voor watersport met kleinere boten. Het open water in het westelijke deel en in het centrum van het bekken is daarentegen beter geschikt voor grote vaartuigen. De realisatie van het geprojecteerde spaarbekken voor de drinkwatervoorziening in het oostelijk deel van het bekken zou de thans aanwezige uitgestrekte watervlakte minder onherbergzaam en dus voor de recreatie aantrekkelijker maken. Vooral de vorming van recreatief aantrekkelijke randmeren moet worden toegejuicht. Door het wegbaggeren van ondiepten zal de bevaarbare oppervlakte water, dieper dus dan 1,5 m, toenemen tot 6900 ha.
Een reeks deels bestaande, deels nieuw tot stand te brengen havens en haventjes kan voor de watersport worden ingericht. Afhankelijk van het karakter van de jachthaven kunnen daarbij voorzieningen met een verzorgend karakter nodig zijn. Jachthavens met omvangrijke verzorgende faciliteiten zijn vooral op hun plaats nabij bestaande, thans veelal reeds min of meer op het water georiënteerde woonkernen. De inrichtingsschets voorziet voorshands in 15 jachthavens met ligplaatsaccommodatie voor 10 000 tot 13 000 boten. Aanleg en inrichting daarvan kunnen zich richten naar de gebleken behoeften.
Om het Grevelingenbekken in een zodanige toestand te houden dat het aantrekkelijk blijft voor de recreatie zullen tamelijk vergaande hygiënische voorzieningen moeten worden getroffen. Een moeilijkheid hierbij is dat voor het betrekkelijk korte recreatieseizoen niet zulke grote investeringen kunnen worden gedaan als in een permanente samenleving verantwoord is.
Het voor een gemiddelde zomerse zondag in de verdere toekomst – met het jaar 2000 als oriëntatiepunt – te verwachten aantal bezoekers in het Grevelingenbekken kan, op grond van voorlopige becijferingen, worden gesteld in de orde van grootte van 250 000. Een opvangcapaciteit van tenminste hetzelfde aantal bezoekers moet realiseerbaar worden geacht. Verdere optimalisering van de mogelijkheden, welke de inrichtingsschets in principe biedt, is daarvoor evenwel nodig.

Het Grevelingenbekken is als onderdeel van het Deltagebied van nature een contactzone van land en water en als zodanig tevens een belangwekkend natuurgebied. Kenmerkend zijn de grote schaal en de mogelijkheden voor het ontstaan van een gedifferentieerd natuurlijk milieu.
In de nabijheid, op Goeree-Overflakkee en op Schouwen-Duiveland, treft men duincomplexen aan met aan de binnenzijde daarvan woest land. De binnendijkse kreken, de inlagen en de vogelrijke vochtige weilanden dragen eveneens bij tot de verrijking van het natuurlijk milieu.
In het thans nog buitendijks gelegen gebied zal, na het wegvallen van de getijbeweging, eerst een minder aantrekkelijke overgangstoestand optreden die gevolgd zal worden door een etappengewijze ontwikkeling van nieuwe vegetatie-typen. Mede afhankelijk van het zoutgehalte van het boezemwater en de bodemgesteldheid kunnen aan de waterkant riet, biezen en zeggengezelschappen worden verwacht, op de hoger gelegen en opgestoven plaatsen wilgen, bramen, duindoorn, meidoorn en tussen de uitersten van nat en droog voorshands een natuurlijk type grasland.
Deze open graslanden zullen als broedplaats en/of pleisterplaats van grote aantallen vogels van velerlei soort van belang zijn. Het deltagebied is een belangrijke schakel in de keten van pleisterplaatsen op de routes van de vogeltrek langs de west-europese kusten. Gebleken is bijvoorbeeld dat in geen ander land van Europa zo grote aantallen ganzen doortrekken en overwinteren. De meer geïsoleerd gelegen delen van het droogvallende gebied in het Grevelingenbekken zullen gelegenheid bieden voor de instelling van refugia, o.a. voor ganzen. De hiervoor te bestemmen open graslanden kunnen in het winterhalfjaar pleisterplaats voor watervogels en in het voorjaar broedterrein voor tal van andere vogelsoorten zijn. Excursies onder deskundige leiding door broedkolonies, het bespieden van voedselzoekende steltlopers en ganzen, kunnen tot het natuurgenot van velen bijdragen. Na het broedseizoen, dat in het voorjaar en de voorzomer valt, zal de mens op en langs de randen van deze terreinen rust en stilte kunnen genieten.

Teneinde de bovengenoemde mogelijkheden te realiseren dient aan een complex van voorwaarden te worden voldaan.
Zo is de levensvatbaarheid van een gebied als natuurterrein aan een bepaald minimum areaal gebonden. De aanwezigheid in de omgeving van terreinen die min of meer als bufferzones tegen te sterke verstoringen kunnen fungeren, moet bovendien van belang worden geacht. Voorts mogen de natuurgebieden niet worden beschouwd als een vacuüm, waar elke ontwikkeling nog mogelijk is. Een slagvaardig beheer volgens een duidelijk beheersplan door een terzake kundig apparaat zal nodig zijn. Eventuele ingrepen zullen bij voorkeur voor niet te grote gebieden tegelijk dienen te geschieden. Stabiliteit bij de beheersmethodiek is verder van groot belang.
Tenslotte zal naast het onbelemmerd toelaten van natuurlijke processen ongetwijfeld ook met technische maatregelen moeten worden ingegrepen die gericht zijn op de in stand houding van de natuurterreinen als zodanig en de bevordering van het ontstaan van natuurlijke gradiënten. Tot deze maatregelen kan men rekenen: voorzieningen om te grote afslag van de oevers te voorkomen, maatregelen tegen het afschuiven van zandplaten, resp. ter bevordering van duinvorming en beweiding ter bewaring van het open karakter van de graslanden.

De invloed van de afsluiting van het Volkerak op de getijbeweging in het Deltagebied tot aan de afsluiting van het Haringvliet

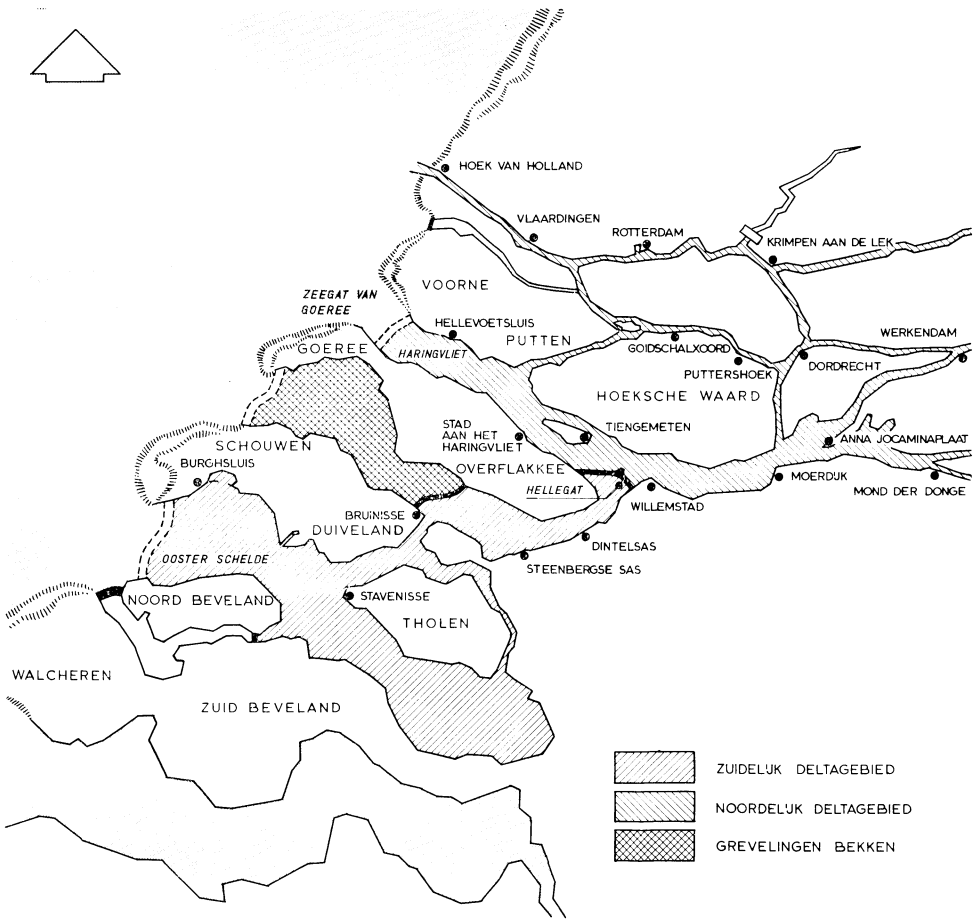
Door de afsluiting van het Volkerak zal in het Deltagebied een scheiding tot stand worden gebracht tussen het noordelijk en het zuidelijk Deltagebied. Deze twee afzonderlijke gebieden zullen hun definitieve vorm krijgen na de afsluiting van het Haringvliet in 1970 en de Oosterschelde omstreeks 1978. Het toekomstige Grevelingenbekken, dat na de afsluiting van het Brouwershavensche Gat tot stand zal komen, is reeds van de beide genoemde bekkens gescheiden als gevolg van de aanleg van de Grevelingendam.
De aanleg van een dam door het Volkerak, met name ter plaatse van het Hellegat, is uitvoerig gemotiveerd in deel 5 van het eindrapport van de Deltacommissie. In datzelfde deel van het rapport vindt men ook getijgegevens voor de toestand die in het noordelijk gebied zal optreden na de afsluiting van zowel het Volkerak als het Haringvliet. Naar het zich thans laat aanzien zal het Volkerak echter een jaar eerder worden afgesloten dan het Haringvliet en voor de tussenliggende fase biedt het Deltarapport geen getijgegevens. Het is noodzakelijk gebleken deze lacune aan te vullen en op grond van het daartoe verrichte onderzoek kunnen in dit artikel gegevens worden verschaft over de berekende getijbeweging in de overgangsfase tot aan de afsluiting van het Haringvliet. Om de veranderingen in de getijbeweging ten gevolge van de afsluiting van het Volkerak te doen uitkomen, zal steeds een vergelijking worden gemaakt tussen het gemiddeld getij in de overgangsfase en dat bij de huidige toestand met afgesloten Grevelingen en een gemiddelde boven-Rijnafvoer van 2200 m^3/sec.
Voor de huidige toestand zijn de waarden van het gemiddelde getij uit de natuur bekend. Voor de bepaling van het gemiddelde getij in de overgangsfase is gebruik gemaakt van het hydraulisch getijmodel van de benedenrivieren in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft en het elektrisch analogon 'Deltar'. Behalve de invloed van de afsluiting van het Volkerak op de gemiddelde getijbeweging in het noordelijk Deltagebied zullen ook enkele gegevens worden vermeld over de gevolgen van de afsluiting op het zuidelijk Deltagebied. Alle resultaten zijn vermeld in de bijgevoegde tabel, waarin ter vergelijking de overeenkomstige waarden voor de huidige toestand zijn opgenomen. De stations waar de vermelde waarnemingen werden gedaan staan aangegeven in figuur 1.

Invloed op de verticale getijbeweging in het noordelijk Deltagebied

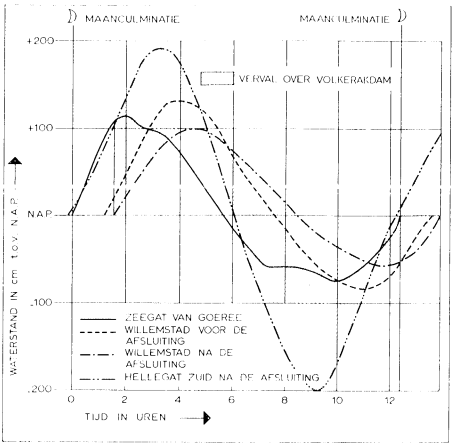
Uit de modelproeven blijkt dat de afsluiting van het Volkerak verzwakking ten gevolge zal hebben van het verticale getij in het noordelijk Deltagebied. De tijverschillen worden geringer bij ongeveer gelijkblijvende middenstand. De vermindering van het tij-

verschil zal het sterkst zijn in de onmiddellijke nabijheid van de dam door het Volkerak en vandaar zowel in zeewaartse als in landwaartse richting geringer worden. Het verloop van het gemiddeld hoog- en laagwater voor en na de afsluiting van het Volkerak benevens de verandering van het tijverschil is aangegeven in figuur 3 voor het traject Hoek van Holland, Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Noord, Kil, Hollandsch Diep en Haringvliet. Dat de sterkste verandering van het tijverschil, ter grootte van ongeveer 60 cm, zal plaats grijpen bij de dam ziet men op figuur 2, waar de krommen van het gemiddeld getij te Willemstad voor en na de afsluiting van het Hellegat zijn weergegeven. Het hoogwater wordt ongeveer 35 cm lager en het laagwater 25 cm hoger. Te Dordrecht zullen deze verschillen 25 en 20 cm bedragen.
Uit de figuur en uit de tabel blijkt dat ten gevolge van het afsluiten van het Volkerak ook de havengetallen in het noordelijk Deltagebied zullen toenemen. Onder het havengetal moet de tijdsperiode worden verstaan die verloopt tussen een maanculminatie en het daaraanvolgend optreden van hoog- of laagwater. De verandering van het haven-

Figuur 1



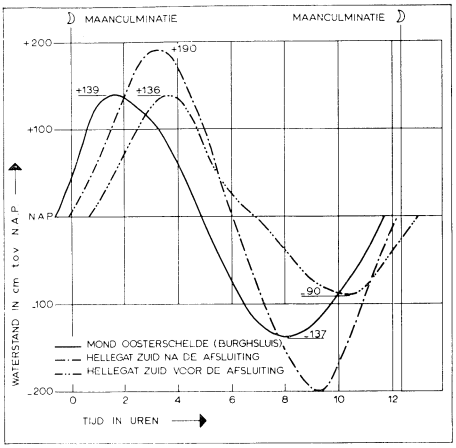
Figuur 2



Waterstanden in cm t.o.v. NAP bij Boven-Rijn afvoer van 2200 m³/sec.

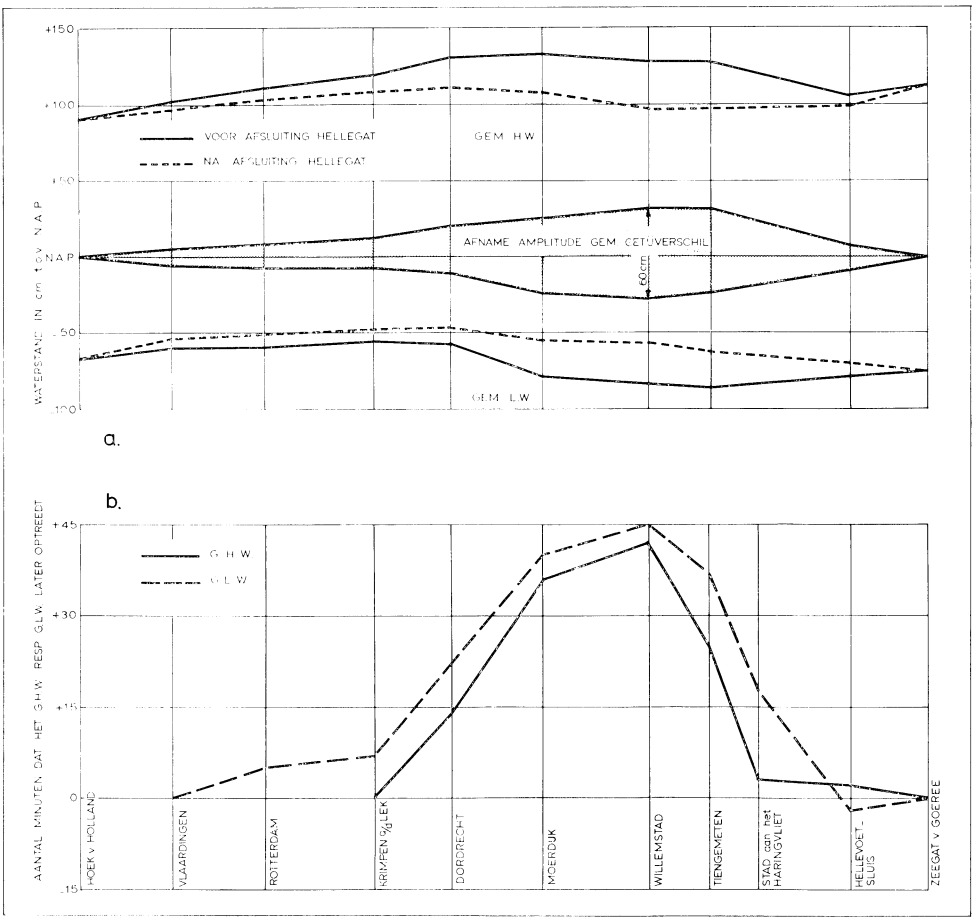
Station	Gem. HW en LW-standen en havengetallen bestaande toestand				Gem. HW en LW-standen en havengetallen na afsluiting Hellegat			
	HW		LW		HW		LW	
	hoogte in cm t.o.v. NAP	gem. haven-getal	hoogte in cm t.o.v. NAP	gem. haven-getal	hoogte in cm t.o.v. NAP	gem. haven-getal	hoogte in cm t.o.v. NAP	gem. haven-getal
		h. min.		h. min.		h. min.		h. min.
Hoek van Holland	90	1.55	— 68	9.45	90	1.55	— 68	9.45
Vlaardingen	102	3.30	— 60	10.50	97	3.30	— 55	10.50
Rotterdam	111	4.00	— 59	11.20	103	4.00	— 52	11.25
Krimpen a/d Lek	120	4.35	— 55	11.50	108	4.35	— 48	11.60
Goidschalxoord	117	4.00	— 63	11.10	106	4.05	— 53	11.25
Puttershoek	126	4.15	— 64	11.30	106	4.25	— 52	11.50
Dordrecht	131	4.30	— 57	12.00	111	4.45	— 47	12.20
Werkendam (buiten)	159	5.00	+ 1	13.20	134	5.15	+ 5	13.55
Zeegat van Goeree	—	—	—	—	—	—	—	—
Hellevoetsluis	106	2.35	— 79	9.60	99	2.35	— 70	9.55
Stad a/h Haringvliet	118	3.05	— 86	10.10	97	3.05	— 67	10.30
Tiengemeten	129	3.15	— 86	10.25	97	3.40	— 63	10.60
Willemstad	129	3.40	— 83	10.55	97	4.20	— 56	11.40
Moerdijk	133	4.10	— 79	11.20	108	4.45	— 55	12.00
Anna Jacaminaplaat	—	—	—	—	—	—	—	—
Mond der Donge	135	5.25	— 56	12.35	112	5.50	— 42	13.15
Werkendam (binnen)	139	6.10	— 66	13.35	115	6.35	— 46	14.15
Hellegat zuid	136	3.35	— 90	10.45	190	3.10	— 200	9.25
Dintelsas	140	3.25	— 101	10.00	185	3.00	— 195	9.05
Steenbergse Sas	145	3.30	— 120	9.45	180	3.10	— 185	9.20
Bruinisse	142	2.55	— 145	8.30	165	2.50	— 170	8.25
Stavenisse	154	2.45	— 151	8.20	156	2.45	— 160	8.20

getal zal eveneens het sterkst zijn in de onmiddellijke nabijheid van de dam door het Volkerak, terwijl de verandering in zeewaartse richting geringer zal worden. Na de afsluiting van het Volkerak zullen het gemiddeld hoog- en laagwater te Willemstad ± 45 minuten later blijken op te treden dan op het ogenblik. Te Dordrecht zal de vertraging van het gemiddeld hoogwater ± 15 minuten bedragen en die van het gemiddeld laagwater ± 20 minuten. De verandering van het havengetal voor het gemiddeld hoog- en laagwater is voor het reeds genoemde traject in figuur 4 aangegeven.

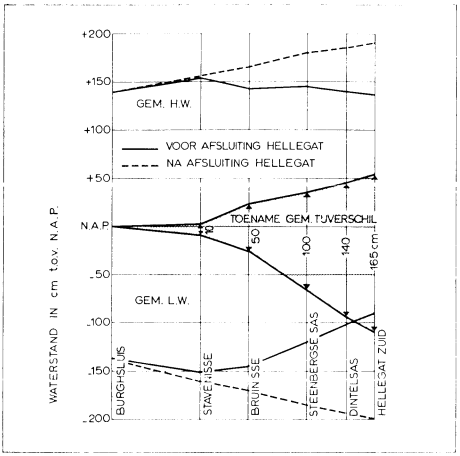


Figuur 4

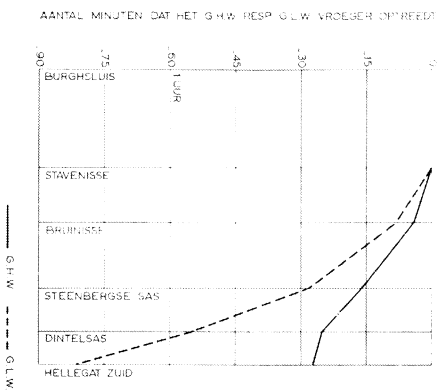
Figuur 3



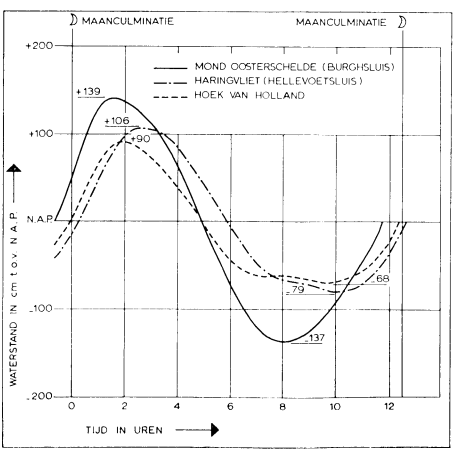
Figuur 5



Figuur 6



Figuur 7



Verandering van de horizontale getijbeweging in het noordelijk Deltagebied

Als gevolg van het zwakker wordende verticale getij in het noordelijk Deltagebied zullen in het algemeen ook de eb- en vloeddebieten veranderen. Op de Nieuwe Waterweg veranderen de maximale eb- en vloeddebieten slechts weinig. De maximale ebdebieten zullen enigszins afnemen, hetgeen gunstig kan zijn voor de beperking van de erosie op de Nieuwe Waterweg. De verandering van de eb- en vloeddebieten bij gemiddelde getijomstandigheden en normale boven-Rijnafvoer als gevolg van het afsluiten van het Volkerak zijn het grootst in het Hollandsch Diep, de Dordtsche Kil en de Noord. In het Hollandsch Diep zullen de maximale stromen met ongeveer 30% afnemen. In het Haringvliet direct ten westen van het Volkerak zullen de maximale ebdebieten met 30 à 40 % en de maximale vloeddebieten met ongeveer 50% toenemen. Te Hellevoetsluis is er sprake van een geringe afname van de maximale eb- en vloeddebieten met ongeveer 10%. In de Dordtsche Kil zullen de ebstromen belangrijk afnemen en het maximale vloeddebiet zal ook kleiner worden en zelfs bij voldoend grote opperwaterafvoer geheel verdwijnen. In de Noord zullen de veranderingen belangrijk geringer zijn dan in de Dordtsche Kil. Ook in het tijdstip van optreden van de maximale gemiddelde debieten ten opzichte van de maanculminatie zullen uiteraard veranderingen optreden.
Als gevolg van de relatief grote veranderingen in het gemiddelde tijverschil en havengetal in het Hollandsch Diep, de Kil en de Noord zal de opperwaterverdeling zich na de afsluiting van het Volkerak wijzigen. Een groter gedeelte van het opperwater dan thans zal via het Haringvliet naar zee stromen. Deze vergroting van de opperwaterafvoer van het Haringvliet zal gaan ten koste van de opperwaterafvoer van de Nieuwe Waterweg. Na de afsluiting van het Volkerak zal de Waterweg bij gemiddelde getijomstandigheden en normale opperwaterafvoer 10 à 15% minder opperwater afvoeren dan tot dusver. Na de afsluiting van het Haringvliet in het voorjaar van 1970 zal men met behulp van de uitwateringssluizen in de mond van het Haringvliet een zo gunstig mogelijke verdeling kunnen verkrijgen van de opperwaterafvoer over het stelsel der benedenrivieren. In de tussenliggende fase zal men echter rekening moeten houden met een situatie die voor de verdeling van het opperwater over de benedenrivieren minder gunstig is dan nu. Daar de Rijnafvoeren voor een groot deel afhankelijk zijn van de klimatologische omstandigheden in de winterperiode, en de verdeling van de boven-Rijnafvoer over het jaar een statistisch proces volgt, bestaat de mogelijkheid dat de ongunstiger afvoerverdeling in de loop van het jaar gecompenseerd wordt. De verkleining van het getij op het Haringvliet zal echter reeds een gunstig effect op de stormvloedstanden in dit gebied en in de onmiddellijke omgeving hebben.

Invloed op de gemiddelde verticale getijbeweging in het zuidelijk Deltagebied

In het zuidelijk Deltagebied zal de verticale getijbeweging – in tegenstelling tot het noordelijk gebied – als gevolg van de afsluiting van het Volkerak sterker worden. De hoogwaterstanden zullen hoger en de laagwaterstanden lager worden. Deze veranderingen zullen wederom het grootst zijn bij de dam en in zeewaartse richting afnemen. Onmiddellijk ten zuiden van de dam door het Volkerak zal het gemiddelde tijverschil na de afsluiting van het Volkerak van 225 cm toenemen tot 390 cm: een verhoging van 165 cm! In figuur 5 is dit verschijnsel geïllustreerd met behulp van de in het hydraulisch model bepaalde krommen voor gemiddeld getij van het station Hellegat Zuid onmiddellijk ten zuiden van de dam door het Volkerak voor en na de afsluiting van het Volkerak. Te Stavenisse bedragen de veranderingen in het gemiddelde verticale getij als gevolg

van de afsluiting van het Volkerak daarentegen nog slechts enkele centimeters. Het verloop van het gemiddelde hoog- en laagwater voor en na de afsluiting van het Volkerak, benevens de verandering van het tijverschil ten gevolge van die afsluiting, is in figuur 6 getekend voor het traject Oosterschelde–Keten–Mastgat–Zijpe.
Na de afsluiting van het Hellegat worden de gemiddelde havengetallen in het zuidelijk Deltagebied kleiner, hetgeen impliceert dat in vergelijking met de huidige toestand het gemiddeld hoog- en laagwater vroeger op zullen treden ten opzichte van de maanculminatie. Ook de verandering van het havengetal wordt in zeewaartse richting geringer. Direct ten zuiden van de dam zal het gemiddeld hoogwater ± 30 minuten en het gemiddeld laagwater ± 80 minuten vroeger optreden. Te Stavenisse zullen voor en na de afsluiting van het Volkerak vrijwel dezelfde havengetallen gelden. Het verloop van de verandering van het havengetal langs het reeds genoemde traject is aangegeven in figuur 7. De min of meer tegengesteld gerichte verandering van het tijverschil en het havengetal ten noorden en ten zuiden van de dam door het Volkerak zijn er de oorzaak van dat een vrij groot verval over de dam zal komen te staan. Het verloop van het verval bij gemiddelde getijomstandigheden is aangegeven in figuur 2. Uit deze figuur blijkt dat het maximale verval van het Haringvliet naar het Volkerak ± 180 cm zal worden.

Een algemene beschouwing over de optredende veranderingen

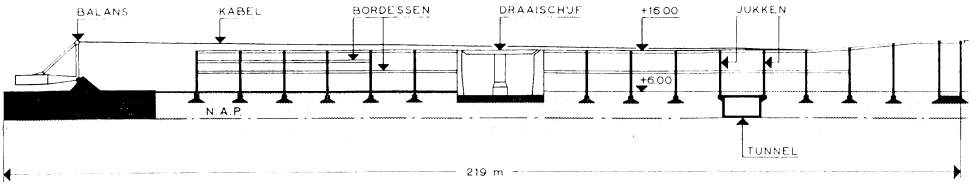
De oorzaak van de verlagende invloed van de Hellegatdam op de waterstanden in het noordelijk Deltagebied moet gezocht worden in de ongelijke tijverschillen der zeegaten in combinatie met het feit dat het Haringvliet na de afsluiting van het Hellegat buiten de invloedssfeer van de Oosterschelde komt te liggen. Het gemiddelde tijverschil in de mond van de Oosterschelde, te Burghsluis, in het zeegat van Goeree en te Hoek van Holland bedraagt respectievelijk 276, 185 en 158 centimeter (zie figuur 8). Ten gevolge van het relatief grote tijverschil in de Oosterschelde beïnvloedt bij de huidige toestand het getij vanuit het zuidelijk Deltagebied via het Volkerak het getij in het noordelijk Deltagebied. Onder deze invloed wordt de verticale getijbeweging in het noordelijk Deltagebied versterkt. Zodra het Volkerak afgesloten wordt houdt deze penetratie van de zuidelijke getijgolf in het noordelijk Deltagebied op. De getijbeweging in het noordelijk Deltagebied wordt dan alleen beïnvloed door het getij in het Haringvliet en de mond van de Nieuwe Waterweg, waar relatief kleinere tijverschillen voorkomen t.o.v. de Oosterschelde. De verticale getijbeweging in het noordelijk Deltagebied wordt derhalve na de afsluiting van het Volkerak zwakker. Omgekeerd verlaagt bij de bestaande toestand het lagere getij in het Haringvliet het getij in het Volkerak. Het afsluiten van het Volkerak zal dus een versterking van het getij in deze stroom ten gevolge hebben. Dit effect wordt nog versterkt door terugkaatsingsverschijnselen tegen het afgesloten einde van het Volkerak, die zich vooral in het traject Bruinisse-Hellegatdam doen gevoelen. Dit verschijnsel treedt steeds op in getijwateren, die aan één zijde zijn afgesloten. De mate waarin het geschiedt hangt af van de afmetingen van het getijgebied.
Bij de bepaling van de veranderingen van horizontale getijbeweging in het noordelijk bekken is gebleken, dat de opperwaterafvoer voor een deel een meer zuidelijke route gaat volgen. Dit vindt hoofdzakelijk zijn oorzaak in het feit dat de getijstromen in Dordtsche Kil en Hollandsch Diep relatief sterker gaan afnemen dan in de Nieuwe Waterweg. Indien de weerstand die de waterbeweging ondervindt lineair afhankelijk zou zijn van de snelheid, zouden de veranderingen van de getijstromen geen invloed hebben op de verdeling van de opperwaterafvoer. Doordat echter de weerstand kwadratisch afhankelijk is van de snelheid, is deze invloed nu wel aanwezig met het bovenomschreven gevolg.

Onderbouw van de kabelbaan over het Brouwershavensche Gat

Zoals in het Driemaandelijks Bericht nr. 42 (november 1967) reeds is vermeld, zal het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat met behulp van een kabelbaan voorzien van twee kabels worden afgesloten, waarbij de vrije overspanning van deze draagkabels in verband met de vereiste capaciteit van de baan beperkt dient te blijven tot ongeveer 400 m, en de hoogteligging van de kabels zodanig moet worden gekozen dat per overspanning twee automoteurs of motorgondels kunnen worden toegelaten. Gezien de lengte van het sluitgat zijn drie hoofdoverspanningen noodzakelijk, respectievelijk met een lengte van 380, 395 en 380 m, terwijl de zij-overspanningen 130 en 150 m lang worden. Totaal moeten dus voor de ondersteuning van de kabels vier pylonen worden gebouwd, twee rivierpylonen waar de kabels langs lopen op N.A.P. + 30 m en twee landpylonen met de kabels op N.A.P. + 28 m.
Het ontwerp van de baan wijkt in opzet verder weinig af van die welke bij de Grevelingen is toegepast; wel zijn verschillende details verbeterd of veranderd. Voor wat de kabels aangaat is wederom uitgegaan van een evenwichtssysteem waarbij de spanning in de kabels steeds gelijk blijft en waarbij gebruik wordt gemaakt van een vaste verankering aan de ene zijde en een balans of contragewicht aan de andere zijde van elk der kabels. Ook zullen weer op beide oevers vaste railgedeelten komen, waarin een draaischijf is opgenomen die de automoteurs van de ene op de andere kabel overbrengt. In het hierna volgende zal hoofdzakelijk de betonnen onderbouw worden beschreven. Te zijner tijd zal nog nader worden ingegaan op de stalen bovenbouw.

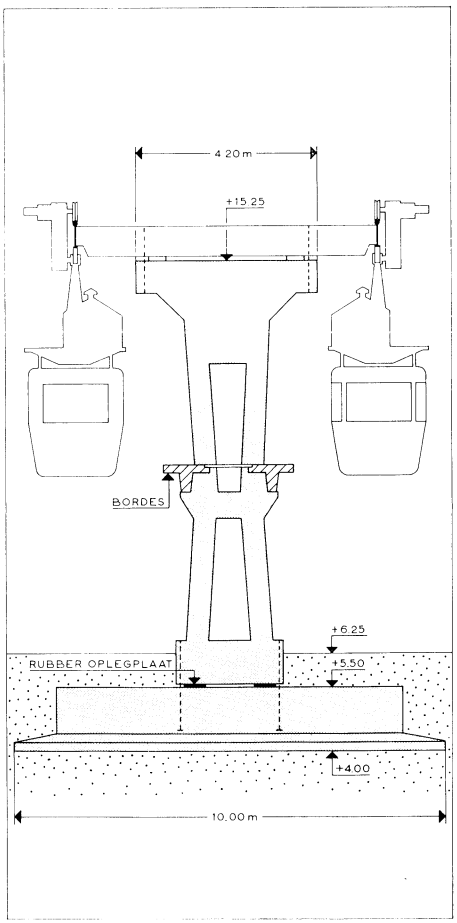
Pylonen

Bij het ontwerp van de pylonen is uitgegaan van een enkelvoudige centrale betonnen toren waarop een stalen kopconstructie zal worden aangebracht. De beide kabels komen aan weerszijden van de torens te hangen. De meer gecompliceerde portaalconstructie, toegepast bij de Grevelingenbaan en opnieuw te gebruiken bij het Haringvliet, wordt bij het Brouwershavensche Gat niet herhaald.
Speciale aandacht is besteed aan de stijfheid van de constructie tegen wringen. Een wringbelasting treedt op als beide kabels in tegengestelde richting over de pyloonkop schuiven. Indien de wringstijfheid onvoldoende is, bestaat het gevaar dat een pyloonkop zodanig roteert dat de kabels uit hun opleggingen kunnen schieten. In verband hiermede

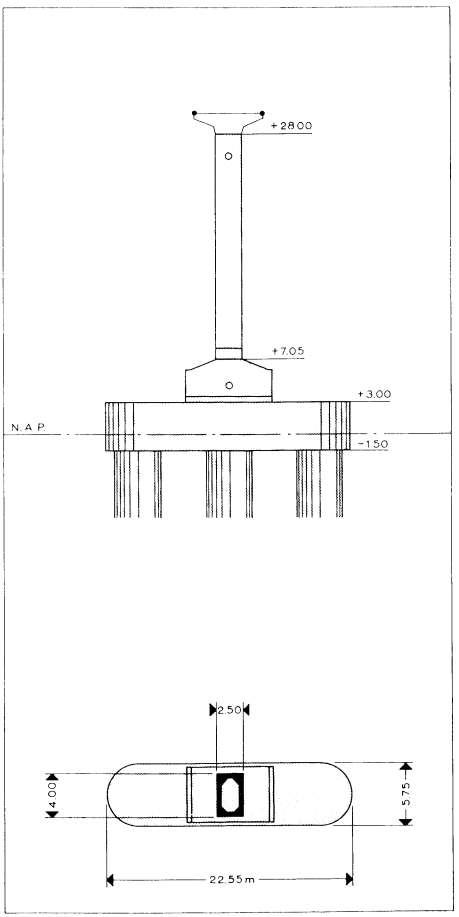


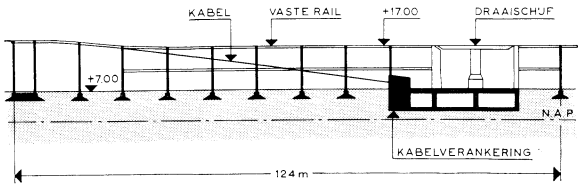
Zijaanzicht van de vaste railgedeelten op Schouwen en op het damvak over de Middelplaat

Juk voor de ondersteuning van de vaste railgedeelten



Voor- en bovenaanzicht van een rivierpyloon





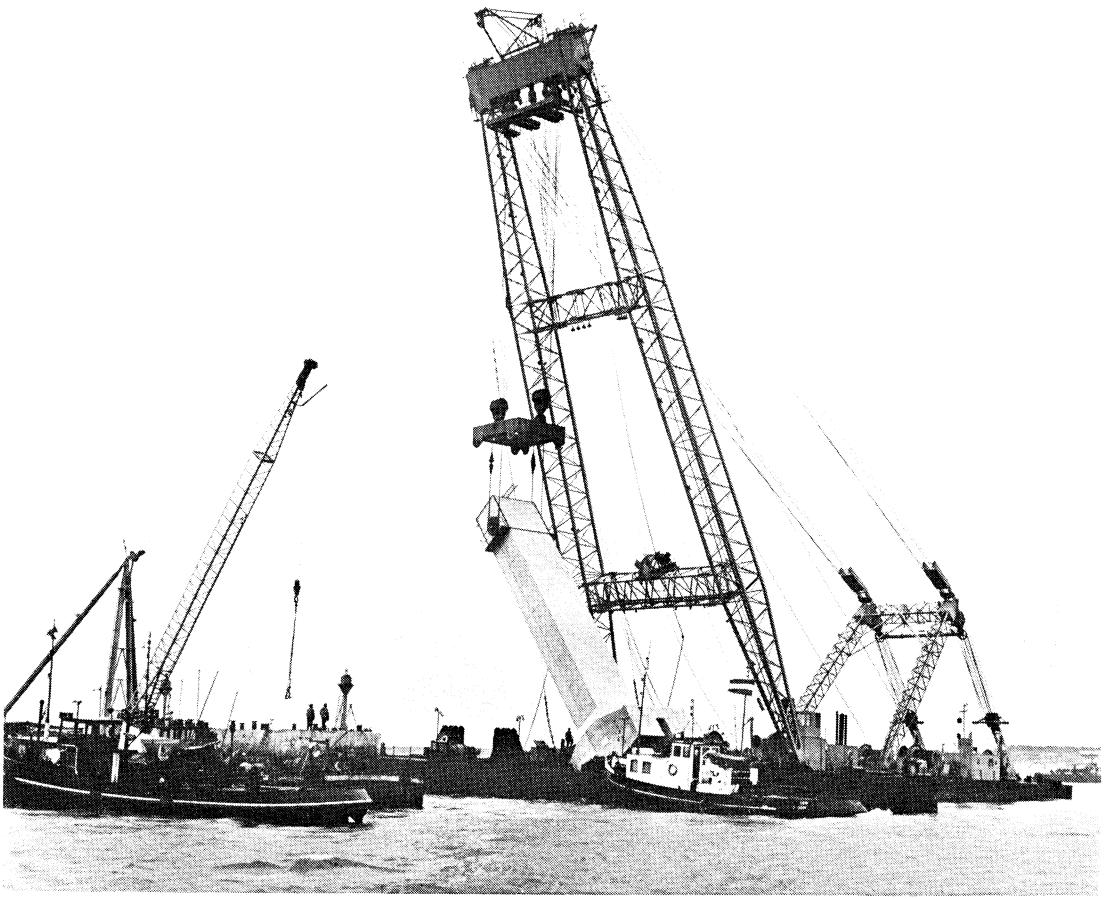
is nagegaan of als ondersteuning van de draagkabels stalen dan wel betonnen pylonen de voorkeur verdienen. Daarbij is gebleken dat pylonen van beton een stijvere constructie opleveren en bovendien goedkoper zijn dan pylonen van staal.
Voor wat de twee rivierpylonen betreft is vervaardiging ter plaatse, dus op open water, vermeden en is een geprefabriceerde constructie in voorgespannen beton ontworpen. Elke toren bestaat uit een voetconstructie en een opgaande schacht met uitwendige afmetingen van 4,00 bij 2,50 m en een wanddikte van 0,40 m. De totale hoogte is 25 m en het gewicht per stuk bedraagt 460 ton. De beide torens zijn de afgelopen winter op een werkterrein van de Oosterschelde Combinatie te Kats vervaardigd en begin mei met een speciale bak naar het Brouwershavensche Gat vervoerd. Deze bak, die ook is gebruikt voor het transport van de putten voor de Zeelandbrug – thans de officiële naam van de brug over de Oosterschelde – bestaat uit twee gekoppelde pontons waar een toren tussen kan liggen. Met behulp van de drijvende bok Ir. J. G. Snip zijn de torens gekanteld. Om dit mogelijk te maken zijn zij aan de boven- en onderzijde voorzien van draaipunten. Na het kantelen werd de palenbak weggevaren en de toren neergelaten op 8 vijzels, die opgesteld stonden op de reeds in 1967 vervaardigde onderbouw. Door middel van de vijzels konden kleine correcties in de stand worden aangebracht. Vervolgens werden de speciaal hiervoor aanwezige ruimten in de voetconstructie voorzien van spanstaven en nadat de voet met beton was gevuld kon de toren op de onderbouw worden vastgespannen.
De beide landpylonen, die aan weerszijden van het sluitgat op de oevers komen te staan, zijn nog niet in uitvoering. De pyloon aan de noordzijde, op het damvak Middelplaat, zal zo dicht mogelijk bij de oever worden geplaatst; de landpyloon aan de zuidzijde, aan de kant van Schouwen, komt ongeveer op 130 m afstand van de oever te staan. De grote waterdiepten aan deze zijde en het daarmee samenhangende gevaar van instabiliteit van de oever maakten plaatsing op enige afstand van de onderzeese oever noodzakelijk.
De ontworpen landpylonen zijn voor het opgaande deel van dezelfde vorm en afmetingen als de rivierpylonen. Aangezien de opgaande schacht ter plaats kan worden vervaardigd, is uitgegaan van een normale gewapend-betonnen constructie. De fundering van een landpyloon bestaat uit een gewapend-betonnen plaat ondersteund door 24 betonnen palen. Deze palen zijn zodanig ruimtelijk opgesteld dat de stabiliteit van de

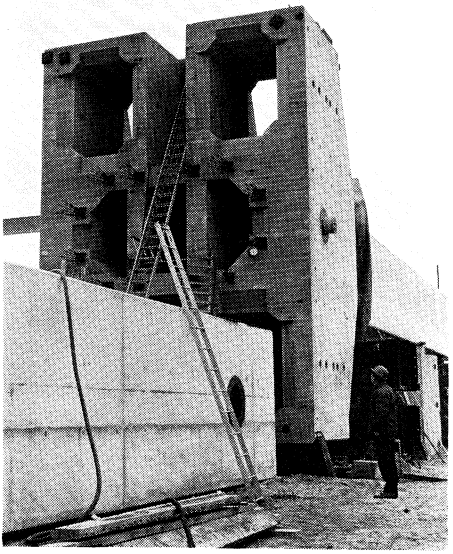
constructie in alle richtingen is verzekerd. Het onderheien met betonpalen is noodzakelijk, omdat bij een rechtstreeks funderen op de ondergrond de pyloonkop reeds bij een geringe ongelijke zetting van de bodem ontoelaatbare horizontale verplaatsingen zou ondergaan.

Onderbouw van de vaste railbanen

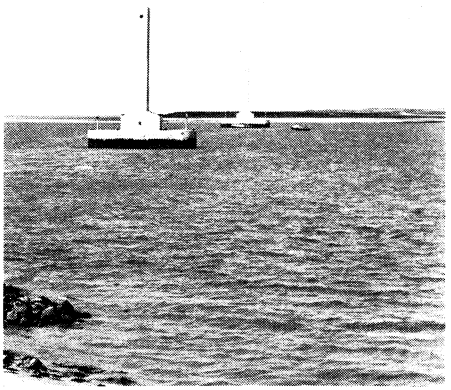
De ondersteuning van de vaste railbanen zal bestaan uit geprefabriceerde jukken van gewapend beton, waarop te zijner tijd een stalen railconstructie zal worden gemonteerd. Ten einde deze stalen bovenbouw zo eenvoudig mogelijk te houden is een onderlinge

Met behulp van een bok wordt een rivierpyloon gekanteld

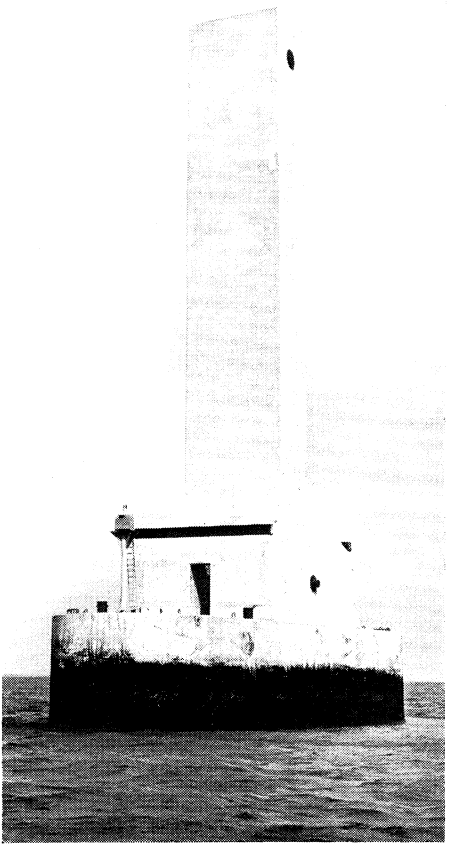




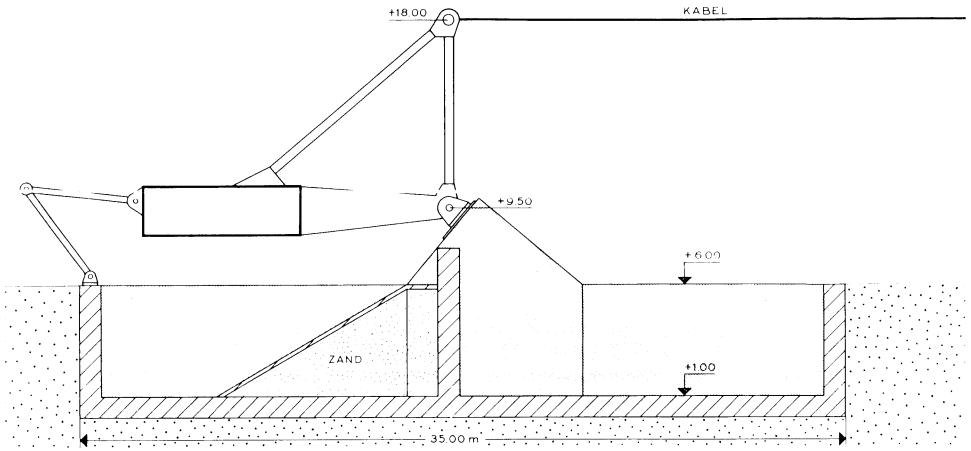
Onderzijde van de voetconstructie van de pyloon



De beide rivierpylonen geplaatst



De voetconstructie van een pyloon gevuld met beton en op de onderbouw vastgespannen



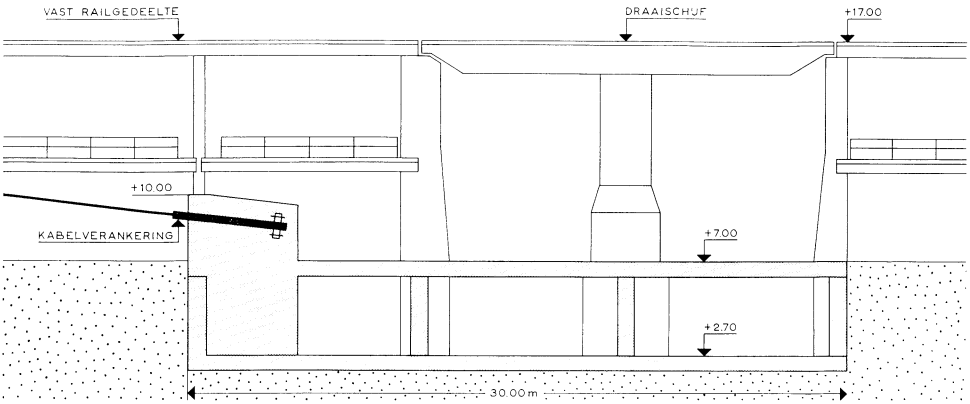
Doorsnede van de fundering van de contragewichten op Schouwen

jukafstand van 10 m gekozen in plaats van 20 m zoals bij de Grevelingen. Ongeveer ter halver hoogte van de jukken komen bordessen, die tevens als montageverband dienst zullen doen. Door middel van voorspanstaven zullen de jukken verankerd worden op betonnen funderingssloven. Aangezien de belading zal plaats vinden aan beide zijden van het sluitgat, zijn de vaste baangedeelten die zich voor de draaischijven bevinden van een zelfde lengte. Aan de kant van Schouwen zal in het verlengde van de baan een garagespoor komen.

De verankering voor de twee kabels maakt deel uit van de fundering van het vaste baangedeelte op het damvak over de Middelplaat. Het verankeringsblok is ontworpen in de vorm van een zware I-vormige constructie van gewapend beton, voorzien van zijsteunen en een verzwaard gedeelte waarin de bevestigingsconstructie voor de kabels is opgenomen. Het verankeringsblok is tevens fundering voor de draaischijf. Het blok rust rechtstreeks op de ondergrond en komt voor een belangrijk deel onder het terrein te liggen. Het gewicht van het blok, tezamen met het gewicht van de grond die er op aangebracht wordt, is zodanig gekozen, dat de horizontale krachten die de kabels op het blok uitoefenen ruimschoots door de wrijving tussen de onderzijde van het blok en de ondergrond kunnen worden opgenomen. De tegenkrachten die het blok eventueel aan de voorzijde door de grond kan ondervinden zijn als een extra reserve te beschouwen. Deze tegenkrachten komen echter pas in werking als het blok enigszins zou gaan verschuiven, iets wat beter vermeden kan worden.

De kabels zullen aan het verankeringsblok worden bevestigd door middel van een aan de kabel vastgegoten oog en een daarop aansluitende bevestigingsconstructie die zich aan het blok bevindt. Deze constructie wijkt dus af van die bij de Grevelingenbaan. Bij deze baan werd namelijk gebruik gemaakt van een met hout beklede betoncylinder waar de kabel met een aantal slagen omheen werd gelegd en waarbij de krachten door middel van wrijving werden overgedragen (Driemaandelijks Bericht nr. 24, mei 1963). De nu ontworpen constructie is eenvoudiger van vorm.

Gelijktijdig met de onderbouw van het vaste baangedeelte op Schouwen zal een tunnel



De vaste verankering op de Middelplaat

worden aangelegd. Deze tunnel, welke dient voor plaatselijk verkeer, zal onder de vaste baan doorlopen en tevens dienen als fundering voor twee jukken. Het ontwerp bestaat uit een eenvoudige rechthoekige koker van gewapend beton en heeft een totale lengte van ongeveer 80 m. In verband met de vrij grote lengte is speciaal aandacht besteed aan de dagverlichting. Door de tunnel in drie afzonderlijke stukken te verdelen is het mogelijk om op 1/3 en 2/3 van de lengte een 5 m brede lichtschacht aan te brengen, waardoor een kostbare kunstverlichting voor overdag kan worden vermeden.

Fundering van de contragewichten

Aan de zuidzijde, op Schouwen, zullen de kabels worden bevestigd aan een tweetal draaibare contragewichten van hetzelfde type als bij de Grevelingen. Wel zal een verbeterde uitvoeringsvorm worden gekozen, waardoor compensatieslingers of hulpcontragewichten, die bij de Grevelingenbaan noodzakelijk waren, achterwege kunnen blijven. Bovendien is de verankering bij het Brouwershavensche Gat geheel afzonderlijk aan het einde van de baan opgesteld, zodat een eenvoudige zware betonnen bak met de nodige verstijvingsribben als fundering voor de naast elkaar gelegen contragewichten kon worden ontworpen.
De opstelling aan het einde van de baan heeft tevens het voordeel dat de contragewichten niet in de vaste railbaan behoeven te worden opgenomen en met een korter vast railgedeelte kan worden volstaan. De contragewichten worden evenals het verankeringsblok rechtstreeks op de ondergrond gefundeerd en de overdracht van horizontale krachten vindt op analoge wijze plaats. Bij de baan over het Rak van Scheelhoek is een andere constructie toegepast, waarbij de contragewichten in schachten op en neer bewegen (Driemaandelijks Bericht nr. 36, mei 1966). De voor de baan over het Brouwershavensche Gat ontworpen betonnen funderingsbak is in vergelijking met de puttenfundering echter constructief eenvoudiger.

Het dijkvak op de Zuidwal

Bij de voorbereiding en de uitvoering van de bouw van het dijkvak op de Zuidwal, de noordelijke rand van de Ballastplaat, vormden de stromingen over de zuidelijk gelegen zandplaat een groot punt van zorg en onzekerheid. Dankzij uitvoerige metingen, waarbij ook Wattdauerstrohmmesser, van Duitse collega's geleend, werden gebruikt, is het gedrag van deze stromen thans redelijk goed bekend. Gebleken is dat het grootste deel van de Ballastplaat afwaterende naar het Oort, en slechts een klein gedeelte zuidwaarts naar het Nieuwe Robbengat. Toen ten oosten van het werkeiland een dijkvak van 1500 m lengte en vanuit de Groninger kust een vak van 3000 m werden gemaakt, ontwikkelden zich voor de koppen van deze beide dijkvakken in korte tijd geulen die zich tot ver over de Ballastplaat uitstrekten. Normaliter stroomt er evenveel water door het tracé van de toekomstige dijk in noordelijke als in zuidelijke richting, maar bij enige wind uit westelijke richting is er een duidelijk vloedoverschot te constateren, waardoor het totaal der stromen nog wordt versterkt.

Voor de aanleg van het dijkvak op de Zuidwal zijn verschillende methoden overwogen: men kon het aanleggen door het van het westen uit vooruit te bouwen in oostelijke richting, of omgekeerd, vanuit een oostelijk aanvangspunt in westelijke richting; men kon het dijkvak ook vooruit bouwen van beide zijden tegelijk.

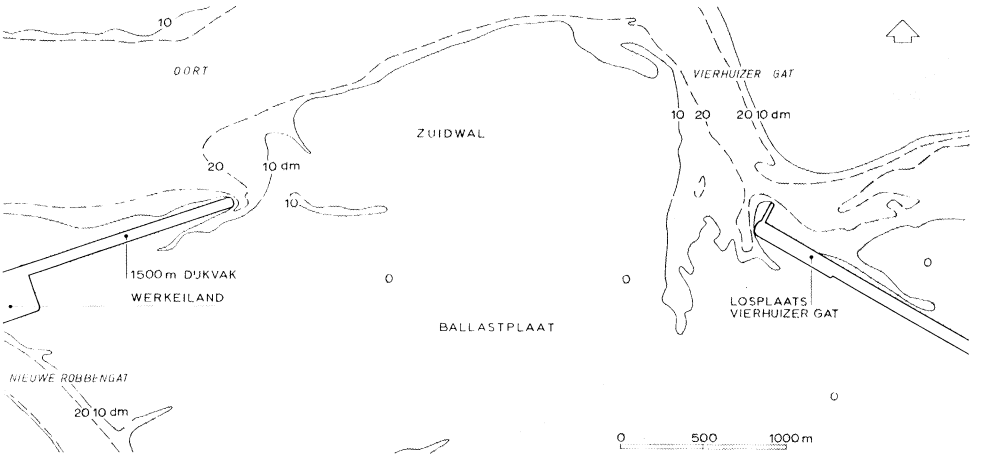
Bij de eerstgenoemde werkwijzen moest als eerste een geul worden afgesloten, waarna de dijk verder zou worden vooruit gebouwd over de zandplaat. In het laatste stadium zou dan de andere geul nabij de tegenoverliggende dijkkop geblokkeerd worden. Deze methode heeft het onmiskenbare voordeel, dat de afsluiting van de eerste geul geschiedt terwijl aan de stroom nog weinig belemmeringen in de weg worden gelegd. Tijdens het vooruit bouwen van de dijk over de zandplaat wordt de stroom als het ware door het werk weggedrukt in de richting van de laatste geul. Deze geul, die al belangrijke verbindingen in noordelijke en zuidelijke richting heeft, zou door het eb- en vloedwater, dat door een steeds kleinere opening moet vloeien, aanzienlijk worden verdiept en verbreed. De blokkering zou dus moeilijker worden wegens de grote toevloed van water, anderzijds gemakkelijker omdat het in dieper water mogelijk is met allerlei vaartuigen te opereren zodat een bezinking op de bodem zou kunnen worden aangebracht en met grind of stortsteen vastgelegd op de aldus gevormde drempel zou men een sluitkade van mijnsteen of keileem kunnen bouwen.

Misschien zou deze laatste geul zelfs met een overmaat aan zand kunnen worden dichtgeperst. Hiervoor zou de geulbodem aan weerskanten van het sluitgat enigszins moeten worden geblokkeerd, een werk waarbij zeer grote hoeveelheden zand buiten het eigenlijke profiel van de dijk terecht zouden komen.

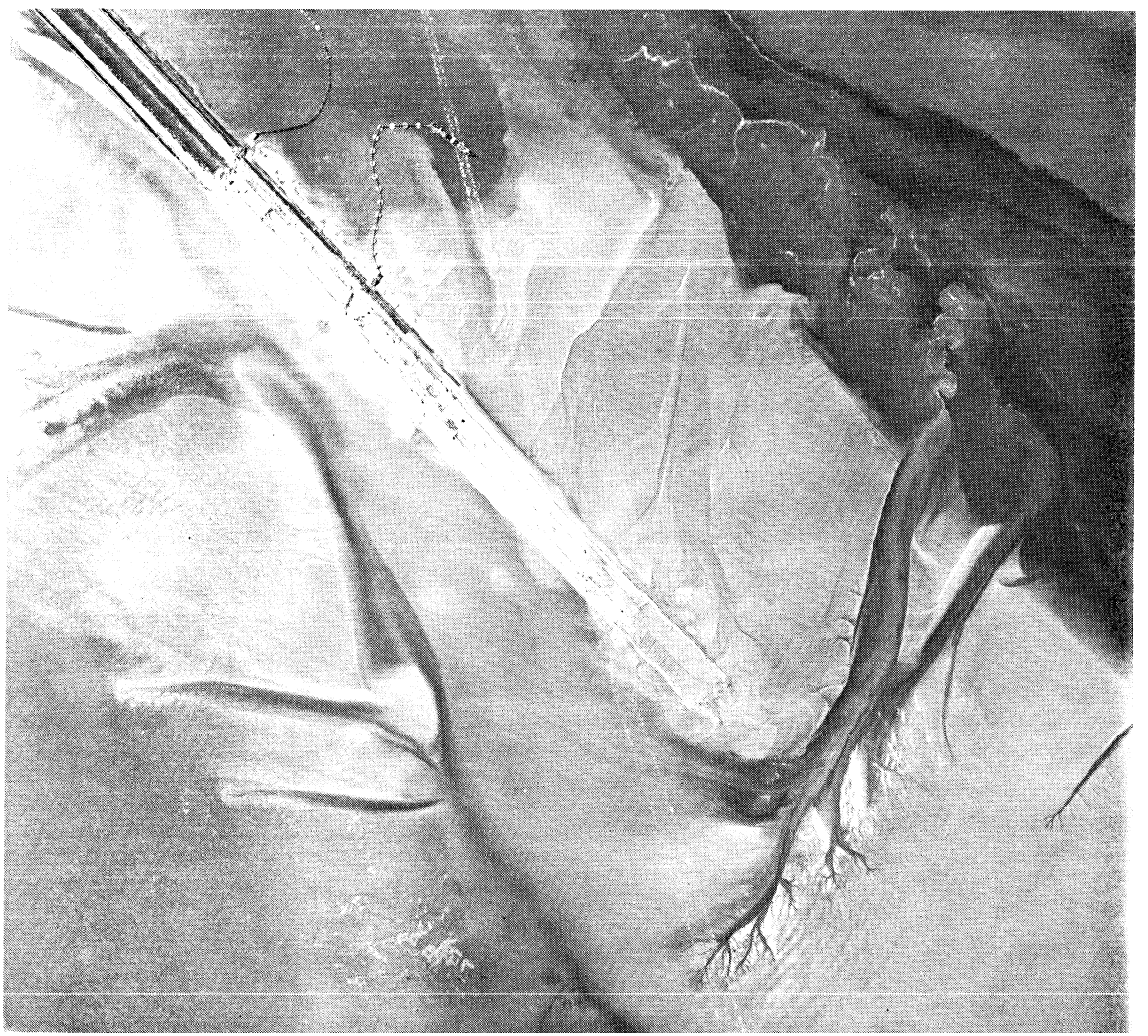
Werken van beide kanten tegelijk is in zoverre moeilijk, dat reeds in een vroeg stadium van het werk een vrij belangrijk deel van het doorstroomprofiel, namelijk de beide belangrijkste geulen, wordt geblokkeerd. De stroomsnelheden zullen reeds in het begin vrij snel stijgen waardoor er grote hoeveelheden zand zowel van de oorspronkelijke wad-

bodem als van de beide koppen van het in aanbouw zijnde zandlichaam worden meegesleurd.
Naarmate het werk echter vordert, komen de koppen van het werk steeds meer midden op een vrij hoge zandplaat te liggen. De stromingen in de onmiddellijke nabijheid zullen daarbij zonder twijfel nog fel zijn, maar er is een veel minder gemakkelijke toe- en afvoer van water over de zandplaat.
De wrijvingsweerstand van de plaat op de vrij dunne schijf erover heen stromend water is in verhouding veel groter dan de bodemwrijving in een vrij diepe geul. Hierdoor blijft de stroming in de laatste fase van de sluiting verhoudingsgewijs beperkt, zeker wanneer men let op de totale hoeveelheid water die bij eb en vloed door de laatste opening heen en weer vloeit.
Uitvoeringstechnisch biedt het werken van twee kanten ook enige voordelen. Het werkseizoen ongeveer van april-oktober is beperkt van duur, terwijl het niet mogelijk is de capaciteit bij het spuiten van zand, het transport over het gemaakte werk en de inzet van arbeidskrachten aan het werkfront onbeperkt op te voeren, omdat de ruimte op de dijk nu eenmaal beperkt is. Het werken 'aan twee fronten' biedt de mogelijkheid het ingezette potentieel zo nodig aanzienlijk te versterken, zonder daardoor de regelmatige voortgang van het werk in gevaar te brengen.
Men heeft dan ook besloten de dijk zowel van het werkeiland als van de losplaats aan het Vierhuizer Gat naar voren te bouwen. Het bezwaar, dat hierdoor vele materialen extra naar de losplaats moesten worden getransporteerd en dat er arbeidsuren verloren gingen tengevolge van het varen van en naar het werkeiland en de losplaats is hierbij op de koop toe genomen. Deze bezwaren golden overigens alleen voor de tijd, dat er nog geen doorgaande verbinding over het nieuwe werk tot stand was gebracht.
In de laatste dagen van februari werd begonnen met zandspuiten van de westzijde. Nabij het eind van het 1500 m lange dijkvak beoosten het werkeiland werd een zanddrijver met een drijvende leiding gestationneerd, die het zand rechtstreeks van de zandplaat benoorden dit dijkvak in de nieuwe dijk spoot. Enkele dagen later werd aan de Groninger zijde begonnen met zandpersen. Berekeningen hadden uitgewezen, dat bij de gekozen uitvoeringswijze in elke vloed- en ebperiode zekere hoeveelheden zand door de stroom zouden worden meegesleurd. Dit zand zou zowel van de oorspronkelijke wadbodem, dus nog voor het werk uit, worden afgeschuurd alsook van de geheel uit zand bestaande en onbeschermde koppen van het werk. Naarmate het werk verder zou vorderen, zouden de zandverliezen per getij groter worden, tot een zeker punt, waarbij de koppen van het werk de geulen zouden zijn gepasseerd en zich op de zandplaat zouden bevinden. Ondanks verdere vernauwing zouden volgens de berekeningen de zandverliezen afnemen. Omdat de zandverliezen bij elk tij optreden was het zaak om de gehele blokkering van de dwarsstroom te doen plaatsvinden in een zo klein mogelijk aantal getijden. Om dat te bereiken werd een derde zandzuiger ingezet, en werd de werktijd per week voor het gehele bedrijf opgevoerd; de laatste tien weken werd zelfs dag en nacht doorgewerkt. Om de voortgang in horizontale zin zo groot mogelijk te doen zijn, werd het dijklichaam voorlopig opgebouwd tot een hoogte van ten hoogste ongeveer N.A.P. + 2 m. Ook werden werkmethoden gekozen waarbij de stortverliezen zo gering mogelijk zouden zijn.
Tevens is overwogen om in het werk aan de Waddenzeezijde een mijnsteenkade op te nemen, die zover vooruit zou worden gebouwd, dat er geen dwarsstromingen meer over het pas aangevoerde zand zouden kunnen optreden, zodat het zich in de beschutting van deze kade zou kunnen afzetten.
De aanleg van een dergelijke kade over het wad bleek echter een vrijwel onuitvoerbare zaak te zijn. De wadbodem was te week en stond te langdurig onder water om de

1


10
OORT
VIERHUIZER GAT
ZUIDWAL
10 20 20 10 dm
20 10 dm
10
1500 m DUKVAK
WERKEILAND
BALLASTPLAAT
LOSPLAATS
VIERHUIZER GAT
NIEUWE ROBBENGAT
20 10 dm
0 500 1000 m

2

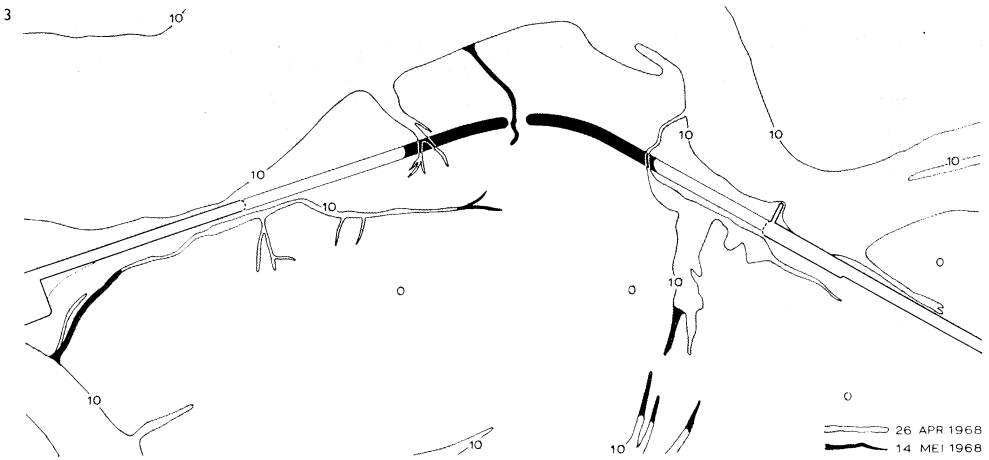


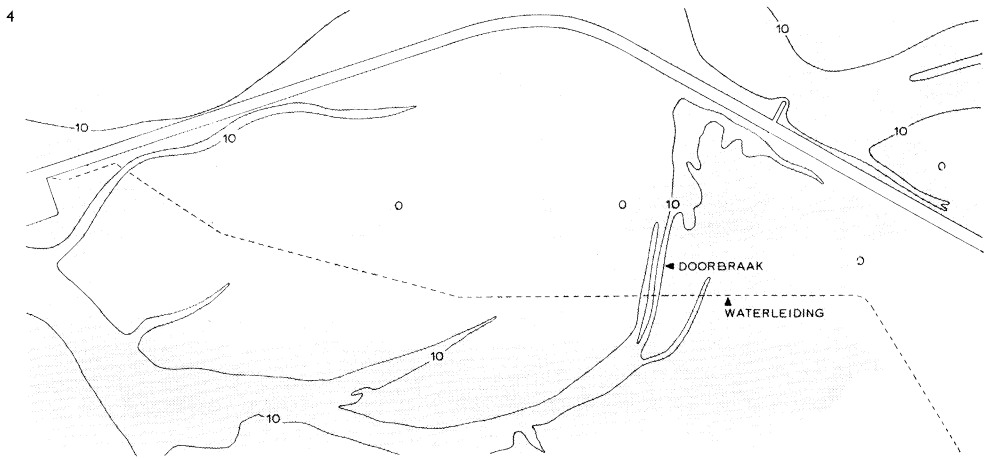
1 Het geulenstelsel op de Ballastplaat en de Zuidwal eind 1967

2 Het dijkvak op de Zuidwal in opbouw

3 De geulontwikkeling tijdens de uitvoering van het damvak op de Zuidwal

4 Het geulenstelsel op de Ballastplaat en de Zuidwal zeven weken na de voltooiing van het dijkvak





materialen voor de kade met vrachtauto's te kunnen vervoeren; voor schepen lag het toch ook weer te hoog. De wadbodem tussen de beide uiteinden van deze mijnsteenkaden zou bovendien toch niet worden beschermd en de voortgang van het gehele werk zou door deze extra activiteit in gevaar kunnen komen, zodat de uitwerking averechts zou zijn.
Ook is overwogen om ter voorkoming van uitschuring in het allerlaatste gedeelte, bijvoorbeeld over een lengte van 300 m, de wadbodem over een beperkte breedte te beschermen met een eenvoudige bodemafdekking. Het bleek echter moeilijk voorspelbaar waar uiteindelijk het sluitgat zou komen te liggen, omdat de bouw van de beide werkfronten niet gelijkmatig vorderde. Een dergelijke bodemafdekking zou trouwens de inleiding kunnen zijn tot vrij grote ontgrondingskuilen aan weerszijden, tengevolge van de heftige beweging van het over de afgedekte bodem stromende water. Dan zouden er nog veel grotere hoeveelheden zand in zwevende toestand kunnen geraken en door overtrekkende eb- en vloedstromen worden meegenomen. Om deze redenen is ook afgezien van de toepassing van een eenvoudige bodemafdekking.
Met dat al stond het slagen van de onderneming nog geenszins vast. Het op de wadbodem aanwezige zand was bijzonder fijn, evenals het door de zandzuigers aangevoerde. Een storm uit westelijke richtingen met een extra grote overtrek van water zou de toch al als aanzienlijk voorspelde zandverliezen nog aanmerkelijk kunnen vergroten. Berekeningen van de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst wezen echter uit dat het met een produktie van zand van 180 000 m³ per week mogelijk zou moeten zijn de zanddijk tot stand te brengen. Al spoedig bleken de weekeinden door de daarin

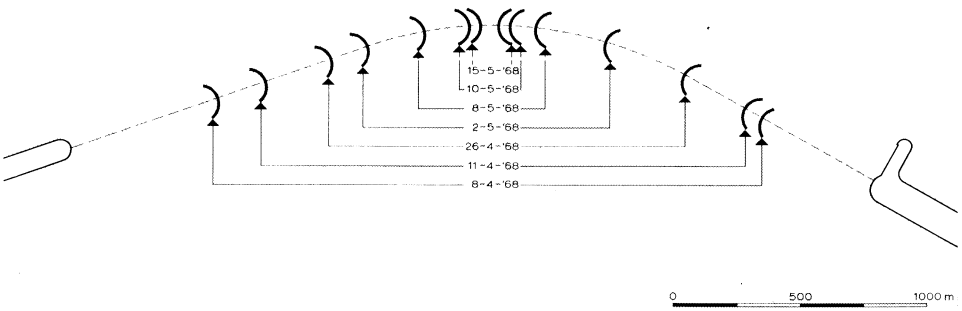
De laatste geul in het dijkvak op 13 mei tijdens vallend water op de middag voor de sluiting



onvermijdelijk optredende onderbrekingen van het werk schadelijk te zijn voor de voortgang. In deze dagen ontstonden namelijk voor de kop van het gemaakte werk verdiepingen, die zich aan weerskanten zover uitbreidden dat doorlopende geulen ontstonden. Deze geulen werden tijdens het vooruit bouwen van de dijk niet dichtgeperst, maar bleven als het ware met het werk meelopen.
Door de achterwaartse verbinding met de bestaande geulen kon een zeer felle stroom in deze geulen optreden. Er trad een groot zandverlies op zowel van het stort als van de oorspronkelijke wadbodem, die ter plaatse over een diepte van 2 m werd geërodeerd en dus telkens weer met zand moest worden aangevuld. Doordat de westelijke geul steeds verder naar het oosten werd weggedrukt werd de lengte ervan steeds groter en daardoor het verhang te klein dan dat de geul in stand kon blijven.
Enkele weken later, op de 24e april, werd de geul nabij de losplaats aan het Vierhuizer Gat op dezelfde wijze bedwongen. Het grote zandverlies uit de ondergrond was hiermee tevens achter de rug; van de totale lengte van 3 400 m was inmiddels 1 800 m dijk gesloten.
Aan de oostzijde vorderde men hierna bijzonder snel, mede tengevolge van het langzaam naar het westen dalende maaiveld waardoor tenslotte helemaal geen geulen meer rondom de koppen van het werk werden gevormd. De westelijke dijk moest nog een lichte inzinking van het maaiveld passeren, waar opnieuw een geul ontstond. Niettemin vorderde ook dit werkfront snel, tot zelfs 300 m per week. Op 15 mei liep 's middags tijdens de eb nog een felle stroom (tot 3 m/sec.) met een breedte van ongeveer 60 m en een diepte van N.A.P. — 2,5 m tussen de beide zandstorten. Naarmate de ebkentering

De stroom en de afkalvende oever in de laatste geul, 15 mei





naderde werd de stroom in deze laatste geul steeds minder sterk. Door met behulp van bulldozers de voortdurende zandstroom uit de zandzuigers zoveel mogelijk bovenstrooms, dus aan de Lauwerszeezijde van de dijk tegen de geul te laten lopen, werd de geul langzamerhand versmald en bovenstrooms opgehoogd. Hierdoor werd de toevoer van water uit het bassin op de zandplaten van de Lauwerszee steeds meer verzwakt, totdat op een gegeven ogenblik de ebstroom was geblokkeerd nog voor de vloedstroom weer kwam opzetten. In de nog resterende tijd lukte het de dijk tot N.A.P. + 0,50 m te verhogen. Gedurende de vloedperiode in de nacht van 15 op 16 mei overstroomde weliswaar het pasgevormde zandlichaam, maar door onophoudelijk doorpersen gelukte het tijdens laagwater in de ochtend van 16 mei ten tweede male de dijk te sluiten, en nu definitief. De waterloopkundige toestand van de Ballastplaat veranderde volslagen toen de Zuidwal eenmaal was afgesloten. Doordat het gebied grotendeels afloopt in de richting van het Oort, bleef aanvankelijk een grote hoeveelheid water staan in het noordelijk deel tegen de bocht van het nieuwe dijkvak. Een vrij hoge zandplaat scheidt deze watervlakte in een oostelijk en een westelijk deel. Langzamerhand begonnen uitschuringen in de richting van het Nieuwe Robbengat op te treden, die vooral tijdens de eb snel in afmetingen toenamen door de voortdurende toevoer van water uit de genoemde watervlakten. Met onstuimig geweld braken op een tweetal plaatsen nieuwe uitlopers van het Nieuwe Robbengat zich door het hogere deel van de zandplaat, waarbij één de bedding volgde van een reeds bestaand geultje bezuiden de bouwput voor de caissons en het daarop aansluitende dijkvak; het tweede geultje koos positie in het verlengde van een van de meest oostelijke uitlopers van het Nieuwe Robbengat. Dit was wel ongeveer overeenkomstig de verwachtingen.

De waterleiding die sinds 1963 over het tot dusver hoogste gedeelte van de Ballastplaat van de Groninger kust naar het werkeiland liep, werd ter plaatse van de beide nieuwe geulen weer bloot gespoeld, en er ontstonden breuken in de 12½ cm dikke plastic buis. Naar verwachting zal het nieuwe geulenstelsel dat door de waterleiding moet worden gekruist, in korte tijd een stabiel karakter krijgen. Het herstel van de waterleiding is inmiddels ter hand genomen. Noodgedwongen geschiedt de tijdelijke watervoorziening van het werkeiland, evenals in het begin van de werken, met behulp van een waterboot. In het werkplan voor de uitvoering van de Lauwerszeewerken is de aanleg van het dijk-

2



1 Vorderingen van het dijkvak tussen 8 april en 15 mei 1968

2 Nabij de oostzijde van het werkeiland ontstond een flinke geul als gevolg van de afsluiting van de zuidgeul

vak op de Zuidwal gesteld in het jaar voorafgaand aan de definitieve sluiting. In de beschouwing over dit werkplan in het Driemaandelijks Bericht nr. 34 (november 1965) wordt betoogd dat deze volgorde van werken vooral gekozen is om de stromingen in het sluitgat zo lang mogelijk beperkt te houden. Inmiddels zijn de voordelen van deze keuze al duidelijk gebleken. De aanleg van de drempel in het sluitgat en het aanbrengen van uitgebreide bezinkingen heeft in de afgelopen jaren zonder veel problemen kunnen plaatsvinden, ondanks de vrij felle stroom in het sluitgat.

In het bijzonder treedt een felle vloedstroom op rondom de kop van het Groninger landhoofd, dus aan de oostzijde van het sluitgat. Deze stroom draait met een vrij scherpe boog om het Groninger landhoofd en passeert daarna het sluitgat in westelijke richting gaande. De vrij turbulente stroming die hier over enkele honderden meters benedenstrooms het gevolg van is, heeft de neiging de bodem tot op grote afstand van het sluitgat los te woelen en te verdiepen.

Ten gevolge van de afsluiting van het dijkvak op de Zuidwal hebben zich vooral hier, aan de oostzijde van het sluitgat, wijzigingen voorgedaan in het stroombeeld. Reeds in de eerste zes weken na de sluiting begon zich tengevolge van de versterkte ebstroom een duidelijke verdieping af te tekenen in de mond van het Nieuwe Robbengat, zoals in de vorige aflevering van deze Berichten al werd voorspeld. Het laat zich aanzien dat de invloed van de versterking van de vloedstroom minder groot zal zijn, en dit ligt enigszins voor de hand: met name de ebstroom, door de lager waterstanden meer geconcentreerd in de geulen, blijft langdurig en met vrij grote kracht doorlopen, omdat het water grote vertraging ondervindt bij het stromen over de Ballastplaat.

De afsluiting van het dijkvak op de Zuidwal met zijn waterloopkundige gevolgen voor het regiem van de geulen in de nabijheid is een bijzonder leerzaam voorbeeld geweest van het maken van een zanddijk dwars door een gebied met een sterke eb- en vloedstroming. Tijdens de uitvoering van dit werk hebben zeer uitvoerige metingen plaats gevonden, waaruit wellicht met de inmiddels door de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst ontwikkelde rekenmethoden regels kunnen worden afgeleid die het in volgende voorkomende gevallen mogelijk maken nog beter vooraf te bepalen, welke verschijnselen zullen optreden en op welke wijze daar tijdens de uitvoering tegen kan worden opgetreden.

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

De stortebedden van de uitwateringssluizen

Voortgegaan werd met het maken van het stortebed aan de rivierzijde. Met een baggermolen werd de grondslag onder profiel gebracht, waarna het grind met behulp van onderlossers en een drijvende kraan in de grindkoffer werd aangebracht, en later met een baggermolen geprofileerd.
Na het zinken en afstorten van de zinkstukken werden op het eind van het stortebed tetraëders geplaatst.

De opruiming van de ringdijk

Het damwandscherm en de bronbemaling op de buitenberm van de ringdijk aan de zeezijde werden verwijderd. De steen die op de kraagstukken lag werd opgenomen en verwerkt in het stortebed. Met een drijvende kraan werden kraagstukken en opgebroken asfaltbekleding in onderlossers geladen en tegen de Voornse oever geklapt.
Begonnen werd met het wegbaggeren van het restant van de ringdijk. Aan de noord- en zuidzijde, waar het stortebed breder uitloopt, werd de dijk doorgraven.

De toeleidingsgeulen naar de uitwateringssluizen

Het baggeren van de toeleidingsgeul aan de rivierzijde werd verder voortgezet. Het uitkomende zand werd geklapt in het Haringvliet.

Begonnen werd met het baggeren van de toeleidingsgeul aan de zeezijde. Hiervoor werd de zuiger ''s-Gravenhage', met een emmerinhoud van 800 liter, van de rivier- naar de zeezijde versleept; het baggeren aan de rivierzijde werd voortgezet door twee molens van respectievelijk 400 en 500 liter emmerinhoud.
Later in deze periode werd aan de zeezijde nog een tweede molen ingezet. Een perszuiger perste het zand van de zeezijde in een depot ten zuiden van de Vissershaven. Om al de specie te kunnen bergen werd ten zuiden van het buitenhaventerrein een nieuw stort aangelegd. Met de cutterzuiger Nassau-Bay werd zand uit de toeleidingsgeul aan de zeezijde gecutterd en in de duinaansluiting geperst. Deze duinaansluiting werd voor een deel geprofileerd en stuifvrij gemaakt.
In deze periode werd uit bouwput en ringdijk 605 000 m³ gebaggerd; 41 000 m² zinkstuk werd gezonken; 51 000 ton stortsteen verwerkt; 25 210 ton grind werd op de zinkstukken gestort; 44 300 ton grind ging in de grindkoffer, alsook 17 225 ton grind 2–5 mm.
Uit de toeleidingsgeulen werd 346 000 m³ gebaggerd en geklapt, 480 000 m³ gebaggerd en geperst en 650 000 m³ gecutterd.

Rak van Scheelhoek

Nadat het steile talud aan de Voornse oever door het klappen van zand was verflauwd tot een helling van 1 : 5, kon het met zinkstukken worden afgedekt. Dit deel werd op klassieke wijze uitgevoerd.
Voor het zinken met behulp van de spudpontons werden 19 vaste ankerpunten ge-

plaatst. De spudpontons 'Drukker' en 'Strekker' maakten een begin met het zinken van zoolstukken.
In deze periode werd 25 750 m² aan klassieke stukken gezonken, en 19 850 m² zoolstukken. Verwerkt werd 19 319 ton steen 60/300 kg, 5 314 ton grof grind en 4 200 ton grind 2,5 mm.

Fundering kabelbaan

Met de werkzaamheden op het plateau op het strand van Voorne werd voortgegaan met de fundering der contragewichten, waarvan de verwachting is dat ze in augustus gereedkomen.
Het overige betonwerk, bestaande uit sloven en een draaischijf, is gereedgekomen.
In totaal is 1 750 m³ beton verwerkt.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

De uitwateringssluis, de overbrugging van het Zuiderdiep en het viadukt zijn geheel gereedgekomen en werden op 1 mei voor het eerst opgeleverd.

Deurenbergplaats en geleidewerk

In deze periode is men gereedgekomen met het heien van betonpalen voor de betonfundering.
Het geleidewerk is op het plaatsen van de drijframen na voltooid.
Tevens werd een begin gemaakt met het storten van beton voor de betonfundering voor railbaan en deurenbergplaats.

Volkerak

Caissonbouw

De bouw en de afwerking van de dertien doorlaatcaissons en de twee landhoofdcaissons kwamen eind mei geheel gereed. Tussentijds werd al begonnen met de demontage van de bouwkranen, de verwijdering van de hulpwegen en de opruiming van de bij de bouw gebruikte elektrische installaties. Op 14 juni werd een aanvang gemaakt met het inunderen van de bouwput tot circa N.A.P. + 0,25 m, waarna de caissons een voor een drijvend gemaakt en beproefd kunnen worden. Dank zij het hoge tempo waarin werd gewerkt, hoopt de aannemer op 15 augustus, dus circa 5 maanden eerder dan aanvankelijk was voorzien, het werk voor de eerste maal op te leveren. In totaal werd in de caissons globaal verwerkt: 16 000 m³ beton, 2 000 ton wapeningsstaal, 2 000 ton stalen onderdelen en 2 000 m³ vurenhout voor drijfschotten. De elektrische uitrusting voor de lierwerken en de verlichting werden reeds bijna geheel geplaatst.

Het damvak over de Plaat van Maltha; de stortsteendrempel in het sluitgat

De zandwinning voor de oprit van de overbrugging der Volkeraksluizen en voor de opbouw van de dam over de Plaat van Maltha tot N.A.P. + 2 m kon reeds in mei worden beëindigd, evenals het cutterwerk in het havenbassin binnen het dijkvak. Het uit het bassin afkomstige zand werd boven N.A.P. + 2 m in het damvak geperst; daarnaast werd nog een depot gevormd van ongeveer 40 000 m³. Zowel bij de zandwinning als bij het cutterwerk werden de geraamde hoeveelheden ruim overschreden tengevolge van de verplaatsing van een groot gedeelte van de Plaat van Maltha naar het te cutteren havenbassin, als gevolg van stroomschuring tijdens de uitvoering van het werk.
De afwerking van de zandbelopen en het aanbrengen van mijnsteen, grind en steenbekledingen werd voortgezet. Binnenkort kan ook de bekleding met klei en de bestrating met betonklinkers een aanvang nemen.
Het aanbrengen van zand met onderlos-



De bouwput van de caissons voor het Volkerak loopt vol, 14 juni 1968

sers in het diepe gedeelte van het sluitgat is vlot verlopen, zodat de bezinking van de drempel en de extra bezinking tegen de oever van de Hellegatdam grotendeels nog vóór de bouwvakvakantie zullen zijn aangebracht. De nabestorting met zware steen kan dan na de vakantie worden aangepakt.
De opbouw van de drempelconstructie met fijn en grof grind en met zware steen tot het peil van N.A.P. — 7 m wordt voortgezet. De voltooiing van de drempel kan in augustus worden verwacht. Inmiddels zijn voor het westelijk landhoofd drie eenheidscaissons geplaatst op een vooraf gereedgemaakt grindbed. Het baggerwerk langs de oever van Maltha kwam gereed; de baggermolen 'Port Said' is momenteel bezig aan de toegangsgeul tot het havenbassin. De asfaltdam in de Geul van Maltha werd voltooid, bij dit werk werd 29 710 ton zandasfalt verwerkt, terwijl voor de noodzakelijke bodembescherming onder water 995 ton gietasfalt werd gestort. De asfaltdam vertoont verzakkingen en afschuivingen, verschijnselen waarnaar een onderzoek gaande is.
Over enkele weken komt de grote los- en laadsteiger binnen het damvak gereed. In de komende maanden zullen via deze steiger depotvoorraden van loodslakken en steen worden gelost. Deze depots zijn bestemd voor de sluiting van het Volkerak in het voorjaar van 1969.

Oosterschelde

Werkhaven 'Schelphoek'

De werkhaven 'Schelphoek' werd op 6 mei voor de eerste maal opgeleverd. Op het plateau nabij de personensteiger wordt thans een kantoor geplaatst en ingericht ten behoeve van het personeel dat met de scheepsmetingen en de administratie van aan- en afgevoerde materialen is belast.

Het aanvoeren en lossen van stortsteen in de werkhaven 'Schelphoek'

Het lossen en opslaan van stortsteen in depots heeft een normaal verloop. In de verslagperiode werd 25 000 ton lichte en 50 000 ton zware stortsteen aangevoerd.

De oeververdediging van Noord-Beveland

Op 6 april werd door de aannemer met het storten van grof grind langs de noordelijke oever van Noord-Beveland begonnen. De belading van de onderlossers, elk met een beuninhoud van 300 m³, vindt plaats in de werkhaven 'Schelphoek' uit depot of uit schip. Het van te voren gevormde depot van grof grind was 100 000 ton groot en ten behoeve van de werkzaamheden van dit jaar wordt nog eens 100 000 ton aangevoerd. De werkzaamheden hebben een vlot verloop: de gemiddelde weekproduktie is 12 000 ton. Het ziet er dan ook naar uit dat eind juli het stortwerk voor 1968 voltooid zal zijn. Voor het opvullen van de steile taludgedeelten onder water werd in de verslagperiode met sleepzuigers 80 000 ton Engels zeegrind aangevoerd en gestort.

Werkhaven 'Sophia-polder'

Om zo snel mogelijk beschutting te kunnen bieden aan het in te zetten materieel tegen golven uit noord-westelijke richting, is de aannemer begonnen met de aanleg van de 700 m lange noordelijke havendam. De zandwinning geschiedt in de te maken havenkom door twee kleine cutterzuigers, die het zand rechtstreeks in het damlichaam persen. Tegelijkertijd werd 50 000 ton mijnsteen per schip naar de haven van Kamperland aangevoerd en vandaar per auto naar het werk gereden en gelost ter plaatse van de met dit materiaal op te bouwen perskaden. Na het aanbrengen van de damwand en de kraagstukken werd het buitentalud met betonblokken van 50 x 50 x 20 cm bekleed, deze glooiing is thans tot een hoogte van N.A.P. + 2 m opgetrokken. Inmiddels werden ook de stalen damwandplanken voor de loswallen aangevoerd.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Op 5 juni brachten H.H.K.H.H. Prins Claus en Prinses Beatrix een werkbezoek aan de Lauwerszeewerken. Helaas werd de bezichtiging van de werken bemoeilijkt door vrijwel onophoudelijke stortregens. Het dijkvak op de Zuidwal is in de nacht van 15 op 16 mei gesloten. Elders in dit nummer wordt uiteengezet, welke problemen aan deze sluiting verbonden waren.

Inmiddels is het zandlichaam van de dijk over de gehele lengte op voldoende hoogte gekomen. De glooiingen aan buiten- en binnenzijde zijn vrijwel voltooid. Ook de weg over de binnenberm is voor het grootste deel gereed, zodat binnenkort een doorgaande wegverbinding tussen de Groninger kust en het werkeiland tot stand zal zijn gekomen. De bouwputdijken rond de uitwateringssluizen en die aan de Lauwerszeezijde van de schutsluis zijn geheel verwijderd. Een deel van de ontvang- en stortebedden is reeds gemaakt. Ook de ophaalbrug over de schutsluis is aangebracht, zodat ook de bouwputdijk aan de waddenzijde van de schutsluis kan worden doorgraven.

Het centrale dienstgebouw is, wat het buitenwerk betreft, vrijwel voltooid. Thans worden de technische installaties in het gebouw aangebracht.

Alle 26 doorlaatcaissons zijn gereed gekomen; hier en daar wordt nog de laatste hand gelegd aan voorzieningen met het oog op het drijven, het verslepen en het tot zinken brengen van deze caissons en het neerlaten van de kleppen.

Ook de zes eenheidscaissons, die bestemd zijn als reserve, zijn vrijwel gereed. In het sluitgat wordt de filterconstructie van zwaar basalt aangebracht waarop de caissons komen te rusten. Een klein deel van deze constructie aan de Groninger zijde van het sluitgat is thans gereed. Veel zorg levert het vlak maken van de onderslag voor de filterconstructie. In het bijzonder de controle van de vlakheid is een tijdrovende en gecompliceerde bezigheid.

Van het wegvak Anjum-Banthuis zijn de grondwerken vrijwel gereed. Nabij Anjum zijn de nodige wegverhardingen aangebracht ten behoeve van het plaatselijke verkeer. Ook de tunnel voor het plaatselijke verkeer ongeveer halverwege het wegvak is in gebruik genomen.

De nieuwe sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen wordt afgewerkt. In afwachting van de komst van de definitieve ophaalbrug over deze sluis worden grondwerken en verhardingen voor de aansluitende wegen gemaakt, terwijl een hulpbrug het verkeer over de sluis leidt.

De buitenringdijk van de bouwput met de daarover lopende omleidingsweg is inmiddels weggebaggerd, zodat ook de geleidewerken en de ontvangbedden kunnen worden voltooid.

A. Deltawerken Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 943	29 januari 1968	Het leveren van zink- en stortsteen ten behoeve van de Volkerakwerken
DED 948	8 december 1967	Het maken van een gedeelte van een binnenhaven nabij de schutsluis in de afsluiting van het Haringvliet, in de gemeente Goedereede
DED 964	1 november 1967	Bouw en exploitatie van een asfaltschip en het daarmee maken van bitumineuze bodembescherming en eventuele andere bitumineuze waterbouwkundige constructies
DED 988	13 december 1967	Het vervaardigen en leveren van een aanlegponton en loopbrug
DED 922	15 januari 1968	Het maken en plaatsen van een pyloon van voorgespannen beton op elk der twee bestaande rivierpijlers, ten behoeve van een kabelbaan over het Brouwershavensche Gat in de gemeente Middenschouwen
DED 994	16 april 1968	Het onderhouden van beplantingen en het grasgewas en het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden op en langs terreinen behorende tot de afdeling Afsluitingswerken Noord van de Deltadienst, in de gemeenten Hellevoetsluis, Goedereede en Dirksland, in het jaar 1968
DED 998	30 januari 1968	Het uitvoeren van baggerwerk in de scheepvaartgeul nabij de Volkeraksluizen in de gemeente Willemstad
DED 999	11 januari 1968	Levering van mijnsteen ten behoeve van de Deltawerken
DED 1000	7 februari 1968	Het maken en leveren van een stalen boorponton met toebehoren ten behoeve van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat
DED 1001	8 februari 1968	Aankoop van een ijzeren ponton
DED 1002	22 januari 1968	Het leveren van stortsteen te Kats
DED 1004	24 januari 1968	Het demonteren van het kantoorgebouw met bijbehorende opstallen van de Deltadienst te Bruinisse en het vervoer ervan naar en de opbouw ervan op een terrein bij het bouwdok voor caissons in de Nieuw-Bommenede-polder te Zonnemaire
DED 1005	19 februari 1968	Het lossen, opschelven, laden en vervoeren van rijsmaterialen in de omgeving van Willemstad
DED 1006	18 april 1968	Het leveren van polypropeen weefsel ten behoeve van de stortebedden in het Haringvliet
DED 1007	8 januari 1968	Het lossen en opslaan van steen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
DED 1009	11 december 1967	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 1010	12 december 1967	idem
DED 1011	1 december 1967	idem
DED 1012	1 december 1967	idem
DED 1013	7 december 1967	idem
DED 1014	30 november 1967	idem
DED 1015	5 december 1967	idem
DED 1016	10 april 1968	Het leveren van basaltstortsteen ten behoeve van de afsluiting van het Haringvliet
DED 1017	5 maart 1968	Het vervaardigen van betonblokken
DED 1019	28 maart 1968	Het verzagen van groenharthouten palen
DED 1020	16 april 1968	Huur van een hijsbok en twee sleepboten voor het plaatsen van een meetpaal
DED 1022	28 december 1967	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat

Deltawerken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer(s)
f 66 000,—	N.V. Brugverbinding Haringvliet te Middelharnis
f 1 870 600,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
—	N.V. Maatschappij tot ontwikkeling en toepassing van bitumineuze constructies onder water 'Bitumarin' te Zaltbommel N.V. Aannemers- en wegenbouwmaatschappij v/h Firma J. Heijmans te Rosmalen Koninklijke Maatschappij Wegenbouw N.V. te Utrecht
f 33 950,—	'Hellevoet' Apparatenbouw, Konstructie en Scheepsreparatiebedrijf N.V. te Hellevoetsluis
f 470 000,—	'Combinatie Oosterschelde' te Beverwijk
f 88 004,—	Firma S. L. Kranenburg te Oudenhoorn
f 771 000,—	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
eenheidsprijzen	N.V. Nederlandse Staatsmijnen te Hoensbroek
f 180 760,—	Paans N.V. Scheepsbouwwerf te Moerdijk
f 18 500,—	J. v. d. Veldt te Amsterdam
f 18 522,26	N.V. Handelmaatschappij Arnold Maassen te Maastricht
f 15 879,—	J. den Herder te Bruinisse
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
eenheidsprijzen	Nicolon N.V. te Enschede
eenheidsprijzen	Aannemingsbedrijf Oosterwijk N.V. te Rotterdam
eenheidsprijzen	Fa. A. J. van Loon te Drimmelen (N.Br.)
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruiter c.v. te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
eenheidsprijzen	Fa. T. den Otter en Zoon te Meerkerk
eenheidsprijzen	G. van Weverwijk te Zijderveld
eenheidsprijzen	N.V. J. de Jong Bzn. te Sliedrecht
eenheidsprijzen	C. v. Schaik te Langbroek (Utr.)
eenheidsprijzen	Rheinisches Lavakontor G.M.B.H. Tochtergesellschaft der Firma Horst und Jüssen O.H.G. te Sinzig/Rhein
eenheidsprijzen	N.V. Betonfabriek Haringman te Goes
f 13 340,75	Firma Gebr. van Gaans te Nieuw-Vossemeer
f 22 821,94	N.V. Bergings- en Transportbedrijf van den Akker te Vlissingen
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Aerocarto KLM	235 268*
P. Both	232
J. W. Durrer	230
G. van Eck	233
M. Imsand	231 232
Rijkswaterstaat	226 228 262 263 276
H. de Vries	270 271 273

* Beschikbaar gesteld door N.V. Kombinatie Lauwerszee

A. De werken van het Deltaplan

283 Het mesolitisch houten beeldje uit het Volkerak

286 Experimenteel verziltingsonderzoek (vervolg)

297 De motorgondels voor de kabelbaan over de zuidelijke stroomgeul van het Brouwershavensche Gat

301 Grondmechanisch onderzoek van geklapt zand

307 Waterloopkundige studie voor de Volkerakafsluiting

C. De werken ten Noorden van Hoek van Holland

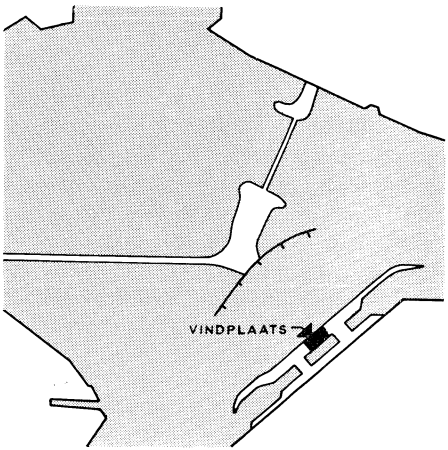
313 Dijkverbetering in de Krimpenerwaard

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

317 Recreatie in het Lauwerszeegebied

323 **Vorderingen**





Een Mesolithisch houten beeldje uit het Volkerak

Op 21 april 1966 vonden twee grondwerkers, de heren M. ten Hove en A. Roelants, bij de aanleg van het bouwdok voor de doorlaatcaissons in het Volkerak naast het schutsluizencomplex op N.A.P. – 8 m een klein houten beeldje. De heer Roelants nam het beeldje 's avonds mee naar huis om het zijn vrouw te tonen en leverde het de volgende dag in bij de opzichter. Deze meldde de vondst aan het hoofd van de Deltadienst, die het beeldje terstond liet verzenden naar de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek in Amersfoort.
In Amersfoort wekte het 'houten mannetje uit Willemstad' verbazing en aanvankelijk twijfel. Het 12,5 cm hoge beeldje is uit eikehout gesneden en stelt een menselijk gezicht voor op een soort basis met gegolfde zijkanten. Het is niet duidelijk of het een man of een vrouw moet voorstellen. De sporen van bewerking zijn in de vorm van facetjes en kerven nog op vele plaatsen zichtbaar, maar de aard van het instrument waarmee het beeldje vervaardigd is, laat zich niet met zekerheid vaststellen. Was het werkelijk zo oud als de grote diepte waarop het gevonden werd, deed vermoeden?
Een gesprek met de opzichter en de vinders schonk ons het vertrouwen, dat het hier geen recent maaksel betrof. Een verkenning van de vindplaats verschafte nadere inlichtingen over de vondstomstandigheden. De vondst was gedaan bij het vlak maken van de bodem van het bouwdok. Dwars door het dok liep van west naar oost een ongeveer 50 m brede pleistocene zandrug, waarvan de top lag op ca. N.A.P. – 8 m, dus juist ter hoogte van de bodem van de bouwput. De zandrug was overdekt met een veenlaag, die op de top slechts enkele centimeters dik was, maar tegen de flanken een grotere dikte bezat. Op het veen rustte een 10 m dik kleipakket. Het beeldje was gevonden in de oostelijke helft van de bouwput op een hoog punt van de pleistocene rug, tussen de wortels van een eikeboom die daar vele duizenden jaren geleden had gestaan. Zonder de aanwezigheid van het veen zou het houten voorwerp reeds lang zijn vergaan. Het toeval wilde, dat de heer Roelants er met zijn schep op stootte.
Bij ons bezoek aan de bouwput op 2 mei 1966 was de vindplek zelf al niet meer te bezichtigen; er was ter plaatse een vloerlaag van schoon zand aangebracht. Wel kon het veen in de onmiddellijke nabijheid bemonsterd worden. De monsters zijn naderhand door

drs. W. A. Casparie in het Biologisch-Archaeologisch Instituut van de Rijksuniversiteit te Groningen pollenanalytisch onderzocht. In het westelijk deel van de bouwput is vervolgens nog een oudheidkundig onderzoek verricht in de pleistocene zandrug. Er zijn bij dit onderzoek echter geen vondsten meer voor den dag gekomen, en dat de werklieden behalve het beeldje ook nog delen van een 'kano' zouden hebben gevonden, is slechts een gerucht gebleken.

Een datering langs archeologische weg was niet te verkrijgen. In de eerste plaats leverde, zoals gezegd, de opgraving in het bouwdok geen nadere gegevens op. In de tweede plaats is de vondst uniek: goede parallellen van elders zijn tot op heden niet bekend. Een houtmonster, aan de onderzijde van het beeldje genomen, is echter inmiddels via de 14 C methode gedateerd door prof. dr. J. C. Vogel, van het Natuurkundig Laboratorium van de Groningse Universiteit. De uitkomst was: omstreeks 4450 v. Chr., dat is aan het einde van het tijdvak dat de archeologen Mesolithicum noemen (in Nederland: 8000–4000 v. Chr.), en ongeveer in het midden van de klimatologische periode van het Atlanticum (5500–3000 v. Chr.). Deze datering is in overeenstemming met de resultaten van Casparie's stuifmeelonderzoek. Het veenlaagje waarin het beeldje bewaard gebleven is, blijkt van Atlantische ouderdom te zijn. Het bevatte onder meer een vrij hoog percentage stuifmeel van de els. Jelgersma had trouwens enige jaren geleden al in Willemstad op een diepte van ongeveer 9 m een veenlaag aangetroffen, die blijkens het 14 C onderzoek eveneens uit het midden van het Atlanticum dateert.

In het Atlanticum drong de zee voor het eerst sinds de laatste ijstijd het gebied binnen dat thans Nederland heet. De voorafgaande millennia hadden het landschap in deze streken zien veranderen van een barre toendra in een oerwoud van loofbomen, waarin op de hogere gronden de eik en in de lagere gedeelten de els domineerden. Vanuit de inzinking in het terrein was bovendien de veenvorming begonnen. De kustlijn was aanvankelijk zeer ver verwijderd geweest; Engeland had lange tijd deel uitgemaakt van het continent. Gaandeweg was de zee echter dichterbij gekomen, Engeland werd een eiland, en met de stijging van het grondwater die daarvan het gevolg was, hield de uitbreiding van het veen gelijke tred.

De stuifmeelinhoud van het veen in de bouwput aan het Volkerak wijst erop dat de vochtigheid ter plaatse sterk was toegenomen in vergelijking met de periode die aan de veenvorming voorafging.

Uit de toename van het percentage ganzevoetachtigen (Chenopodiaceae) blijkt verder dat de zee gedurende de periode van de veenvorming naderbij kwam; de kustlijn zal omstreeks 4500 v. Chr. niet meer ver geweest zijn van de vindplaats van het beeldje. Toch zijn de sedimenten die direct op het veen rusten, niet onder directe invloed van de zee afgezet. Het onderste deel van het kleipakket boven het veen is nog tijdens het Atlanticum in betrekkelijk korte tijd in een zoet milieu gesedimenteerd. In de nabijheid van de vindplaats moet zich een zoetwaterestuarium bevonden hebben van waaruit de sedimentatie plaatsvond.

Pollenanalyse en 14 C datering verschaffen ons gegevens over het tijdstip waarop en het landschap waarin de vervaardigers van het beeldje leefden. Het cultuurstadium waarin zij verkeerden, is dat van het Mesolithicum. De mens was in dit stadium, evenals in de voorafgaande periode van het Paleolithicum, nog geheel van de hem omringende wereld afhankelijk. Hij was voor zijn levensonderhoud aangewezen op de natuurlijke voedselbronnen. Hij leefde van de jacht en vulde zijn rantsoen aan met de eetbare planten die hij in het wild aantrof. Voedselproduktie was in dit deel van de wereld nog onbekend. Landbouw en veeteelt werden in ons gebied eerst in het Neolithicum, dus vanaf 4000 v. Chr., geïntroduceerd.

De ingrijpende veranderingen in landschap en klimaat hadden het levenspatroon van de jagersbevolking niet onberoerd gelaten. Met de toendra's was het grote jachtwild, waaronder het rendier, verdwenen. De mesolithische jagers moesten zich aan de uitbreiding van de loofbossen aanpassen. Het wild dat in de bossen leefde, bestond slechts uit kleine diersoorten. De visvangst ging derhalve een steeds belangrijker rol spelen en de bevolking werd voor haar bestaan van open water afhankelijk. In deze richting wijst de uit 6000 v. Chr. daterende kano, vervaardigd uit een dennestam, die in 1955 in het veen van Zuidwest-Drente bij Pesse gevonden is. Tot in het begin van het Atlanticum kwamen op de hoge gronden van Nederland – de zandgronden in het oosten en zuiden – nog wel watervlakten voor in de vorm van meren en brede rivieren. De toenemende veengroei deed het open water hier echter gaandeweg verdwijnen.
Kort na 5000 v. Chr. breekt de mesolitische bewoning van de hoge gronden af. De lager gelegen gebieden meer naar het westen hebben echter langer een goede bestaansmogelijkheid geboden.
De zoetwatervlakten in de nabijheid van de vindplaats van ons houten beeldje moeten op een bevolking van jagers en vissers wel een grote aantrekkingskracht hebben uitgeoefend. Onder het water van de Noordzee en de vaak meters dikke kleipakketten van noordelijk en westelijk Nederland bevinden zich ongetwijfeld vele paleolitische en mesolithische bewoningssporen. Zij kunnen alleen bij toeval gevonden worden.
Ook de ontdekking van het beeldje van Willemstad is aan een samenloop van toevallige factoren te danken. De betekenis van deze vondst voor de archeologie is tweeledig. Het beeldje is het eerste tastbare bewijs voor de bewoning van Nederland aan het einde van het Mesolithicum; daarnaast heeft het grote waarde als een van de oudste menselijke afbeeldingen van Noordwest-Europa. Welke betekenis het voorwerp voor zijn oorspronkelijke bezitters had, weten wij niet en zullen wij vermoedelijk ook nooit te weten komen. Is het in het veen verloren of daar met opzet gedeponeerd? Het blijven vragen.

Bijdrage verzorgd door de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek

Experimenteel verziltingsonderzoek

(Vervolg)

De resultaten van meetgegevens in verscheidene getijrivieren en estuaria in ons land geven een inzicht in het krachtenspel tussen de zoute zee en de zoete rivieren. Het beeld van de zouttoestand verandert voortdurend, onder invloed van de getijbeweging en van de variatie in opperwaterafvoer. Tekent men het verloop van het chlooriongehalte in de lengterichting van een rivier op een bepaald moment in de getijcyclus, dan wordt vaak eenzelfde soort lijn verkregen, hier afgebeeld in figuur 11: een relatief sterk hellend middengedeelte ligt tussen twee tamelijk vlakke lijnstukken; wat verandert is de *plaats* van het beeld: bij toenemende rivierafvoer verschuift het in zeewaartse richting, en als de rivierafvoer geringer wordt, schuift het stroomopwaarts; zo ook onder invloed van eb, respectievelijk vloed. Wij zien de zouttong van de zee uitgestoken en weer ingetrokken worden.

Het beeld van de zouttoestand in een getijrivier of estuarium kan voorts in zijn geheel belangrijke blijvende veranderingen ondergaan door het ingrijpen van de mens. De in het Driemaandelijks Bericht nr. 45 (augustus 1968) besproken resultaten van zoutwaarnemingen op de Nieuwe Waterweg door de jaren heen vormen een duidelijke illustratie van de verregaande gevolgen van zulke ingrepen. De hellingen van de krommen die het zoutverloop op de Nieuwe Waterweg weergeven, ziet men met het voorbijgaan der jaren steeds flauwer worden, hetgeen niets anders betekent dan dat de invloed van het zeewater over steeds grotere afstanden van de zee merkbaar is geworden. Dat de toenemende waterdiepte – een gevolg van de voortdurende aanpassing van de Rotterdamse haven aan de eisen van het scheepvaartverkeer – met deze veranderingen in de zouttoestand in oorzakelijk verband staat, springt onmiddellijk in het oog. De verzilting van de Waterweg wordt begrijpelijk als men weet dat de vaargeul thans gemiddeld tweemaal zo diep is als in 1892 (zie fig. 12). Een soortgelijk verband tussen waterdiepte en verzilting is aangetoond bij van de zee afgesloten scheepvaartkanalen. De verzilting van deze kanalen wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de hoeveelheid zeewater die bij het schutten met de zeesluizen naar binnen dringt. Ze wordt algemeen bestreden door een tegenstroom van zoet water door het kanaal te leiden in de richting van de zee. De tegenstroom vermengt zich tot op zekere hoogte met het zoute water. Bij een regelmatig aantal schuttingen per dag en een regelmatige verversingsstroom zal zich ten naaste bij een constante zouttoestand instellen. Zet men de meetgegevens aangaande de zouttoestand in zulke kanalen in een tabel bijeen, dan kunnen daar interessante conclusies uit worden

getrokken. Voor een aantal kanalen waarvan de diepte bekend was, is het chlooriongehalte vastgesteld, alsmede de zoutgradiënt. Daarnaast is de doorspoelsnelheid van het water in die kanalen bepaald, en werd tenslotte de verhouding berekend van de gradiënt en de doorspoelsnelheid.

1 Waterdiepte (m)	2 Gemiddeld chlooriongehalte (mg/1)	3 Gradiënt mg/1 p.m.	4 Doorspoelsnelheid m/sec.	5 Verhouding 3/4
a 5,5	1600	– 0,100	0,006	– 16,67
b 8,75	6000	– 0,105	0,012	– 8,75
c 12	6500	– 0,095	0,03	– 3,17

Nu vertonen de kanaalvakken b en c ongeveer hetzelfde chlooriongehalte. De bijbehorende waarden in de laatste kolom van de tabel verhouden zich echter tot elkaar als 2,76 : 1, en dat stemt nagenoeg overeen met de omgekeerde verhouding van de derde machten van de diepten der betrokken kanalen: $12^3 : 8{,}75^3$. Onderzoekingen in modellen van kanalen met stationaire zouttongen hebben geleid tot het vaststellen van een soortgelijk verband tussen de waterdiepte en de lengte van de zouttong als uit de metingen in de natuur volgt. Als algemene conclusie kan men dus ten aanzien van van de zee afgesloten kanalen stellen: een geringe verdieping van het kanaal leidt al tot een sterke toeneming van de zoutinvloed. Voor getijwateren geldt hetzelfde, maar dan in versterkte mate. Tijdens de vloedperioden dringt een hoeveelheid zeewater de mond van een getijrivier binnen, en verdringt het zoetere water. Tijdens de ebperioden wordt het binnengedrongen zeewater tezamen met het tijdelijk in de benedenloop van de rivier geborgen zoete water zeewaarts afgevoerd.
Uit de gegevens die men heeft omtrent de zouttoestand tijdens de laagwaterkentering op

Fig. 11. Algemeen beeld van het verloop van het gemiddelde chlooriongehalte in de lengterichting van een estuarium

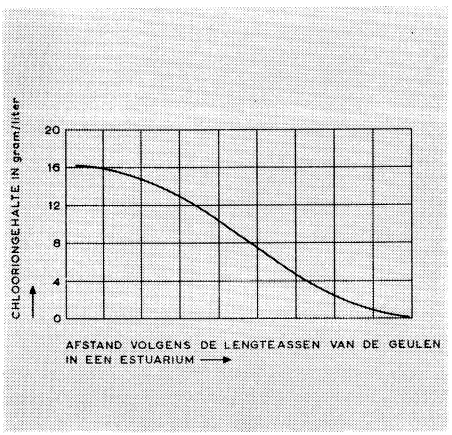
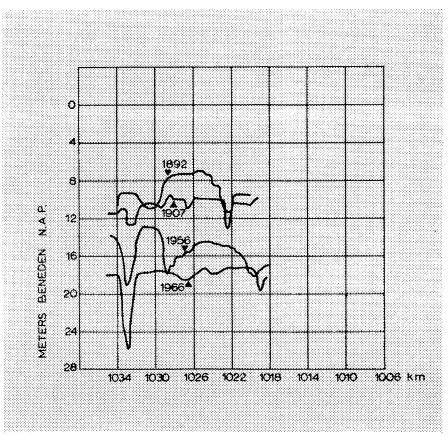


Fig. 12. Verloop van de waterdiepte in de mond van de Nieuwe Waterweg in verschillende jaren



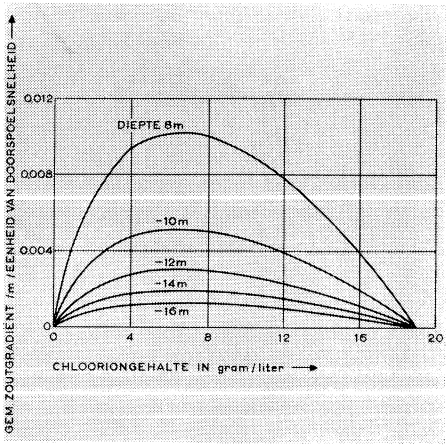


Fig. 13. De zoutgradiënt in gram chloorion per liter per meter lengte en per eenheid van gemiddelde ebsnelheid als functie van de diepte en het lokale gemiddelde van het chlooriongehalte tijdens de laagwaterkentering

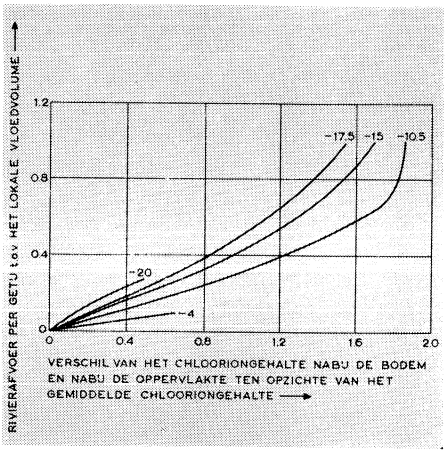


Fig. 14. Verloop van de factor b bij de laagwaterkentering als functie van de diepte, de rivierafvoer en het lokale vloedvolume.

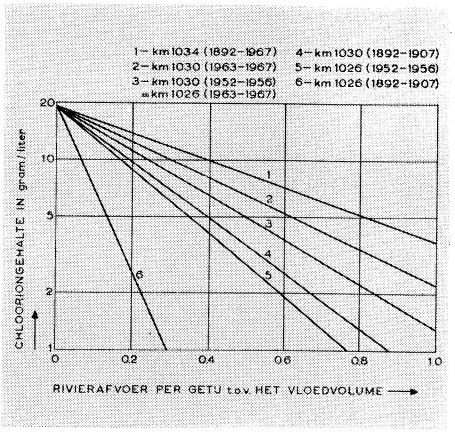


Fig. 15. Gemiddelde chlooriongehalten tijdens de laagwaterkentering bij verschillende raaien in de mond van de Nieuwe Waterweg van 1892–1967, als functie van de rivierafvoer en het vloedvolume.

de Nieuwe Waterweg, kan men voor elk meetpunt het over de diepte gemiddelde zoutgehalte bepalen, alsmede de zoutgradiënt behorende bij de laagwaterkentering; de bijbehorende diepten zijn uit periodieke lodingen bekend. De doorspoelsnelheid gemiddeld over het getij is berekend door het ebvolume te delen door de gemiddelde natte dwarsdoorsnede en door de duur van een getijperiode. Daarmee werd dus een soortgelijke tabel verkregen als hierboven voor kanalen gegeven is. De verhouding van de zoutgradiënt en de eenheid van doorspoelsnelheid blijkt afhankelijk te zijn van het gemiddelde zoutgehalte en de geuldiepte. Daarbij is ervan uitgegaan dat bij een zoutgehalte = 0 (zoete rivier) zowel als bij een zoutgehalte van 19 000 mg/l (zeewater) de waarde van de zoutgradiënt = 0 is.
Uit de op deze wijze verkregen figuur 13 blijkt dat de zoutgradiënt voor bepaalde gemiddelde zoutgehalten bij laagwaterkentering eenvoudig kan worden bepaald door de waarden op de verticale as te vermenigvuldigen met de gemiddelde ebsnelheid.
Op deze wijze kan de gemiddelde zoutverdelingskromme in een rivier bij de laagwaterkentering vaksgewijs worden bepaald.
Behalve een prognose van het verloop van de gemiddelde zouttoestand in de lengterichting van een rivier kan men ook globale voorspellingen geven inzake de verticale verdeling van het chlooriongehalte tijdens de laagwaterkentering. Deze verdeling blijkt afhankelijk van twee factoren: de waterdiepte *d*, en wat we gemakshalve factor *a* zullen noemen: de verhouding tussen de rivierafvoer per getijperiode en het vloedvolume. Noemen we het verschil tussen het zoutgehalte nabij de bodem en de oppervlakte ten opzichte van het gemiddelde gehalte *b*, dan laat zich ten aanzien van de hoofdgeul van de Nieuwe Waterweg formuleren: in de loop van de ontwikkeling van dit vaarwater nam *b* af, naarmate *a* afnam en *d* toenam (fig. 14). Verstoring van dit regelmatig beeld wordt slechts veroorzaakt door de uitmonding van zijrivieren of kombergingsgebieden, zoals havens, in het estuarium. Er treedt dan plaatselijk een sterke menging van het water op, die *b* doet afnemen. Waar deze verstoring niet optreedt kan de verdeling van het chlooriongehalte over de verticaal worden voorspeld. Omgekeerd kan op grond van waargenomen chlooriongehalten globaal worden voorspeld hoe de verhouding zal zijn tussen rivierafvoer en vloedvolume; dit is vooral bij afwijkende getijstanden van belang.
Om de beschreven rekenmethode voor de gemiddelde zouttoestand te kunnen gebruiken als voorspellingsmethode, is het nodig een vast uitgangspunt te hebben. Men maakt daartoe gebruik van het verband tussen rivierafvoer, getijvolume en zoutgehalte op een bepaalde plaats. Nu is gebleken dat de zoutverdelingskrommen bij een bepaalde waarde van *a* op de Nieuwe Waterweg in de loop der jaren een zekere draaiing hebben ondergaan, en wel zo, dat hun helling flauwer en flauwer werd (fig. 15). De sterkste verandering vindt men bij raai km 1026. Zeewaarts nemen de verschillen af: terwijl km 1030 nog een sterk toenemende verzilting te zien geeft, heeft bij km 1034 blijkens de berekende waarden geen verandering plaats gegrepen gedurende het gehele tijdvak 1892–1967, ondanks het feit dat de morfologische toestand in die tijd drastisch veranderde. Weliswaar ligt km 1034 meer dan een kilometer buitengaats, maar de stromingstoestand bij eb vertoont er geen principieel verschil met die in de riviermond. Het voor een bepaalde waarde van *a* geldende zoutgehalte bij de laagwaterkentering op dat punt kan dus dienen als het gezochte startpunt van voorspellende berekeningen. Gebleken is, dat het aldus voor km 1034 bepaalde verband een zekere algemene geldigheid heeft als uitgangspunt voor berekeningen van de verziltingstoestand in estuaria. Wanneer twee estuaria op slechts korte afstand van elkaar in zee uitmonden, kunnen de zoutverdelingen van beide estuaria elkaar onderling beïnvloeden. In bepaalde gevallen zal het startpunt van de berekeningen dan enigszins anders liggen dan in fig. 15 is weergegeven.

Fig. 16. De geuldiepte, de natte dwarsdoorsnede, het vloedvolume en de berekende zoutverdeling bij de laagwaterkentering in de Westerschelde voor verschillende rivierafvoeren.

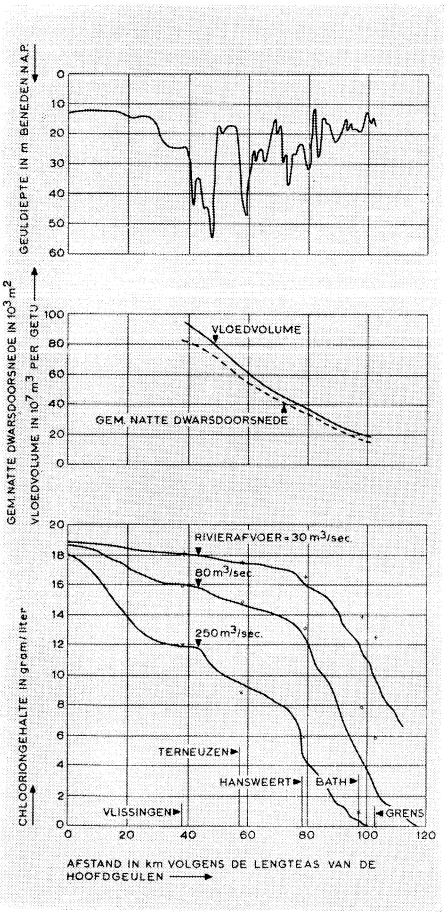
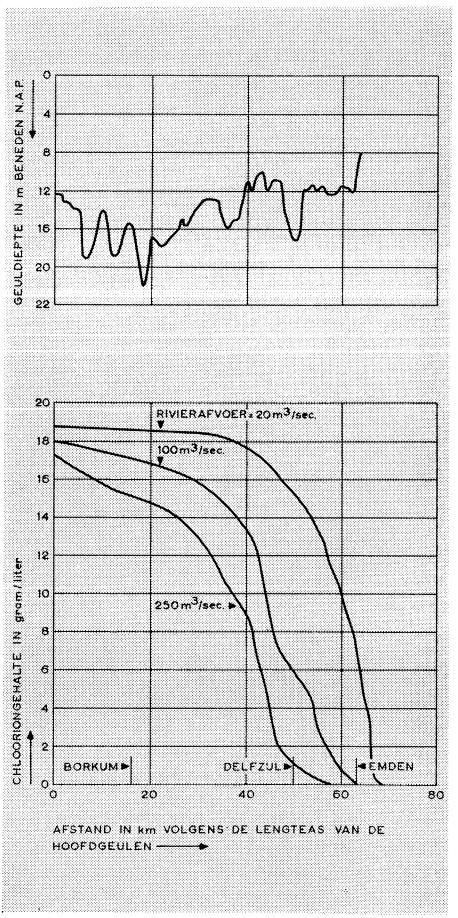


Fig. 17. De geuldiepte en de berekende zoutverdeling in het Eems-estuarium bij de laagwaterkentering voor verschillende rivierafvoeren



Andere estuaria

Om de bij de Nieuwe Waterweg verkregen resultaten op hun algemene waarde te toetsen, zullen we nu de Westerschelde beschouwen, een riviermond die in vrijwel elk opzicht grote verschillen vertoont met de Nieuwe Waterweg.
Het verloop van het gemiddelde vloedvolume, zoals dat bepaald is in een zevental raaien tussen Vlissingen en Antwerpen, vindt men weergegeven in fig. 16. Te Antwerpen wordt gedurende de winter gemiddeld 130 m^3/sec. bovenwater van de Schelde afgevoerd, en 's zomers gemiddeld 41 m^3/sec. Via het kanaal van Gent naar Terneuzen wordt daarenboven nog een wisselende hoeveelheid zoet water op de Westerschelde geloosd. Hoewel de hoeveelheid zoet water die het Scheldegebied afvoert ten opzichte van het vloedvolume gering is, blijkt de invloed ervan op het estuarium toch groot. Uit fig. 16 kan men het verloop van de diepte van de hoofdgeul aflezen. Wanneer er meer dan één geul voorkwam in het dwarsprofiel, is steeds de diepste geul gekozen. De kilometerverdeling moet men zich dan ook voorstellen langs de hoofdas van de diepste geul. In de richting van de zee is eveneens de hoofdgeul van de Wielingen weergegeven. De bodemdiepte is ten westen van Vlissingen geringer en opvallend gelijkmatiger. De overgang van het estuarium naar de Noordzee ligt ongeveer 38 km zeewaarts van Vlissingen. Dit punt vertoont vergelijkbare eigenschappen met de in de Nieuwe Waterweg gevonden plaats nabij km 1034, waar het zoutgehalte door de jaren heen onafhankelijk is gebleven van de diepte, en alleen afhankelijk is geweest van de verhouding tussen rivierafvoer en vloedvolume. Beide plaatsen liggen op de kruising van een hoofdgeul en de doorgaande dieptelijn van N.A.P. – 10 m langs de kust. Vanuit dit gegeven wordt het duidelijk waarom het zoutgehalte te Vlissingen in perioden met grote Schelde-afvoeren kan dalen tot bijvoorbeeld slechts 10 000 mg/1. De grootste zoutgradiënt wordt immers gevonden in het ondiepe gedeelte tussen Vlissingen en de zee. Met behulp van de vermelde gegevens is de zoutverdeling in het estuarium berekend voor een lage, een gemiddelde en een hoge afvoer van de Schelde.
Ter vergelijking zijn in fig. 16 tevens de resultaten weergegeven van recente zoutwaarnemingen te Vlissingen, Terneuzen, Hansweert, Bath en op een punt bij de Belgische grens. De getallen gelden voor het gemiddelde over een heel getij; vooral waar de zoutkromme een nogal steil verloop heeft zullen de waarden bij de laagwaterkentering lager zijn. De zoutverdelingskrommen bij de hoogwaterkentering kan men zich ten naaste bij denken als gelijkvormig aan die bij de laagwaterkentering en ten opzichte daarvan stroomopwaarts verplaatst over de afstand die een waterdeeltje gemiddeld tijdens de vloed aflegt, een kilometer of twaalf-en-een-half.

Het Eemsestuarium levert een tweede proefveld op voor de toetsing van de in het voorgaande ontwikkelde rekenmethode. In vergelijking met de Westerschelde heeft deze getijrivier kleinere afmetingen, zowel naar de lengte als naar de diepte van de hoofdgeulen gerekend. Op de kruising van de Westereems met de dieptelijn van N.A.P. – 10 m vertoont de Eems hetzelfde karakteristieke beeld als we hebben waargenomen op de kruising van de hoofdgeul van de Westerschelde en die van de Nieuwe Waterweg met die dieptelijn.
De gegevens over de waterbeweging in de Eems zijn schaars. In het algemeen kan echter worden gesteld dat de snelheden gemiddeld over het dwarsprofiel en over het getij op het grootste deel van het estuarium overeenkomen met die in de Westerschelde: in beide gevallen 0,275 m/sec. Ook op dit estuarium wordt betrekkelijk weinig bovenwater afgevoerd. De zoutverdelingskrommen verlopen, zoals te verwachten was, steiler dan in de

Fig. 18. De geuldiepte en de in 1907 en 1908 gemeten zoutverdelingen bij de hoog- en laagwaterkentering in de Brielsche Maas

18

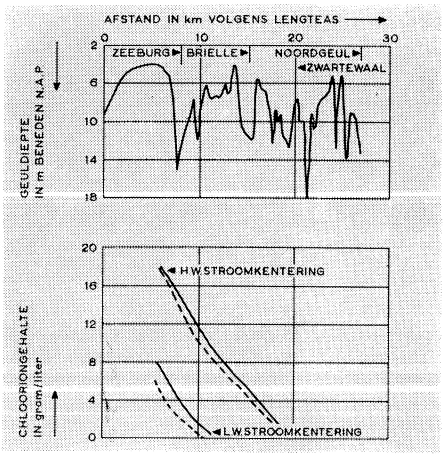


Fig. 19. De geuldiepte en de berekende en gemeten zoutverdeling bij de laagwaterkentering in het Haringvliet als functie van de rivierafvoer

Fig. 20. De geuldiepte en de zoutverdeling bij de laagwaterkentering in het Brouwershavensche Gat en de Grevelingen vóór de afsluiting van de Grevelingen als functie van de rivierafvoer

Fig. 21. Geuldiepte van Oosterschelde tot Volkerak en berekende zoutverdeling bij de laagwaterkentering voor verschillende rivierafvoeren

21

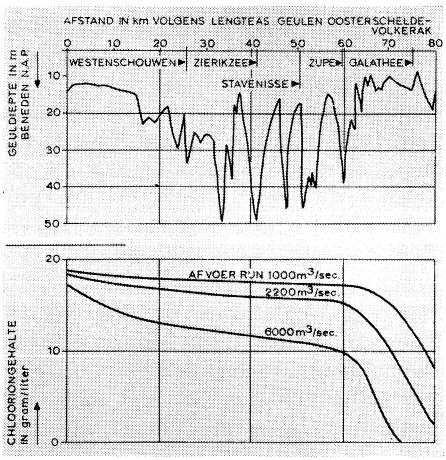


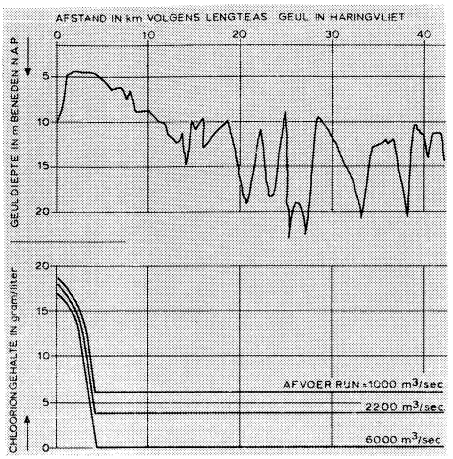
Fig. 22. Zoutverdeling aan de oppervlakte bij de laagwaterkentering op verschillende plaatsen langs het traject Oosterschelde – Volkerak – Haringvliet vóór de afsluiting van de Grevelingen in 1964 als functie van de afvoer van Maas en Waal

Fig. 23. Zoutverdeling aan de oppervlakte bij de laagwaterkentering op verschillende plaatsen langs het traject Oosterschelde – Volkerak – Haringvliet na de afsluiting van de Grevelingen in 1964, als functie van de afvoer van Maas en Waal

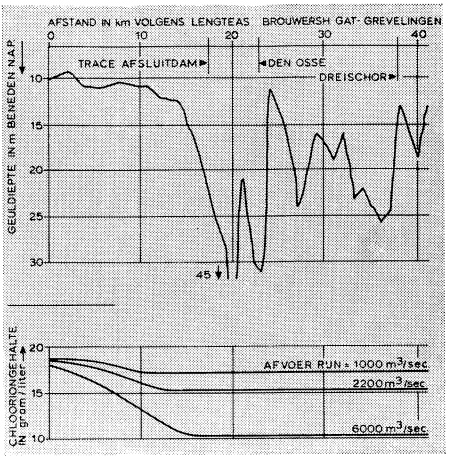
Westerschelde (zie fig. 17). Bij afwijkende getijstanden zal dan ook een nogal grote spreiding voorkomen in de zoutgehaltes. Uit het beperkte aantal meetgegevens waarover we beschikken is daardoor nog moeilijker een algemeen beeld op te bouwen. De berekende zoutverdeling voor het traject van de Eemsmond tot aan Emden komt in het algemeen goed overeen met de waarnemingen.

Zowel uit 1907 als uit 1908 is een meting bekend van de zoutverdeling gedurende een geheel getij op de toen nog open Brielsche-Maasmond. Uit de gegevens blijkt dat de verziltende invloed van de zee bij de laagwaterkentering zelfs bij relatief kleine rivierafvoeren niet eens reikte tot Den Briel. Bij de hoogwaterkentering werd twee kilometer zeewaarts van Zwartewaal nog slechts een chlooriongehalte van 1000 mg/1 gemeten (zie fig. 18).
In de morfologie van de Brielsche-Maasbodem valt het op dat er weliswaar geulen voor-

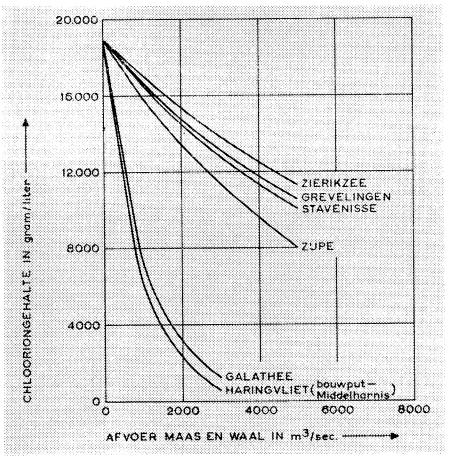
19



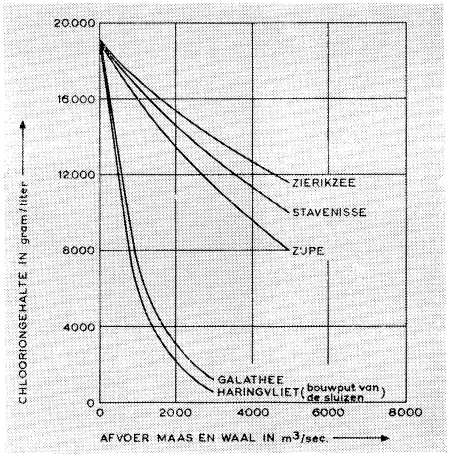
20



22

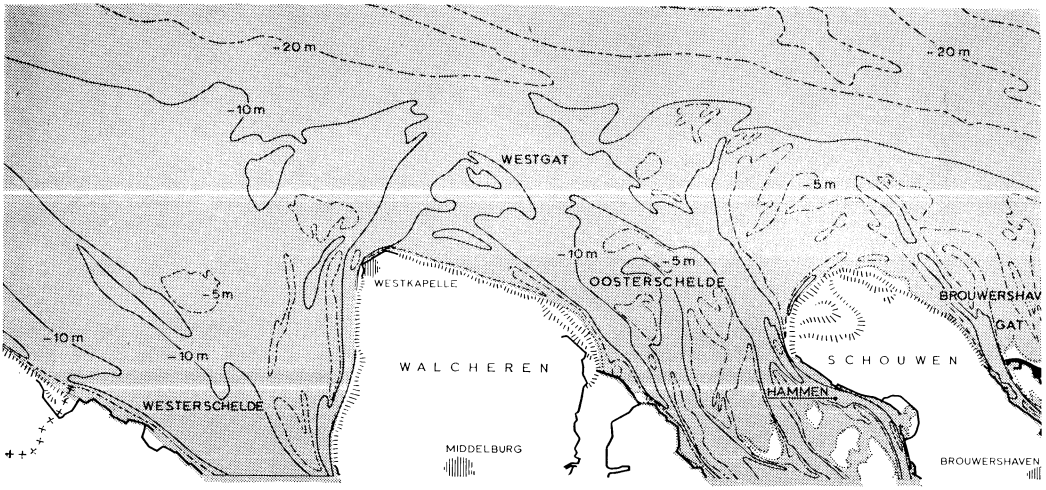


23



komen van meer dan 12 meter diep, maar dat het mondingsgedeelte slechts een diepte heeft van 4 meter beneden N.A.P. In dit ondiepe gedeelte bereikten de zoutgradiënten zeer hoge waarden. In het meest zeewaarts gelegen meetpunt werd bij de laagwaterkentering een chlooriongehalte gemeten van 7500, respectievelijk 4500 mg/1. De kruising van de hoofdgeul met de dieptelijn van N.A.P. – 10 m langs de kust ligt niet meer dan 6 km van dit punt verwijderd. In datzelfde meetpunt werd op beide dagen bij de hoogwaterkentering 18 000 mg/1 gemeten, hetgeen eveneens wijst op een zeer grote zoutgradiënt op dit ondiepe gedeelte. Gegevens over zoutmetingen in meer zeewaartse punten ontbreken voor dit gebied, zodat het niet mogelijk is onze berekeningen in dit gebied in alle opzichten te toetsen. Niettemin is het verband tussen waterdiepte en zoutgradiënt duidelijk aangetoond.

De zouttoestand in het mondingsgebied van het Haringvliet lijkt sterk op die van de Brielsche Maas voor de afsluiting in 1950. De geulen zijn in het Haringvliet in het alge-



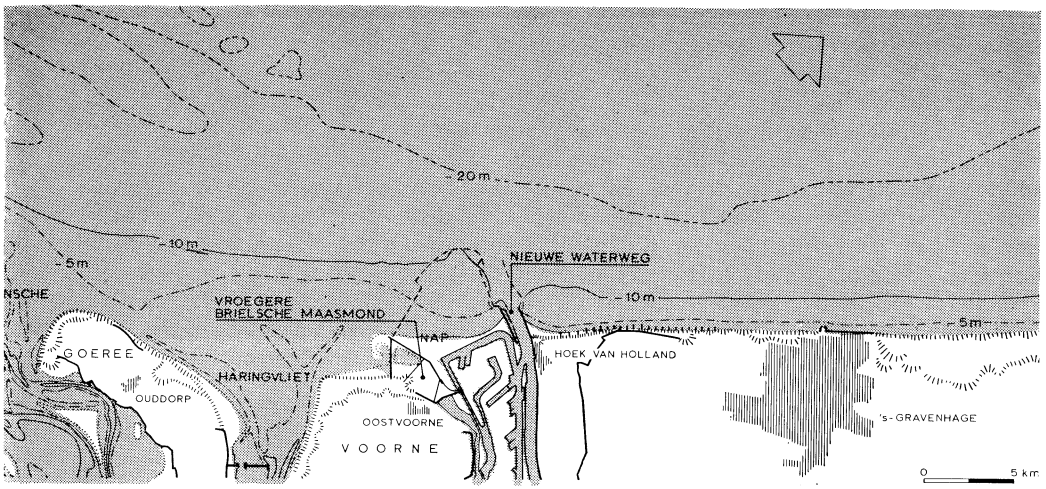
Overzicht van de zeegaten in het Deltagebied

meen dieper, maar in het mondingsgebied komt een ongeveer even ondiep gedeelte voor. De hoofdgeul kruist de lijn van N.A.P. – 10 m langs de kust op ongeveer 13 km van de uitwateringssluizen. Uit fig. 19 blijkt onder meer hoe groot de zoutgradiënten zijn in de lengterichting van het ondiepe Bokkegat. Er is een goede overeenstemming tussen de gemeten en de berekende zoutverdeling bij de laagwaterkentering.

Men vindt bij niet al te hoge rivierafvoeren in het Haringvliet, anders dan op de open Brielsche Maas, geen daling van het chlooriongehalte beneden een bepaalde waarde. Bij afnemende rivierafvoeren stijgt het zoutgehalte, en bij hogere rivierafvoeren wordt het tenslotte gelijk aan dat van het zoete rivierwater. Het chlooriongehalte wordt echter niet veroorzaakt door het binnendringen van zeewater door de mond van het Haringvliet, doch door de penetratie, achter de eilanden om, van zeewater uit de Oosterschelde en het Volkerak. De afdamming van het Volkerak zal aan deze achterwaartse verzilting een einde maken. Dan zal tot aan de afsluiting van de Oosterschelde alleen nog enig zout water door de schutsluizen in de Volkerakdam op het Haringvliet komen.

De hoofdgeul in het mondingsgebied van het Brouwershavensche Gat is dieper dan die in het Haringvliet (zie fig. 20). Vóór de afsluiting van de Grevelingen in 1964 deed zich hier hetzelfde verschijnsel voor van achterwaartse verzilting vanuit de Oosterschelde; door de geringere afstand van dit estuarium tot de mond van de Oosterschelde waren de zoutgehalten er bij overeenkomstige rivierafvoeren nog hoger dan in het Haringvliet. Evenmin als bij het Haringvliet is er ooit sprake geweest van rechtstreekse doordringing van zeewater in het bekken door de mond van het Brouwershavensche Gat. Op het hele bekken, met uitzondering van het mondingsgebied, zijn de zoutgehalten dan ook gelijk, en slechts afhankelijk van de rivierafvoer; ook verschillen ze weinig bij hoog- en laagwaterkentering.

Sinds de afsluiting van de Grevelingen is achterwaartse verzilting vanuit de Oosterschelde niet meer mogelijk; tegelijk werd de afvoer door het bekken van met zeewater



gemengd rivierwater geblokkeerd. Het uitgangspunt der berekeningen nabij de mond heeft onder invloed daarvan een verschuiving ondergaan. Factor *a*, die de verhouding weergeeft tussen de afvoer van rivierwater en het vloedvolume, nadert nu tot 0, immers het hele bekken is langzamerhand gevuld met zeewater. Slechts de afwatering van de omliggende eilanden en de uitstroming van nabij gelegen riviermonden kan op het zoutgehalte nog van enige invloed zijn.

De hoofdgeul in het mondingsgebied van de Oosterschelde is vrijwel even diep als die in de Westerschelde. Het ondiepe deel is hier echter belangrijk korter, zodat de Oosterschelde een geringere weerstand biedt tegen penetratie van zout water. De geul van het Westgat via de Hammen naar het Zijpe heeft de grootste diepte, en wordt als maatgevend beschouwd voor de zoutverdeling in het overige deel van het bekken (zie fig. 21). Het traject Keeten-Mastgat-Zijpe heeft diepe geulen, waardoor de weestand tegen zoutpenetratie in noord-oostelijke richting betrekkelijk gering is. De geulen in het gedeelte Krammer-Volkerak zijn belangrijk ondieper, en daar komen dan ook grote zoutgradiënten voor in de lengterichting van de hoofdgeul. Het oostelijk deel van de Oosterschelde vormt een groot kombergingsgebied waarin vrijwel geen rivierwater wordt aangevoerd, zodat de zoutverdeling in dat gebied zich door getijstromen en dichtheidsstromen met enige vertraging aanpast aan de zouttoestand van het water tussen Zierikzee en Stavenisse.

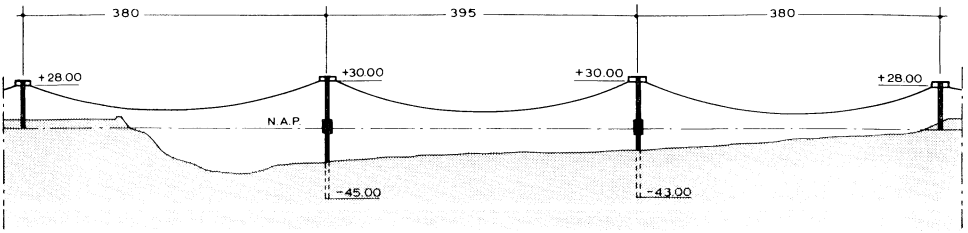
Ten aanzien van het deel van de rivierafvoer dat via het Volkerak en de Krammer naar zee afstroomt, lopen de meningen uiteen. Men kan zich afvragen of uit de resultaten van het verrichte onderzoek kan worden afgeleid hoe groot het deel van de rivierafvoer is dat door de Oosterschelde in zee stroomt, en of de aanleg van de Grevelingendam daar veel of weinig invloed op heeft gehad. Vóór de afsluiting van de Grevelingen zal ongetwijfeld een deel van het rivierwater zijn weg naar zee hebben genomen door het Brouwershavensche Gat, en na de afsluiting moet derhalve een groter deel door het Zijpe zijn

gaan stromen. Dat moet factor a in de Oosterscheldemond hebben beïnvloed. In de betreffende raai bedraagt het vloedvolume evenwel bijna 2 miljard m^3, terwijl de rivierafvoer 250 m^3/sec., dus slechts 10 miljoen m^3 per getij bedraagt. Het verhoudingsgetal a is dus, afgezien van de vraag of de teller van de breuk iets toeneemt, erg klein, en het verschil in chlooriongehalte, waar men bij de berekeningen van uitgaat, is derhalve onaanzienlijk. Daaruit valt te concluderen dat de aanleg van de Grevelingendam de zouttoestand slechts weinig kan hebben beïnvloed. De zoutwaarnemingen op verschillende meetstations voor en na 1964 bevestigen deze indruk. In de figuren 22 en 23 zijn voorbeelden gegeven van het verband tussen de gemeten chlooriongehalten en de afvoeren van Maas en Waal, zowel voor als na het jaar 1964, waarin de Grevelingendam werd gesloten. De rivierafvoer door het Volkerak zal exacter kunnen worden gemeten naarmate de rivierafvoeren groter zijn: het verschil tussen eb- en vloedvolume neemt onder die omstandigheden toe, en men vindt geen grote zoutgradiënten meer op het Volkerak. Uit modelonderzoek is gebleken dat bij een Rijnafvoer van 6000 m^3/sec. en een Maasafvoer van 1100 m^3/sec. een Waal- en Maasafvoer hoort van 5225 m^3/sec., terwijl dan ongeveer 900 m^3/sec. het Volkerak passeert. Bij de horizontale as van de figuren 22 en 23 zou dus een tweede schaalverdeling kunnen worden gekozen met een afvoerverdeling van 0-900 m^3/sec. door het Volkerak, overeenkomende met een afvoer van 0-5225 m^3/sec. van Maas en Waal.

Opmerkelijk is de snelle aanpassing van de zoutverdeling aan veranderingen in de rivierafvoeren. Zelfs in het oostelijke deel van de Oosterschelde, waar de aanpassing natuurlijk trager verloopt dan in het Keeten, duurt het maar een paar dagen voor de zouttoestand de weerslag vertoont van een verandering in de rivierafvoer.

De motorgondels voor de kabelbaan over de zuidelijke stroomgeul van het Brouwershavensche Gat

Bij de afsluiting van de Grevelingen in 1964 werd voor de eerste maal in ons land gebruik gemaakt van een kabelbaan als hulpmiddel voor de geleidelijke opbouw van een sluitkade. Voor deze kabelbaan werd een type gekozen waarbij de gondels door een zich erin bevindend aandrijfmechanisme onafhankelijk van elkaar langs de draagkabels werden voortbewogen. Deze zelfde motorgondels zullen andermaal worden gebruikt voor het transporteren en afwerpen van het stortmateriaal voor de sluitkade door het Rak van Scheelhoek, het noordelijke sluitgat in de afdamming van het Haringvliet. Ook voor de afsluiting van de zuidelijk stroomgeul van het Brouwershavensche Gat zal van een kabelbaaninstallatie gebruik worden gemaakt. Het type motorgondel dat daar wordt toegepast zal evenwel belangrijk afwijken van het tot nu toe gebezigde. Verschillende factoren maken dit wenselijk. De belangrijkste is wel, dat destijds – als gevolg van in een vergevorderd stadium van voorbereiding alsnog door de Rijkswaterstaat naar voren gebrachte wensen – door de fabrikant zodanige uitbreiding moest worden gegeven aan het voortbewegingsmechanisme, dat een vrij ongunstige verhouding tussen het eigen gewicht van de gondel – 20 ton – en de daarmee te vervoeren nuttige last – 10 ton – er het gevolg van was. Een andere reden voor het wijzigen van het gondeltype vormt het besluit om bij de afsluiting van het Brouwershavensche Gat geen stortsteen, maar betonblokken van eenzelfde gewicht en vorm te gebruiken als stortmateriaal; steennetten als gebruikt bij de Grevelingen en het Haringvliet kunnen dan worden gemist. Er is dan ook gezocht naar een mogelijkheid om een gunstiger verhouding te krijgen tussen gondelgewicht en nuttige last en naar een eenvoudig systeem voor het laden en afstorten van de betonblokken. De Directie Bruggen van de Rijkswaterstaat heeft de opzet van de motorgondels grondig herzien, en een nieuw type motorgondel ontworpen, dat in staat zal zijn de gehele nuttige last aan betonblokken in één handeling op te pakken, en dat tevens een veel gunstiger verhouding vertoont van eigen gewicht en nuttige lading, n.l. 15 ton – 15 ton. De gunstiger gewichtsverhouding is vooral bereikt door de dieselmotoren als krachtbron te vervangen door gasturbines, waarvan het gewicht bij een vermogen van 250 pk maar 100 kg bedraagt. Het vermogen van de turbine wordt via een tandwielkast, die het toerental van 6000 terugbrengt tot 1500 per minuut, overgedragen op drie verstelbare axiale plunjerpompen. Twee van deze pompen dragen hun vermogen over op zes verstelbare hydromotoren. Elke hydromotor drijft op zijn beurt twee loopwielen aan. De beweging van de gondel langs de kabel wordt dus door twaalf loopwielen veroorzaakt. Bij twee wielstellen is een aan-



Schema van de kabeloverspanning van Schouwen (links) naar de Middelplaat

drukwiel gemonteerd, waarmee de greep op de kabel kan worden verstevigd, in het geval er een slip dreigt. De derde pomp drijft een niet verstelbare hydromotor aan, die gekoppeld is aan een kabeltrommel met schijfrem. Vanaf deze trommel lopen twee kabels naar de uiteinden van de hijsbalk, één direct en één via een omloopschijf. Aan de hijsbalk kunnen met haken zes betonblokken van 2,5 ton worden gehangen.

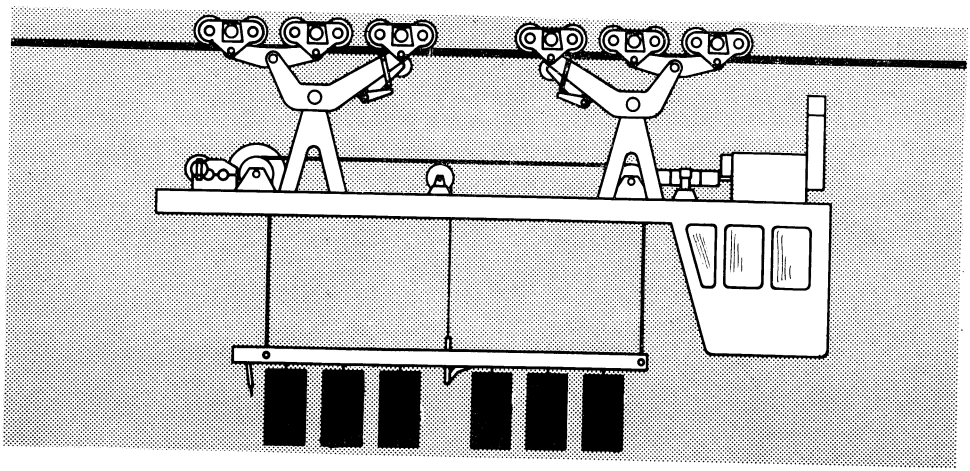
De gasturbine kan de motorgondel niet alleen voortbewegen, maar ook helpen afremmen wanneer hij een helling afgaat of een last voert. De turbine kan namelijk niet alleen 250 pk leveren, maar ook 250 pk opnemen. De dieselmotor van de Grevelingengondel daarentegen kan maar een gering vermogen opnemen, zodat de energie die vrijkomt daar op andere wijze, via vloeistofkoppelingen en Foucault-remmen, moet worden afgevoerd en omgezet in warmte.

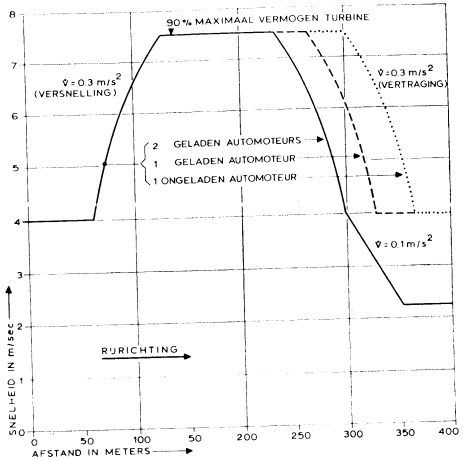
Wanneer de gasturbine werkt, hebben de pompen elk een constant toerental van 1500 omwentelingen per minuut. Met een hydraulisch bediende stuurinrichting kan hun olieopbrengst worden gevarieerd tussen 0 en de maximale waarde. De hydromotoren van het rijwerk hebben elk eveneens een hydraulische stuurinrichting die de opbrengst ervan kan doen variëren tussen 50 en 100 %. De stuurdruk wordt geleverd door een stuurpomp, die eveneens door middel van de tandwielkast wordt aangedreven.

In de ruststand staan de pompen op 0 en hebben ze, terwijl ze 1500 toeren draaien, geen opbrengst. De hydromotoren staan in de maximumstand. De motorgondel staat stil. De bedieningsman kan met een handle via een servomotor en een regelbare reduceerklep de stuurdruk opvoeren. De druk passeert dan eerst een waarde waarbij door middel van stuurcilinders de remmen die bij elk wielstel aanwezig zijn, worden gelicht. De pompen staan dan nog steeds in de 0-stand, en de hydromotoren in de maximumstand, zodat de gondel niet in beweging kan komen ook als hij op een helling staat. Wordt de druk verder opgevoerd, dan wordt die drempelwaarde overschreden waarbij de pompen worden versteld, en olie gaan leveren aan de hydromotoren; de motorgondel komt in beweging. Bij verder opvoeren van de stuurdruk neemt de opbrengst van de pompen toe, en daarmee de rijsnelheid; op deze wijze wordt 4 meter per seconde bereikt. Voert men de stuurdruk dan nog verder op, dan blijft de opbrengst van de pompen constant, maar neemt die van de hydromotoren af tot 50 %; de snelheid van de motorgondel neemt verder toe, tot hoogstens 7,5 meter per seconde. Staat de motorgondel stil, dan kan de bedieningsman met een hydraulische stuurschuif de richting bepalen waarin de pompen versteld worden, en daarmee de rijrichting. De rijrichting wordt dus bepaald met behulp

van hydraulische apparatuur, en de snelheid met behulp van servomotoren, dus elektro-hydraulisch.
Door middel van een elektrisch systeem is een aantal blokkeringen opgenomen om te voorkomen dat het maximaal ingesteld vermogen van de turbine wordt overschreden. Zo is de mate waarin het rijden en hijsen kunnen worden versneld en vertraagd, beperkt. Wanneer een gondel een pyloon is gepasseerd kan hij bij de afdaling niet eerder dan 60 m voorbij die pyloon een snelheid bereiken van 4 meter per seconde. 300 meter voorbij een pyloon, en dus 100 meter vóór de volgende, wordt de snelheid weer zodanig geregeld, dat de volgende pyloon met niet meer dan 4 meter per seconde wordt gepasseerd. Het is mogelijk tijdens het rijden met een gondel een last te hijsen of te strijken. Ook hier is echter een aantal beperkingen ingevoerd: als een gondel een helling afdaalt, terwijl hij een last afviert, is de rijsnelheid kleiner dan 4 meter per seconde. Het remmen van de motorgondel heeft dan voorrang boven het strijken van de last. Wordt een helling beklommen terwijl er een last wordt opgehesen, dan gaat de gondel langzamer rijden. Wordt de turbine in ernstige mate overbelast, dan wordt ook het hijsen langzamer verricht. De rijsnelheid neemt af bij overschrijding van het vermogen van de turbine.
Wanneer een gondel een helling afgaat, wordt hij voortgedreven door de ontbondene van zijn eigen gewicht. De hydromotoren gaan dan als pompen werken en leveren olie aan de pompen die dan, op hun beurt werken als hydromotoren, de turbine aandrijven. De snelheid van de turbine zou daardoor toenemen, ware het niet dat er een brandstofregulator is ingebouwd die de brandstoftoevoer zover reduceert tot het toerental weer 6000 per minuut bedraagt, met een maximale afwijking van 4 % van het nominale toerental. De turbine neemt dan vermogen op. In de turbine kunnen in beginsel een groot aantal brandstoffen worden gestookt; men geeft de voorkeur aan een soort kerosine.
De aandrukwielen worden met behulp van een bedieningshandle hydraulisch op de kabel gedrukt. Wanneer een gondel van de kabel overgaat op het vaste railgedeelte, wordt de afstand van de aandruk- tot de loopwielen aanmerkelijk groter. Om de drukverhoging die ontstaat wanneer een gondel deze overgang passeert te beperken, is in de bedieningsplunjer een accumulator ingebouwd.

Schets van het nieuwe type motorgondel





Snelheidsverloop van de motorgondel in een overspanning

De constructie van de motorgondels

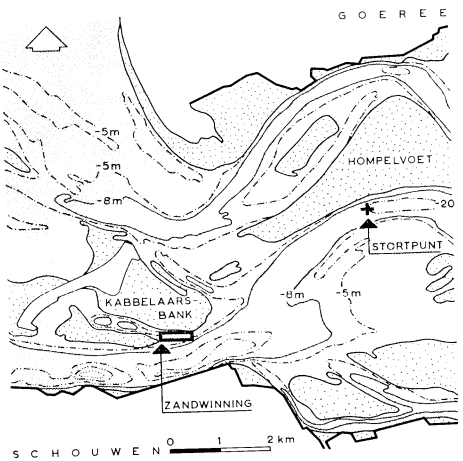
De gondel zelf bestaat uit een koker, gelast uit dunne plaat van hoogwaardig vloeistaal, met aan weerszijden twee bordessen. Loodrecht op de koker zijn twee kokerbalken aangebracht, waaraan scharnierende evenaars, eveneens in de vorm van kokers, zijn bevestigd. Aan de evenaars zitten zes zelfdragende gegoten aluminium tandwielkasten. Elke tandwielkast is voorzien van een schijfrem en een hydromotor, en is gekoppeld aan twee aluminium loopwielen met rubber loopvlakken. Boven op de hoofdbalk staan de turbine met de pompen en bijbehorende apparatuur en de lier voor de hijsbalk. Onderaan de balk is verend het bedieningshuis opgehangen. Het is een aluminium cabine waarin zich de hydraulische en elektrische bedienings- en regelapparatuur bevindt en twee zitplaatsen voor het bedienend personeel. Tevens zijn brandblusapparatuur en reddingslijnen aanwezig. Er is gezorgd voor een goede gewichtsverdeling bij de plaatsing van de onderdelen op de hoofdbalk. De bordessen zijn voorzien van leuningen. Via een luik kan men met een ladder vanuit de bedieningsruimte op de bordessen komen.
De hijsbalk is een gelaste kokerconstructie van hoogwaardig vloeistaal, die aan de uiteinden hangt aan twee staalkabels. Aan de balk zijn scharnierend haken bevestigd, passend in de ijzeren ogen die in de betonblokken zijn gegoten. De haken zijn van een zodanige vorm en constructie dat het mogelijk is de zes betonblokken in één handeling aan te pikken. Omdat het in één keer lossen van de totale last van 15 ton in vele gevallen een te grote verticale versnelling aan de automoteur zou geven, kunnen de blokken volgens een in te stellen programma na elkaar worden gelost. Omdat een goed werkend mechanisme voor aanpikken en lossen van de last van essentieel belang is voor een storingvrij sluitingsbedrijf wordt binnenkort een serie praktijkproeven verricht met een paar prototypen van hijsbalken; de definitieve constructie kan daarna worden gekozen. In totaal zullen zestien motorgondels van dit type worden vervaardigd voor het bedrijf in het Brouwershavensche Gat. Eén daarvan zal, vooruitlopend op de overige vijftien, al worden gebruikt in het stortbedrijf voor de dam in het Haringvliet. Als de ervaring daar uitwijst dat er details van de constructie moeten worden gewijzigd, kunnen die nog worden veranderd in de overige vijftien gondels.

Grondmechanisch onderzoek van geklapt zand

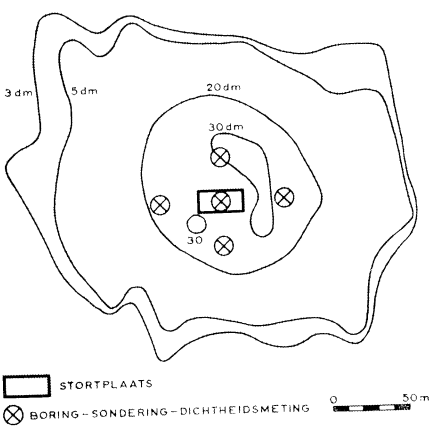
De bodem van de zeegaten in het zuidwesten van ons land bestaat voor het overgrote deel uit zand. De dammen die deze zeegaten volgens het Deltaplan moeten gaan afsluiten, worden dan ook gebouwd in zand, op zand, voor een deel van zand. Ter uitvoering van de Deltawerken worden grote hoeveelheden zand verplaatst van plekken waar het ligt, maar waar het gemist kan worden of hindert, naar plaatsen waar men het voor de afsluitingswerken nodig heeft, dan wel waar het geen kwaad kan. Het vervoer van zand geschiedt voornamelijk op twee wijzen: het zand wordt, na door een zuiger te zijn opgezogen of via een persleiding in het werk geperst, of het wordt door de zandzuiger gestort in bakken, die het vervoeren naar de plaats van bestemming, waar zij het door het openen van kleppen in de bodem in het water lossen. Overtollig zand, dat uit een werk wordt gezogen, klapt men op die manier met onderlossers in diepe geulen. Bij de opbouw van de grote afsluitdammen in diepe zeegaten verhoogt men de bodemligging met zand, alvorens over te gaan tot de vorming van een drempel of stortkade. Ook hier is klappen doorgaans de goedkoopste manier om het zand aan te brengen. Vervolgens brengt men over een zeker oppervlak van het geklapte zand aan weerszijden van de as van de te maken afsluitdam een bodembescherming aan; om redenen van zuinigheid zal men ernaar streven die bescherming zo klein te houden als maar verantwoord is. Er kunnen in de loop van de afsluitingswerkzaamheden echter ontgrondingen optreden in het geklapte zand. De gevolgen daarvan kunnen ernstig worden voor de stabiliteit van de dam of de drempel wanneer zou blijken dat er tengevolge van die ontgrondingen zettingsvloeiingen zouden kunnen optreden. Dat zal in het algemeen het geval zijn wanneer het zand een losse pakking vertoont, en of dat zo is kan alleen door bodemonderzoek worden uitgewezen. Liever dan pas bij dreigende zettingsvloeiing over te gaan tot onderzoek van het ter plaatse geklapte zand, zou men willen beschikken over algemene gegevens aangaande de mechanische eigenschappen van geklapt zand. Bij het ontwerp van toekomstige afsluitingen zou daar dan rekening mee kunnen worden gehouden.

In oktober 1965 deed zich de mogelijkheid voor in het Brouwershavensche Gat een dergelijk onderzoek uit te voeren. In het geultje tussen Middelplaat en Kabbelaarsbank bevond zich op de plaats waar dit geultje aansluit op de zeer diepe getijgeul langs de noordelijke oever van Schouwen, een ondiepte. Daar voor de uitvoering van de werken op de Kabbelaarsbank drijvend materieel in dit geultje moest worden binnengevaren,

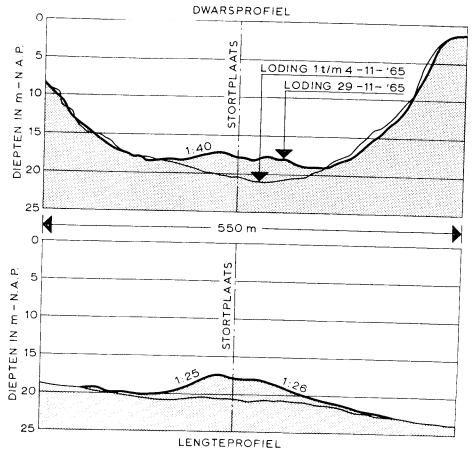
diende de ondiepte verwijderd te worden. Hiertoe werd een zuiger ingezet, die het opgezogen zand in onderlossers perste, waarna het zand op een plaats met grote diepte in het Brouwershavensche Gat werd geklapt.
Als stortplaats van het zand werd een punt in de geul ten zuiden van de zandplaat de Hompelvoet aangewezen. Uit peilingen, die werden uitgevoerd onmiddellijk voordat met het klappen van zand werd begonnen, bleek dat de bodem van de geul rondom het stortpunt op ongeveer N.A.P. – 20 m lag. In de periode van 4 tot 29 oktober 1965 is op dit punt 92 000 m³ zand geklapt. Deze hoeveelheid werd bepaald door het opmeten van de bakken, waarmee het zand werd aangevoerd.
Na afloop van het storten is meteen een nieuwe peiling uitgevoerd. Het verschil in gepeilde diepte voor en na het klappen is weergegeven op de bijgevoegde tekening van de verondiepingen. Men ziet dat de sedimentatie zich beperkte tot een nagenoeg cirkelvormig gebied met een straal van 100 m rondom het stortpunt. De grootste verondieping bedroeg 3,30 m. Kubering van de verondieping, groter dan 3 dm, leidde tot meting van 60 000 m³ zand, een verschil met de in de bakken gemeten hoeveelheid van



Plaatsen waar het zand werd gewonnen en geklapt



Overzicht van de stortplaats met de dikte van de laag geklapt zand



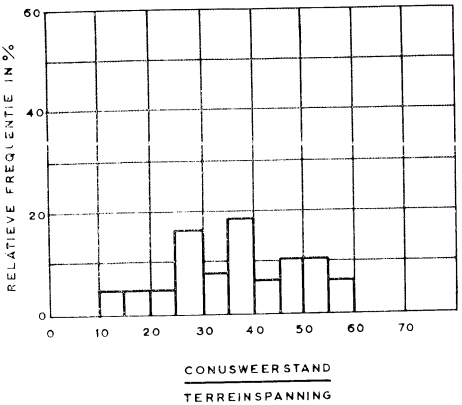
Profielen van het geklapte zand

32 000 m³. Het verschil kan worden toegeschreven aan transport door de stroom tijdens het bezinken van het zand, aan erosie van het reeds rond het stortpunt afgezette materiaal en aan een verschil in pakkingsdichtheid tussen het zand in de bakken en dat van de verondieping. Een langs- en dwarsprofiel over het geklapte zand laten gemiddelde taludhellingen zien van 1 : 25. Plaatselijk zijn in de stroomrichting, dus evenwijdig aan de dieptelijnen van de geul, steilere hellingen gevonden tot 1 : 16. In dwarsrichting hierop zijn flauwere hellingen geconstateerd, zelfs wel van 1 : 40.
In het stortpunt en op afstanden van 30 m en 40 m uit dit punt zijn op vijf plaatsen boringen, sonderingen en dichtheidsmetingen uitgevoerd. Deze grondmechanische verkenningen werden voortgezet tot 8 m onder de bodem, zodat behalve het geklapte zand ook de grondlagen die zich daaronder bevonden in het onderzoek werden betrokken. De gestoken boorkernen werden in het Laboratorium voor Grondmechanica uit de boorbuizen gedrukt en in de lengterichting doorgesneden. Aldus werd een vertikaal boorprofiel van de verschillende grondlagen verkregen. De in het sediment aanwezige gelaagdheid werd hiermee maar weinig verstoord, zodat men kan spreken van 'ongeroerde monsters'.

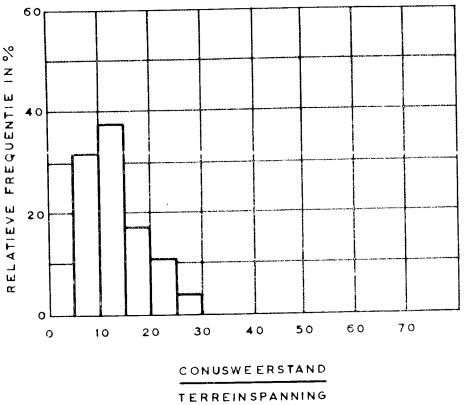
Sedimentologisch onderzoek

Allereerst werden de gestoken boormonsters nu sedimentologisch onderzocht om na te gaan op welke wijze het geklapte zand zich op de bodem had afgezet. In principe had dit op twee manieren kunnen gebeuren. Het zand dat de onderlossers verlaat, kan zijn samenhang behouden, zodat het als een zware massa omlaag stort en zich in een beperkt gebied over de bodem uitspreidt. In dat geval zal het sediment weinig of geen fijne gelaagdheid vertonen, daar de getijstromen op deze wijze van afzetten slechts geringe invloed hebben doordat bij het bezinken in een grote massa weinig korrelgrootteselectie kan optreden.
Het is echter ook denkbaar dat het zand zijn samenhang meteen verliest nadat het de bak heeft verlaten. De zandkorrels zouden individueel bezinken, en door verschil in bezinkingssnelheid van grote en fijne korrels zou dan een zekere gelaagdheid ontstaan met een verschil in gradering, onder andere tot uitdrukking komend in een verschil in doorlatendheid van de opvolgende zandlaagjes. Bij deze wijze van sedimentatie zouden

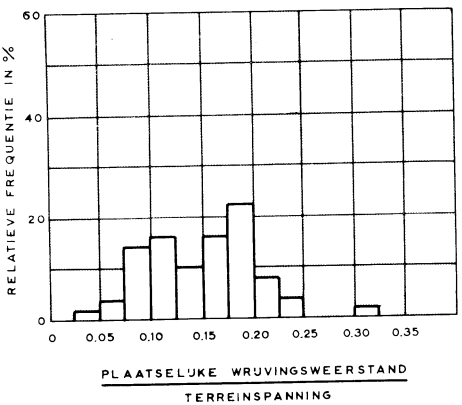
GEKLAPT ZAND



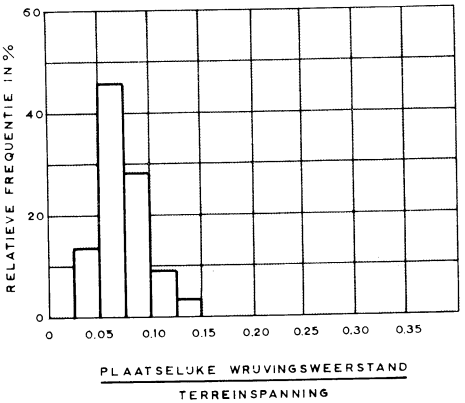
ONDERGROND



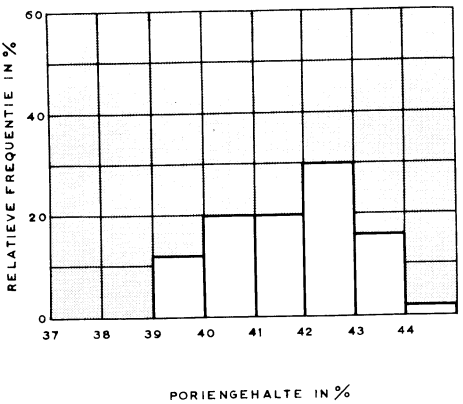
GEKLAPT ZAND



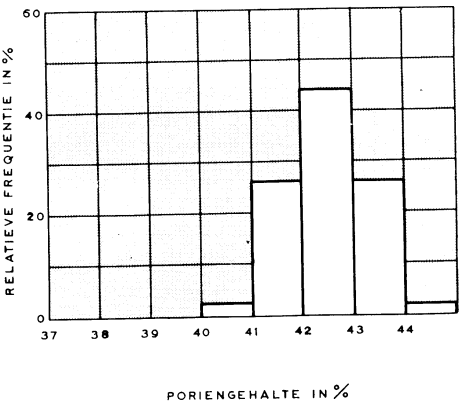
ONDERGROND



GEKLAPT ZAND



ONDERGROND



ook de getijstromen meer invloed hebben op de bewegingen van de zandkorrels, zodat ook zij zouden bijdragen tot de vorming van laagjes.
Een onderzoek naar de gelaagdheid kon uitsluitsel geven over de vraag op welke van de twee denkbare manieren de sedimentatie heeft plaatsgevonden. Voor het zichtbaar maken van de gelaagdheid werden twee methoden gebruikt, de lakfilm- en de röntgenmethode. Bij de eerste wordt het snijvlak van de zandmonsters uit de boringen bestreken met een lak, die afhankelijk van de doorlatendheid van het zand, er meer of minder diep in binnendringt. Na droging van de lak worden kleine verschillen in doorlatendheid van het zand zichtbaar, doordat het gekitte zand een reliëf vertoont volgens de gelaagdheid in het sediment.
De röntgenmethode is gebaseerd op het feit dat röntgenstralen door het zand gedeeltelijk worden geabsorbeerd en gedeeltelijk worden doorgelaten. Kleine variaties in korrelgrootte en poriënvolume, samenhangend met een gelaagdheid in het zand, zullen op een voor röntgenstralen gevoelige film zichtbaar worden door de verschillen in intensiteit van de doorgelaten straling.
Zowel lakprofielen als röntgenfoto's toonden aan, dat in het geklapte zand geen enkele fijnere gelaagdheid aanwezig was. Hieruit moet de conclusie getrokken worden, dat het zand na het verlaten van de onderlossers grotendeels zijn samenhang heeft behouden en als een zware massa omlaag is gestort. Dit is des te opmerkelijker, omdat in het zand van de ondergrond op vele plaatsen wel gelaagdheid geconstateerd is.
Ook de vorm van het gebied van de verondiepingen, nagenoeg cirkelvormig rond het stortpunt, wijst er al op dat het zand en masse naar beneden is gevallen. Zouden namelijk de getijstromen een belangrijke invloed op de wijze van afzetten hebben gehad, dan hadden waarschijnlijk de lijnen van gelijke verondieping een meer elipsvormig verloop in de stroomrichting te zien gegeven.

Dichtheidsonderzoek

In verband met de stabiliteit van de bodem moest voorts een dichtheidsonderzoek worden uitgevoerd.
De dichtheid – of wat op hetzelfde neerkomt het poriëngehalte – van het geklapte zand werd bepaald door middel van meting van de specifieke elektrische weerstand van de grond en van die van het grondwater. Uit de verhouding van deze beide in het terrein gemeten weerstanden kan met behulp van een in het laboratorium bepaalde ijklijn het poriëngehalte worden vastgesteld. De bedoelde ijklijn werd verkregen uit metingen op

een aantal monsters uit de boringen, waaruit dan met behulp van de methode van de kleinste kwadraten een gemiddelde ijklijn is vastgesteld. Uitgaande van een normale verdeling kan de standaardafwijking voor deze gemiddelde ijklijn, in poriënprocenten uitgedrukt, op 0,72% gesteld worden. Met behulp van deze gemiddelde ijklijn zijn alle terreinmetingen omgerekend tot poriëngehaltes, zodat het verloop van het poriëngehalte met de diepte in 5 punten van het geklapte zand en de ondergrond ervan werd bepaald. Uitvoerig is op deze wijze van meten en bepalen van het poriëngehalteverloop ingegaan in het artikel 'Dichtheidsonderzoek van de grond ten behoeve van de Deltawerken' in nummer 41 (augustus 1967) van het Driemaandelijks Bericht.
In het terrein werd gelijktijdig met de bepaling van de specifieke elektrische weerstand van de grond de conusweerstand gemeten. Dat is de weerstand, die de conusvormige punt aan een sondeertang ondervindt wanneer hij in de grond wordt gedrukt. Direct boven de conus bevond zich ook nog een meetlichaam dat de wrijving langs een klein deel van het oppervlak van de sondeertang bepaalde. Aldus werd ook het verloop met de diepte voor de conus- en de plaatselijke wrijvingsweerstand gemeten.
In geen der gemeten grootheden – poriëngehalte, conusweerstand en wrijvingsweerstand – zijn duidelijke overgangen geconstateerd tussen geklapt zand en oorspronkelijke ondergrond. Wel is er verschil in de frequentie van het voorkomen van de bepaalde gemeten weerstanden en poriëngehaltes. Voor de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand mag worden aangenomen dat ze onder andere afhankelijk zijn van de bovenbelasting, dus van de diepte waarop ze gemeten zijn. Om deze afhankelijkheid te elimineren dienen deze weerstanden gedeeld te worden door de zogenaamde terreinspanning, het gewicht van de bovenliggende grondmassa op de diepte van waarnemen. Voor het geklapte zand en voor de oorspronkelijke ondergrond zijn de frequentieverdelingen van het poriëngehalte en van het quotiënt van conusweerstand resp. plaatselijke wrijvingsweerstand en terreinspanning bepaald. Voor alle grootheden wordt in het geklapte zand een grotere spreiding gevonden dan in de ondergrond. Het geklapte zand blijkt grote variatie te vertonen in onder meer de poriëngehaltes ondanks het feit dat al het zand op dezelfde wijze werd aangebracht.
In het voorgaande werden de resultaten van de metingen in het veld besproken. De beoordeling van de vraag of er sprake was van losgepakt zand vond plaats aan de hand van de in het laboratorium bepaalde kritieke dichtheid van een aantal monsters uit het geklapte zand. Voor de onderzochte monsters werd een kritieke dichtheid van 42% à 42,5% gevonden. In het geklapte zand kwamen dus blijkens fig. 4 zowel lossere als vastere pakkingen voor dan de kritieke. Bij gebruik van geklapt zand in sluitgaten onder met deze proef vergelijkbare omstandigheden dient dan ook terdege rekening te worden gehouden met de hier gebleken mogelijke losse pakking. Gelukkig heeft geklapt zand doorgaans een grotere doorlatendheid voor de stroming van water door de poriën dan een uit zand bestaande ondergrond, waarin in het Deltagebied namelijk vaak klei- of slibrijke laagjes voorkomen. Bij het persen van het zand in de bakken vloeien slib en fijne zanddeeltjes overboord, terwijl ook bij het klappen nog enig fijner materiaal verloren gaat. Hierdoor ontstaat in het geklapte zand een relatief grote doorlatendheid. Dit is gunstig, omdat wateroverspanningen, veroorzaakt door spanningsveranderingen in de grond bijvoorbeeld ten gevolge van het plaatsen van een caisson of het optreden van ontgronding, dan in korte tijd door het afstromen van water kunnen worden opgeheven. Het gevaar voor stabiliteitsverlies vermindert in zo'n geval snel. Blijkt dan ook in de ondergrond van een sluitgat losgepakt zand voor te komen, dan kan de doorlatendheid van de ondergrond veelal verbeterd worden door er zand op te klappen. Voorzichtigheid blijft echter geboden.

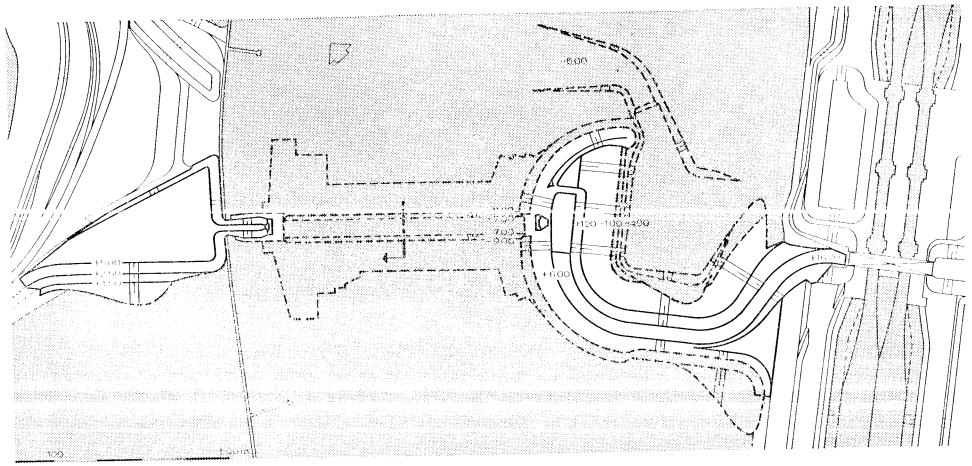
Waterloopkundige studie voor de Volkerakafsluiting

In het Driemaandelijks Bericht nr. 38 (november 1966) is een artikel opgenomen onder de titel 'De Afsluiting van het Volkerak', aan het eind waarvan enige beschouwingen worden gewijd aan de drempelconstructie en de caissons, zoals die op basis van het toen bekende konden worden opgesteld. Inmiddels is het onderzoek voortgezet, hetgeen geleid heeft tot een herzien ontwerp, met de uitvoering waarvan thans een begin is gemaakt.

Volgens het oorspronkelijke ontwerp zou de drempel bestaan uit een laag mijnsteen ter dikte van 1,80 m, afgedekt door een laag stortsteen 20/80 kg ter dikte van 1,20 m. De mijnsteen zou direct op het zand worden aangebracht en het bovenste deel van de laag stortsteen, ter dikte van 20 cm, zou worden gepenetreerd met asfalt.

Een caissondrempel mag noch tijdens, noch na de sluiting verzakken, want dat zou de stabiliteit en de kerende hoogte van de caissons verkleinen. Aan de drempel moet dan ook onder meer de eis worden gesteld dat onder voor de toestand na de sluiting als kritiek te beschouwen omstandigheden geen uitspoeling van zand mag optreden. De drempel moet zanddicht zijn bij het maximale verhang dat zich in het drempelpakket onder de caissons kan instellen. Dit verhang is in principe gelijk aan het verval over de caissons, gedeeld door de lengte van de door het water af te leggen weg; in dit geval 15 meter, namelijk de breedte van de caissons. Bij een als filter uitgevoerde drempelconstructie moet niet alleen aan de eis van zanddichtheid worden voldaan, maar moeten ook de grensvlakken tussen de drempelmaterialen onderling stabiel zijn. Uit het in het Waterloopkundig Laboratorium uitgevoerde onderzoek bleek dat het niet mogelijk is het grensvlak tussen zand en mijnsteen en het grensvlak tussen mijnsteen en stortsteen tegelijk aan de gestelde stabiliteitscriteria te laten voldoen. Daarom is de laag mijnsteen in het ontwerp vervangen door een laag fijn grind, afgedekt met een laag grof grind. De drempel is als volgt opgebouwd. Op het zand is een laag fijn grind met een korreldiameter van 2 tot 5 mm gestort, van 0,50 cm dikte. Deze grindlaag is afgedekt door een 75 cm dikke laag grof grind met een korreldiameter van 3 tot 20 cm. Daarop weer is een laag stortsteen aangebracht van 1,50 m dikte, bestaande uit basaltstortsteen met een stukgewicht variërend tussen 80 en 300 kg. Het soortelijk gewicht van deze stortsteen bedraagt ongeveer 2900 kg/cm^3.

De in deze filterconstructie voorkomende grensvlakken voldoen dan aan de eis dat ze in elk geval stabiel zijn bij een verhang van 20 %, dat wil zeggen bij een verval van 3 m.



Volgens het oorspronkelijke ontwerp zou de bovenste laag van de drempel bestaan uit stortsteen 20/80 km gepenetreerd met asfalt. Proeven die nadien zijn verricht ter bepaling van de wrijvingscoëfficient tussen caisson en gepenetreerde stortsteen, toonden aan dat de wrijving tussen caissonbodem en stortsteen als gevolg van de penetratie zo ernstig werd gereduceerd, dat het gehele caisson-ontwerp zwaarder zou moeten worden uitgevoerd wilde men bij het zelfde drempeloppervlak toch voldoende garanties hebben tegen het afschuiven van de caissons. Dit werd niet aanvaardbaar geacht. Door de drempel in plaats van met stortsteen 20/80 kg af te dekken met bazaltstortsteen 80/300 kg wist men een voldoende stabiele afdekking van de drempel te verkrijgen voor de laatste fase van de caissonplaatsing, terwijl niettemin aan de eisen van de filteropbouw werd voldaan. Een nadeel van deze wijziging is, dat de drempel minder vlak kan worden afgewerkt dan bij lichtere stortsteen het geval zou zijn geweest.
Teneinde inzicht te krijgen in de vervallen die gedurende en na de sluiting als maatgevend moeten worden beschouwd is de sluiting van het Volkerak gereproduceerd in het getijmodel der benedenrivieren en in het elektrische getijmodel 'Deltar'. Een beschouwing over de frequenties van voorkomen van bepaalde vervallen wordt al spoedig zeer ingewikkeld doordat de waterbeweging in het Volkerak afhankelijk is zowel van het getij in de mond van het Haringvliet als in de mond van de Oosterschelde. Hoewel de getijden in beide mondingsgebieden met elkaar samenhangen op grond van het feit dat ze beide bepaald worden door het getij op de Noordzee, kunnen meteorologische omstandigheden de waterbeweging in deze twee gebieden verschillend beïnvloeden. Bij de binnenwaartse voortplanting van het getij kunnen de stromen in de verbindingswateren Volkerak, Zijpe, Mastgat en Keeten op telkens wisselende wijze worden beïnvloed. Bovendien zijn de waterstanden in het Haringvliet en is dus de waterbeweging in het Volkerak ook afhankelijk van de opperwaterafvoer van de Rijn, waarvan het verloop gedurende de sluitingsperiode slechts kort van te voren kan worden voorspeld.
De vorm die de bodembescherming moet hebben is vastgesteld op grond van proeven in het Waterloopkundig Laboratorium. Bij deze proeven is er naar gestreefd de ontgrondingen die buiten de bezinkvelden ontstaan zo regelmatig mogelijk te doen zijn; grote plaatselijke verdiepingen dienen te worden vermeden. Tevens werd de eis gesteld dat de rand van de bezinking niet mocht worden onderspoeld.

Plattegrond van de drempel en de bezinkingen

Aan deze eisen kan grotendeels worden voldaan bij een breedte van de bodembescherming van 100 m aan weerszijden van de as van het sluitgat. Uit later onderzoek bleek dat het gewenst was nabij de landhoofden een bredere bodembescherming aan te brengen, om de sterkere aanval te kunnen weerstaan van de wervelstraten die daar ter plaatse worden opgewekt.

De caissons

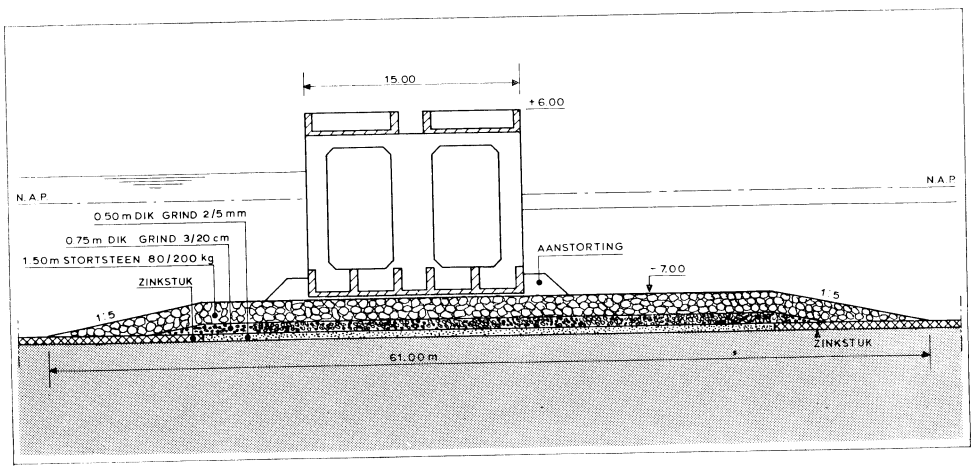
Om te kunnen berekenen wat voor waterstanden er aan weerszijden van het sluitgat zullen optreden en hoe sterk de stroming zal zijn door de caissons, is het noodzakelijk de afvoercoëfficiënt van de caisson te kennen. De stroomsnelheid van het water bij verschillende waterstanden aan weerszijden van het sluitgat wordt voornamelijk bepaald door het waterstandsverschil, maar hangt ook af van de vorm van de doorstroomopeningen in de caisson. Hoe beter die de stroom geleiden, hoe groter de afvoer zal zijn. De invloed van de vorm van de doorstroomopeningen wordt uitgedrukt in de afvoercoëfficiënt.

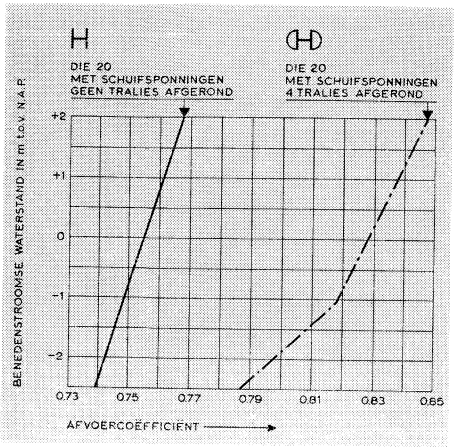
Uit het modelonderzoek is gebleken dat vooral de stalen diagonalen die om constructieve redenen in de doorstroomopeningen zijn geplaatst een nadelige invloed hebben op de afvoercoëfficiënt. De stroomgeleiding van de stalen balken waaruit deze diagonalen zijn samengesteld is slecht vanwege de rechthoekige vorm. Rondt men het profiel ervan echter af, met halve cirkelvormige buizen, dan wordt de afvoercoëfficiënt met 8 % à 10 % vergroot.

De volgorde waarin de caissons zullen moeten worden geplaatst wordt bepaald op grond van uitvoeringstechnische en waterloopkundige overwegingen. In principe kan men bij de plaatsing op twee manieren te werk gaan: men kan van de ene zijde van het sluitgat naar de andere zijde toewerken, zodat de laatste caisson nabij een landhoofd wordt geplaatst. Men kan ook afwisselend aan de ene en aan de andere zijde een caisson afzinken; de laatste caisson wordt dan in het midden van het sluitgat geplaatst. Deze laatste werkwijze verdient uitvoeringstechnisch gezien de voorkeur, daar men dan de werkzaamheden rond een eenmaal geplaatste caisson, zoals het vullen van de ballastbak en de naden tussen de caissons, vanaf beide oevers kan verrichten en ze dus over twee fronten verdelen. Hierdoor ontstaat een evenwichtiger verdeling van de werkzaamheden

en een minder gespannen werkprogramma. Waterloopkundig zijn zowel het stroombeeld in het sluitgat, als het verloop van de ontgrondingen in samenhang met de morfologische en grondmechanische gesteldheid van de ondergrond van belang, als ook het verloop van het krachtenspel bij het plaatsen van de caissons met behulp van sleepboten.
Bij het onderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium naar de vormgeving van het sluitgat is er naar gestreefd de stroomverdeling zo regelmatig mogelijk te doen zijn en het optreden van wervelstraten zoveel mogelijk te voorkomen. Uit metingen die inmiddels in het sluitgat zijn uitgevoerd blijkt dat de resultaten van het modelonderzoek op bevredigende wijze met de werkelijkheid overeenstemmen.
Het grondmechanisch onderzoek naar de gesteldheid van de bodem heeft uitgewezen dat plaatselijk losgepakte zandlagen voorkomen, welke, zoals in voorgaande nummers van het Driemaandelijks Bericht is uiteengezet, een gevaar kunnen vormen voor de stabiliteit van de constructie. Met het oog hierop moet er naar worden gestreefd de ontgrondingen welke zullen optreden tijdens het plaatsen van de caisson zoveel mogelijk te beperken. Wanneer afwisselend aan de ene en aan de andere zijde een caisson wordt geplaatst, bestaat er naar het onderzoek uitwijst de meeste kans dat de ontgrondingen binnen de perken blijven.
Naarmate er meer caissons zijn geplaatst nemen de stroomsnelheden in het overblijvende gat toe. De krachten die bij het plaatsen van de caissons door de sleepboten moeten worden geleverd, zijn evenredig met het kwadraat van de stroomsnelheid, en nemen derhalve in nog sterkere mate toe. Hierbij is ook het stroombeeld in het overblijvende gat van belang. Hoe schever de stroom door het gat trekt, hoe meer het gedrag van de caissons in de stroom gaat verschillen, al naar de zijde van het gat waar ze worden geplaatst. Dit wordt als ongunstig beschouwd in verband met de wenselijkheid bij de plaatsingsmanoeuvres met de sleepboten de nodige routine op te doen.
Uit het onderzoek is gebleken dat een symmetrisch stroombeeld het best kan worden verkregen als de laatste caisson in het midden van het sluitgat wordt geplaatst.
Zowel uit uitvoeringstechnisch als waterloopkundig standpunt bezien verdient het dus aanbeveling de caissons afwisselend aan de ene en de andere zijde af te zinken, zodat

Doorsnede van de drempel, de bezinking, de caisson en de aanstortingen



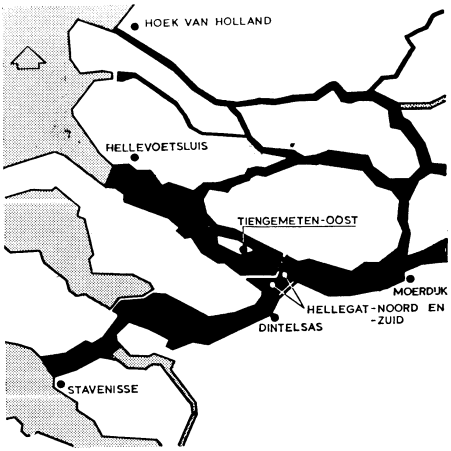


Afvoercoëfficiënt van de caissons

de laatste caisson ongeveer in het midden van het sluitgat wordt geplaatst. De caissons worden drijvend vanuit een bouwdok aangevoerd en moeten op het moment dat de stroom kentert op de drempel worden afgezonken. Het vermoedelijke krachtenspel op de caisson tijdens het slepen vanuit het bouwdok, bij het op zijn plaats stellen boven de drempel en bij het afzinken wordt berekend aan de hand van proeven in het Waterloopkundig Laboratorium. Doel van dit onderzoek is een werkwijze te vinden waarbij de krachten die moeten worden geleverd bij de verschillende manipulaties met de caissons beperkt blijven en waarbij de risico's zoveel mogelijk worden verminderd. De resultaten van dit onderzoek en de aan de hand daarvan gekozen werkwijze zullen in het volgende nummer van het Driemaandelijks Bericht worden behandeld.

De drempel waarop de caissons moeten worden geplaatst wordt opgebouwd in de vorm van een filter waarvan de bovenste laag bestaat uit stortsteen met een stukgewicht tussen de 80 en 300 kg met een gemiddelde afmeting van 40 cm. Deze steen wordt aangebracht met behulp van een steenstorter, waarbij er naar wordt gestreefd de lagen zo vlak mogelijk af te werken. Desondanks ontstaat een betrekkelijk onregelmatig oppervlak waarin hoogteverschillen van 40 tot 60 cm kunnen voorkomen. Wanneer daarop caissons worden geplaatst blijven er plaatselijk spleten open tussen het drempeloppervlak en de vlakke onderzijde van de caissons. Wanneer geen bijzondere voorzieningen worden getroffen, zou na de sluiting van de schuiven der caissons als gevolg van het waterstandsverschil een sterke stroming in deze spleten optreden, de drempelsteen zou er door kunnen worden meegevoerd, hetgeen ernstige verzakkingen van de caissons tot gevolg zou kunnen hebben. Om dat te voorkomen worden tegen de bodembak van de caisson aanstortingen aangebracht die de spleten afdichten. In het Waterloopkundig Laboratorium is onderzocht hoe zwaar de bestortingen moeten zijn om niet door de stroom te worden weggedrukt, of ze van één of twee zijden moeten worden aangebracht, en welk stukgewicht het materiaal ervan moet hebben.

Gebleken is dat vooral het soortelijk gewicht van het materiaal van grote invloed is op de stabiliteit ervan. De stabiliteit is recht evenredig met het soortelijk gewicht van het materiaal verminderd met dat van het water. Besloten is daarom voor de aanstortingen loodslakken te gebruiken, waarvan het soortelijk gewicht ongeveer 3700 kg/m³ bedraagt.



Overzicht van het gebied dat in de 'Deltar' wordt gereproduceerd met de plaatsen der aangesloten peilschalen

Zoals in het voorgaande is uiteengezet, is de waterbeweging gedurende de afsluiting bepalend voor de manoeuvres welke met de caissons moeten worden uitgevoerd. Een belangrijk punt is de voorspelling van het moment van kentering waarop de caissons moeten worden afgezonken. Immers, voor de daaraan voorafgaande handelingen met de caisson is nogal wat tijd nodig; het moment waarop een caisson het bouwdok moet verlaten ligt ongeveer twee uur voor de kentering.

Voor het voorspellen van de kentering is de waterbeweging in het Haringvliet, in het Volkerak, het Zijpe, het Mastgat en in het Hollandsch Diep met de daarop aansluitende riviertakken van belang. Deze waterbeweging kan worden gereproduceerd in het elektrisch getijmodel 'Deltar', dat wanneer het zover is dan ook geheel voor de Volkerakafsluiting zal worden ingezet. De waterstanden en stromen in de genoemde riviertakken en zeearmen worden bepaald door de getijbeweging op zee enerzijds en de rivierafvoeren anderzijds. Deze randvoorwaarden worden in de Deltar ingevoerd. Ter verkrijging van de benodigde gegevens is een aantal peilschalen, waaronder die te Hoek van Holland, te Hellevoetsluis, te Stavenisse en te Moerdijk, per telefoonkabel verbonden met de Deltar. Men is dus voortdurend op de hoogte van het verloop van het getij langs de kust, terwijl men daarnaast de beschikking heeft over de gemeten en voorspelde rivierafvoeren.

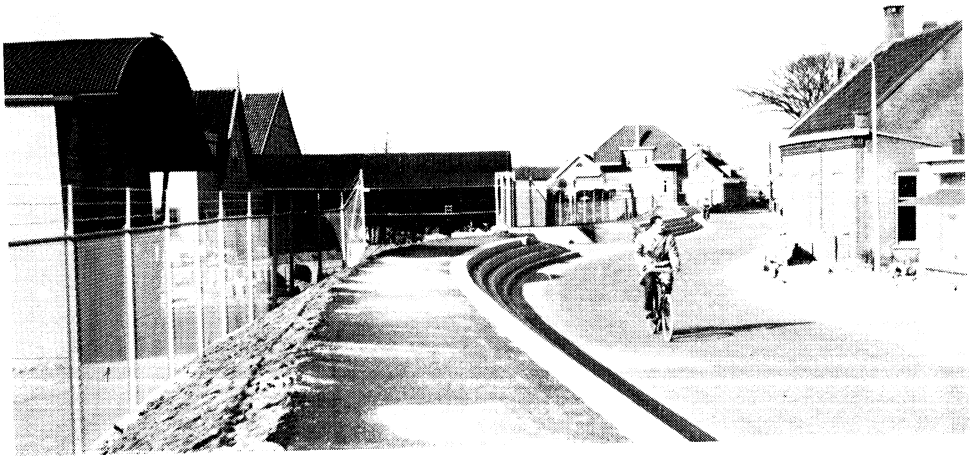
Behalve de bepaling van het kenteringstijdstip en het verloop van de stroomsnelheid vóór de kentering, moeten de maximumvervallen voorspeld worden; dit laatste in verband met de stabiliteit van de geplaatste caissons en de bovenlaag van de drempel.

C. De werken ten Noorden van Hoek van Holland

Dijkverbetering in de Krimpenerwaard

Sinds november 1960, toen over de dijkverbetering in de Krimpenerwaard het een en ander werd meegedeeld in nr. 14 van het Driemaandelijks Bericht, zijn de dijkverbeteringen aldaar zonder onderbreking voortgezet. Er waren vrijwel steeds twee werken tegelijk in uitvoering, namelijk een in de bebouwde kom van Krimpen aan de Lek en een op de open dijkvakken. In verband met de bebouwing was het werk in de dorpskom tijdrovend. Steeds werden kleine dijkvakken van 300 à 400 m aangepakt. De dijkverbetering op de open dijkvakken echter werd met lengten van 700 à 900 m in oostelijke richting voortgezet. Het gevolg van dit uitvoeringsschema is geweest, dat nog dit jaar de 2,5 km dijk binnen de bebouwde kom van Krimpen aan de Lek gereed komt, terwijl de Lekdijk oostelijk van Krimpen tot hmp. 99 op Deltahoogte wordt gebracht: dit is ongeveer 10 km van Schoonhoven, waar zich de limietpaal van de Krimpenerwaard bevindt.

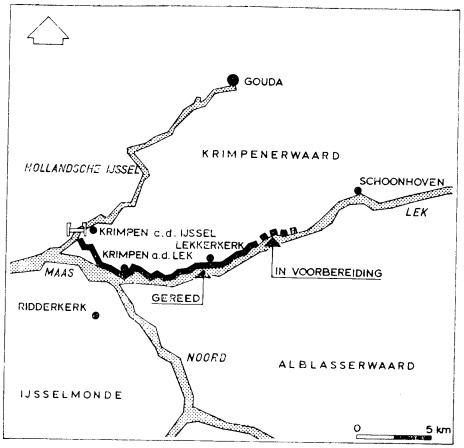
Even ten oosten van Lekkerkerk is het voorheen toegepaste systeem van dijkverhoging door middel van een kade tegen het buitentalud verlaten en is men overgegaan op een meer gebruikelijke manier van dijkverhoging, door zowel de taluds als de dijkskruin te verhogen en te verzwaren. Voor deze verandering waren twee redenen. In oostelijke richting werd het verschil tussen de bestaande en de nieuwe dijkhoogte steeds kleiner. De bebouwing langs de binnenkruinlijn van de dijk wordt naar het oosten bovendien minder intensief, en de gebouwen liggen wat gunstiger ten opzichte van de dijk. Het nieuwe profiel kreeg een kruinbreedte van 7,50 m, waarvan 5,50 m wegbreedte met aan weerszijden bermen van 1 m. Ter plaatse waar hoog voorland bestaande uit rietgors aanwezig was, werd het buitenbeloop gemaakt onder een helling van 1 : 3 en tot N.A.P. + 3,00 m verdedigd met een basaltglooiing.
Waar de rivier dicht onder de buitenteenlijn stroomt en daar, zoals vaak voorkomt, een tamelijk grote diepte heeft, bleek een beloop van 1 : 3 niet of moeilijk haalbaar. Op deze plaatsen is een helling van 1 : 2 gemaakt met een verdediging van basalt tot N.A.P. + 4,60 m. Boven dit basalt werd het beloop weer gebracht onder een helling van 1 : 3. De onderwaterbelopen zijn onder een helling van 1 : 2 aangestort met natuursteenpuin; op de nog dieper en steiler onderwaterbelopen zal de verdediging bij volgende dijkvakken geschieden met behulp van mijnsteen afgedekt met een laag gebroken grind, waarop een bestorting van natuursteen ter dikte van 0,70 m zal worden aangebracht (zie



De verhoogde dijk in de bebouwde kom van Krimpen aan de Lek

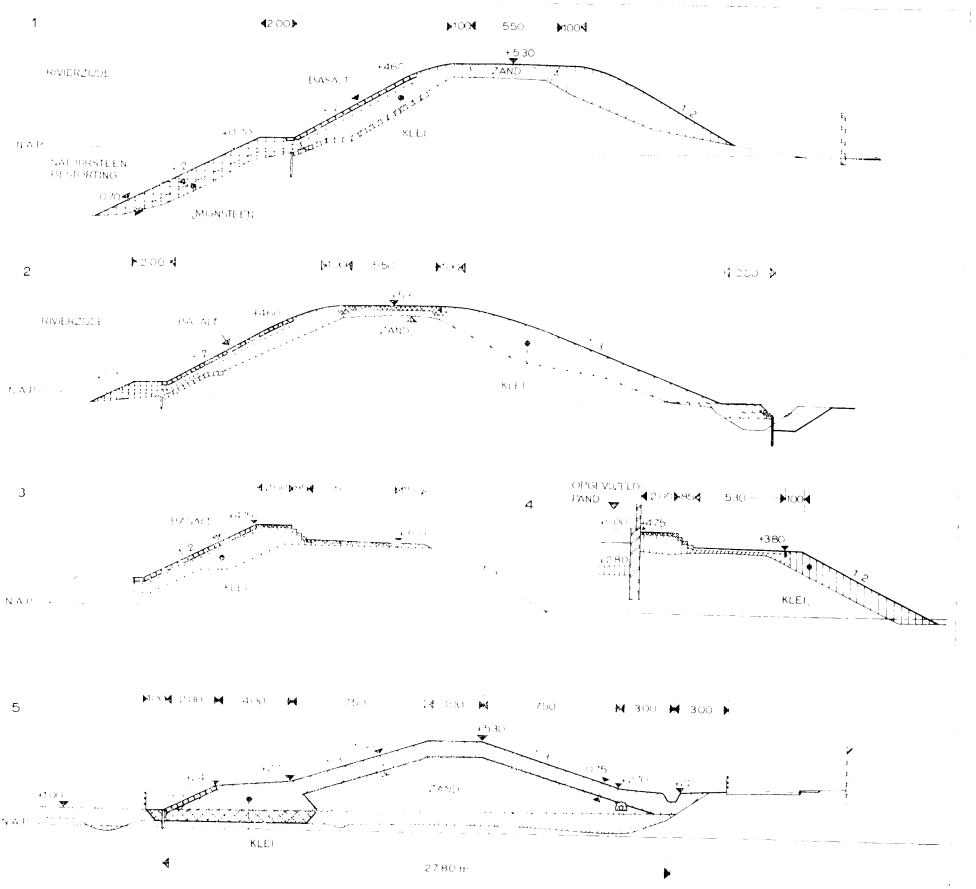
profiel 1). De bestorting reikt tot N.A.P. + 0,70 m en is 2,00 m breed. De binnentaluds zijn gemaakt onder een helling van 1 : 2.
In de thans in ontwerp zijnde dijkvakken, vanaf de Hoekse sluis tot Bergstoep, zijn deze taluds ontworpen onder een helling van 1 : 3. Vanaf dit punt oostwaarts begint namelijk de invloed van opperwater merkbaar te worden. De bebouwing hier is minder intensief en gunstiger gelegen ten opzichte van de dijk, zodat deze belangrijke profielverzwaring wel betaalbaar is, hoewel toch ook op deze dijkvakken huizen zullen moeten worden afgebroken (zie profiel 2).
De taluds worden hier met kleigrond verzwaard en de kruin met zand opgehoogd; de wegfundering wordt er gemaakt van lava, waarop een gesloten wegdek wordt aangebracht.
Het jaar 1968 zal voor de Krimpenerwaard een belangrijk jaar zijn. De dijkverhoging in de bebouwde kom van Krimpen aan de Lek zal dan namelijk gereed komen. Onlangs is met het laatste dijkvak van 180 m begonnen (zie de dwarsprofielen 3 en 4).
In verband met de vele aanpassingswerken aan de bebouwing, zoals het afbreken, inkorten en opvijzelen van gebouwen, kon dit werk slechts in kleine dijkvakken worden uitgevoerd. Het heeft 8 jaar geduurd en de kosten bedroegen ± f 2 500 000,–.
In totaal werden er 30 huizen en bedrijfsruimten afgebroken en 40 stuks opgevijzeld, terwijl nog enkele gebouwen werden ingekort en verbouwd.
Het aantal coupures kon tot een minimum worden beperkt. Alleen ten behoeve van het autoveer op Kinderdijk en twee belangrijke industrieën zijn coupures in de waterkering gemaakt, welke met een dubbele rij azobé-vloedplanken kunnen worden gesloten; de drempelhoogte van deze coupures bedraagt N.A.P. + 4 m.

Nabij de Buitenweg te Krimpen aan de Lek, aan de oostzijde van de bebouwde kom, bevindt zich een laag buitendijks gelegen woongebied, dat veel hinder van hoog water ondervond. Voor dit gedeelte bleek het mogelijk een nieuwe waterkering te ontwerpen die dit gehele gebied omsloot. Hiertoe werden gronden – buitenpolders – van J. & K. Smit N.V. te Kinderdijk aangekocht. De lengte van deze waterkering is 450 m, de waterkerende hoogte N.A.P. + 5,30 m (zie profiel 5).



Situatie van de beschreven dijkverbetering

Dwarsprofielen van de dijkverhoging



De kern van de dijk is gemaakt van zand. De bekleding van kleigrond. De aanlegbreedte is 27,80 m.
Behalve het voordeel dat een belangrijk woongebied door deze nieuwe waterkering binnendijks is komen te liggen, konden 26 woningen worden gespaard, die anders ten gevolge van de dijkwerken moesten worden afgebroken.
De kosten van deze nieuwe waterkering waren vrijwel gelijk aan die van de dijkverhoging in de bebouwde kom.

Dijkverhogingen in voorbereiding

In ontwerp is thans het dijkgedeelte van de Hoekse sluis tot Bergstoep. Daar de bebouwing op deze dijk minder intensief is en tevens gunstiger ligt ten opzichte van het bestaande dijkprofiel, kan worden verwacht dat van dit gedeelte van ± 3,5 km een groter gedeelte per jaar kan worden verhoogd. Men denkt hierbij aan lengten van 1000 tot 1500 m. Het profiel voor dit dijkvak zal gelijken op de profielen 1 en 2. Verder wordt in studie genomen het verhogen en verzwaren van de Lekdijk in de bebouwde kom van de gemeente Ammerstol en een restant van de Maasdijk te Krimpen aan den IJssel, waar nog een tijdelijke waterkering langs de Parallelweg van het industrieterrein ligt.

Recreatie in het Lauwerszeegebied

Al heel spoedig nadat een aanvang was gemaakt met de Lauwerszeewerken bleek dat er van de kant van het publiek grote belangstelling voor bestond. Daarom is in 1963 in samenwerking met de afdeling voorlichting van de Deltadienst te Oostmahorn een expositie ingericht, waar behalve dat een algemene indruk wordt gegeven van de Lauwerszeewerken een aantal bijzonderheden van het werk in begrijpelijke vorm wordt uiteengezet. Op de tentoonstelling zijn onder andere foto's, tekeningen en bodemvondsten te vinden, die betrekking hebben op of te danken zijn aan de uitvoering van de Lauwerszeewerken. Tevens staat er een grote maquette met het plan voor de inrichting van het Lauwerszeegebied na de afsluiting. Voor de organisatie van het bezoek werd een overeenkomst gesloten met de stichtingen Landaanwinningsbelangen Noord-Friesland en Noord-Groningen. In aansluiting op een bezoek aan het expositiegebouw in Oostmahorn verzorgen de stichtingen boottochten naar de werken. Gidsen begeleiden de bezoekers en zorgen gedurende de excursie voor toelichting.
Aan de Groninger kant zijn er eveneens goede mogelijkheden voor het publiek om het een en ander van de Lauwerszeewerken te zien. In de afgelopen jaren was het reeds mogelijk om het dijkvak dat aansluit aan de Groninger kust, algemeen 'De Groninger Pier' genoemd, tegen een kleine vergoeding op te rijden en een bezoek te brengen aan een expositie die op het einde van het dijkvak was ingericht. Ook daar waren gidsen aanwezig om de nodige voorlichting te verstrekken.
Het is nu mogelijk geworden te rijden over het in 1968 gereedgekomen dijkvak op de Zuidwal, dat de verbinding vormt tussen het werkeiland en de Groninger kust. Sedert half juli 1968 organiseren de stichtingen vanaf het einde van 'de Pier' bustochten naar de verschillende werken bij de sluizen. Al heel spoedig bleek dat hier flinke belangstelling voor bestond. In de loop van dit jaar zijn al 6000 bezoekers per bus op het werkeiland geweest.
Dat het bezoek aan de Lauwerszeewerken in een behoefte voorziet blijkt wel uit het overzicht van de aantallen betalende bezoekers in de afgelopen jaren.
Vooral het drukke bezoek aan de Groninger Pier heeft ieder verrast. Enkele jaren achtereen was hier immers niet meer voorhanden dan een stuk afsluitdijk met een weg op de binnenberm en aan het einde een eenvoudige expositie op een opslagterrein. Blijkbaar vormde het feit dat men hier op een zandplaat midden in de Waddenzee kon rijden voor velen een grote attractie. Vrijwel nergens kan men zo goed het verloop van eb en vloed

	1963	1964	1965	1966	1967	1968 (schatting)
expositie en werkeiland	7 297	13 280	13 058	9 385	9 812	8 000
werkeiland	—	100	14	—	—	—
expositie Oostmahorn	778	287	351	195	463	—
'Groninger Pier'	—	—	48 871	34 491	63 709	12 000
Totaal aantal bezoekers:	8 075	13 667	62 294	44 071	73 984	20 000

Doorbaggering van de ringdijk van de bouwput voor de uitwateringssluizen; voorjaar 1968

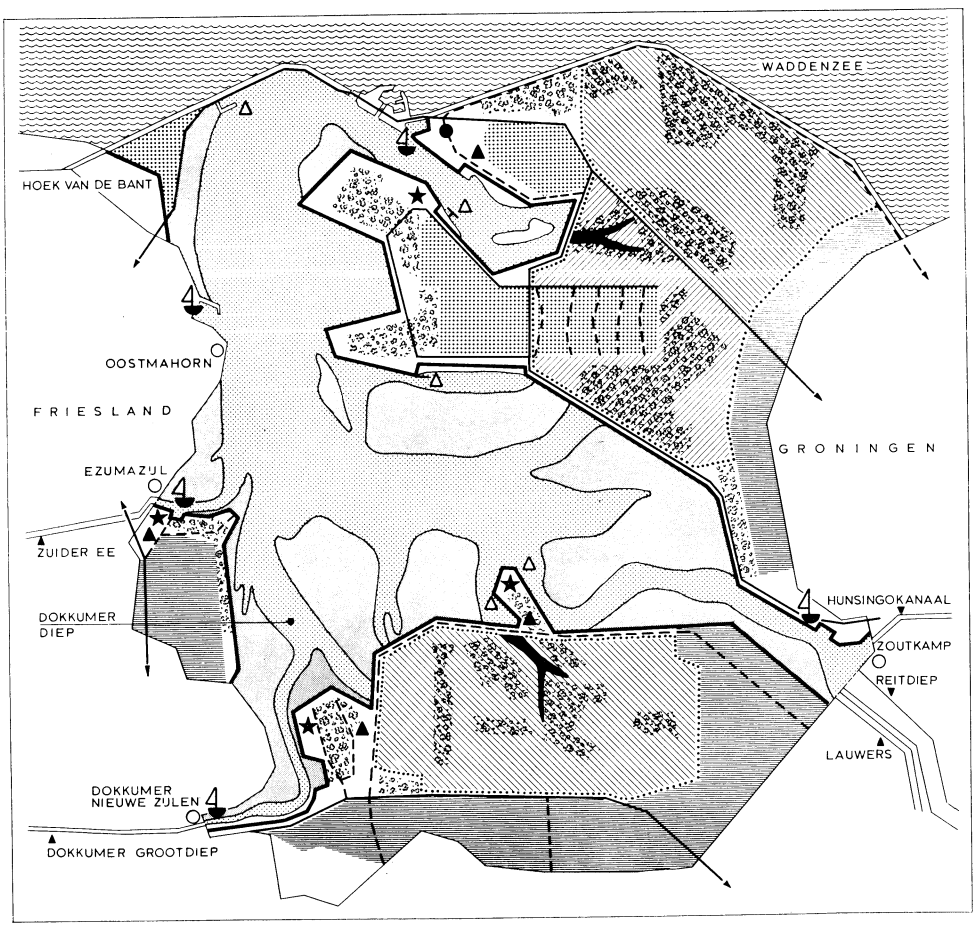


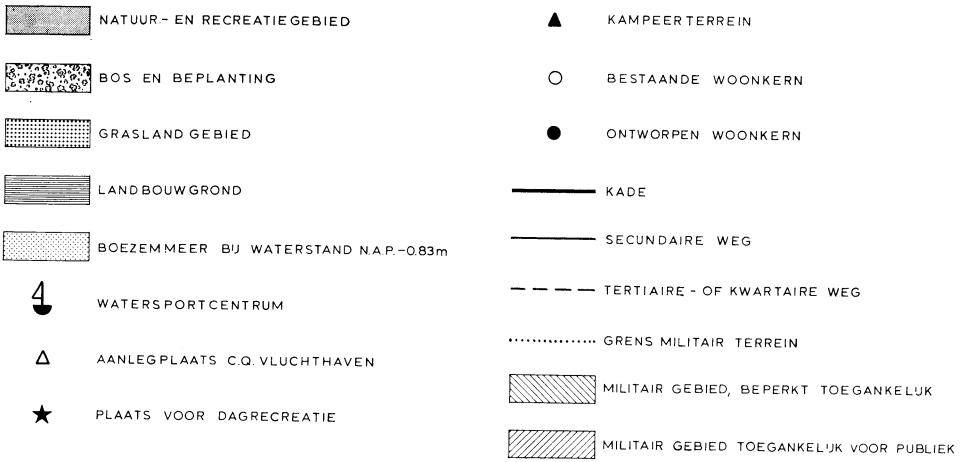
volgen als op dit punt, waar bij laagwater de gehele omgeving droogvalt maar bij hoogwater de zee rondom tegen de dijk klotst. De openstelling van het eenvoudige restaurant 'het Pierenend' midden in zee heeft het bezoek nog vergroot.
Zoals uit het overzicht blijkt verwacht men voor dit jaar echter een lager aantal betalende bezoekers voor de Groninger Pier. Dit komt doordat het Groninger dijkvak na half juli van dit jaar geheel voor het publiek is opengesteld, zodat sindsdien alleen de bezoekers van de Pier die een excursie naar de sluizen maken nog worden geregistreerd.
In het jaar 1969 verwacht men een nog groter totaal aantal belangstellenden. Dan zal het Lauwerszeeproject met de dichting van het sluitgat zijn hoogtepunt bereiken. Velen zullen ongetwijfeld van de gelegenheid gebruik willen maken om dit waterbouwkundig gebeuren van nabij mee te maken. Er worden op dit moment reeds voorbereidingen getroffen om de bezoekers op te vangen en zoveel mogelijk van de werkzaamheden te laten zien. Vanzelfsprekend zijn de beide stichtingen bij deze voorbereidingen nauw betrokken. In de gehele streek rond de Lauwerszee ziet men de afsluiting van de Lauwerszee als het begin van een nieuw tijdperk van bloei waarbij ook de kernen op het oude land zullen profiteren van de activiteiten in verband met de recreatie. Men is dan ook van plan ter gelegenheid van de afsluiting allerlei festiviteiten in de streek rond de Lauwerszee te organiseren.

Niet alleen echter de uitvoering van de Lauwerszeewerken is een trekpleister voor bezoekers; ook het Lauwerszeegebied zelf, zoals het nu nog ligt als een ongerept Waddengebied, trekt velen aan. Een aantal malen per seizoen worden er wadwandelingen gehouden. Daarnaast zijn er sportvissers die met hun bootjes in de geulen liggen te vissen en op deze wijze in zekere zin al vooruit grijpen op de toekomstige mogelijkheden van dit gebied. Hetzelfde doen de zeilers die met een zeewaardig schip hun weg via de Lauwerszee te kiezen.

Binnen een straal van 50 km rond de Lauwerszee wonen thans ruim 600 000 mensen. Voor de recreatie van deze bevolking in de eerste plaats, biedt de Lauwerszee als enig groot recreatiegebied in de omgeving grote mogelijkheden. Maar als men de grote aantrekkingskracht van de Waddeneilanden op een veel wijdere omgeving, waaronder West-Duitsland, in aanmerking neemt, kan men zich enig idee vormen van de ruimere betekenis die de Lauwerszee als recreatiegebied kan krijgen.
Op een vijftal plaatsen aan het ongeveer 2 000 ha grote meer met zijn grillig gevormde oevers kunnen jachthavens worden ingericht. De bouwput voor de caissons vlak bij de sluizen in de afsluitdijk gelegen kan als jachthaven worden ingericht, met name voor zeegaande jachten; bij Oostmahorn kan de werkhaven in het Bootsgat als jachthaven worden ingericht; bij Ezumazijl verbindt een vrij smalle geul een geschikte plaats voor een jachthaven met de Lauwerszeeboezem; bij Dokkumer Nieuwe Zijlen kan een jachthaven worden aangelegd aan de zuidelijke oever van het Dokkumerdiep; bij Zoutkamp tenslotte kan een jachthaven geprojecteerd worden ten zuiden van de Panserpolder.
Verder kunnen op een aantal plaatsen langs de oever van het meer ligplaatsen voor plezierjachten worden gemaakt. Eén is er al aanwezig, namelijk de haven aan de Hoek van de Bant.
Enkele plaatsen lenen zich in het bijzonder voor oeverrecreatie. Met name ten oosten van Ezumazijl, ten oosten van het Dokkumerdiep, bij de Blikplaat, ten noorden van het Oude Robbengat en rond het Nieuwe Robbengat vindt men geschikte plaatsen voor de verblijfsrecreatie en de dagrecreatie. Er zullen speelweiden, voet- en rijwielpaden, ligplaatsen of parkeerplaatsen kunnen worden aangelegd.

Het inrichtingsplan voor de afgesloten Lauwerszee, met de recratievoorzieningen





Het is juist door de mogelijkheid van oeverrecreatie, al is er dan geen zeestrand, dat de afgesloten Lauwerszee voor grote groepen bezoekers van veel betekenis zal worden. Dat zal des te meer het geval zijn zodra het gebied goed is ontsloten.
De sportvisserij zal in de afgesloten Lauwerszee goede mogelijkheden vinden. Voor de ontwikkeling van de visstand is het zoutgehalte van het water van fundamenteel belang, omdat dat de aard en de samenstelling van flora en de lagere fauna en dus van de visstand grotendeels beheerst. Nagenoeg geheel zoet óf puur zeewater verdient de voorkeur. Brak water en vooral water met een sterk schommelend zoutgehalte scheppen voor de vissen minder gunstige omstandigheden. Voor de toekomstige Lauwerszee verwacht men een snelle maar niet volledige verzoeting. Het is mogelijk dat reeds in 1969 via de instromende wateren, het Reitdiep, de Lauwers, het Hunsingokanaal, het Dokkumer Grootdiep en de Zuider Ee, immigratie van zoetwaterflora en -fauna plaats zal vinden. Men verwacht dat in dit milieu onder gunstige omstandigheden spoedig zeer grote aantallen jonge vis aanwezig zullen zijn.
Een goede visstand alleen zal echter niet voldoende zijn om sportvisserij aan te trekken. De bereikbaarheid van het water en de mogelijkheid om het met een hengel te bevissen zijn eveneens van belang. Op een aantal plaatsen zal het niet mogelijk zijn om vanaf de oever te vissen tengevolge van te flauwe onderwatertaluds. Voor het vissen met een vaste hengel is namelijk een waterdiepte van 1½ à 2 m noodzakelijk op 5 à 6 m uit de kant.
Het is misschien mogelijk om tot uitbreiding van de geschikte oevergedeelten over te gaan, bij voorkeur langs de zuid-westelijke, westelijke of zuidelijke oevers, in verband met de overwegend heersende windrichtingen en de golfslag die op deze ruimere wateren spoedig aan de lage wal ontstaat. Naast het vissen vanaf de wal zal ook de visserij vauit een bootje wel grote opgang maken.

Aan de natuurminnaar zal het toekomstige Lauwerszeegebied veel aantrekkelijks te bieden hebben. Een groot deel van de afgesloten Lauwerszee zal uit natuurgebieden bestaan. Van de niet-omkade gedeelten van de natuurgebieden zullen tengevolge van de wisselende waterstanden in de Lauwerszee vooral in de winter grote delen nu eens droog liggen, dan weer onder water staan. De oppervlakten blijvend water zullen op vele plaatsen worden begrensd door een begroeiing van riet, biezen en zeggen. Op de hoger ge-

legen gronden kan in de loop der jaren een struweel van wilgen en bramen tot ontwikkeling komen. Plaatselijk kunnen zelfs duintjes opstuiven met daarop een tijdelijke duinbegroeiing. Tussen de uitersten van lage, natte gronden en hoger gelegen blijvend droogvallende terreinen zullen zich natuurlijke graslanden ontwikkelen die, wanneer de mens zich van ieder ingrijpen onthoudt, op den duur zullen overgaan in moerasbos. Een dergelijk gevarieerd landschap leent zich bij uitstek voor het vestigen van een blijvende en rijke fauna. Het terrein zal voor de vogelwereld een ideale broed- en pleisterplaats vormen.

Zal het niet-omkade gedeelte goeddeels aan de natuur worden overgelaten, voor de omkade gronden is een landschapsplan in ontwikkeling, dat voorziet in de aanleg van een aantal grotere bossen rondom de binnenkaadse kreken nabij de haven aan het Oort en in de omgeving van de recreatieve voorzieningen. De tussen deze bossen resterende open ruimten zullen stuifvrij moeten worden gemaakt. Zij kunnen bijvoorbeeld bestaan uit wild grasland, afgewisseld met laag blijvende bosschages. Ook bij de inrichting van die omkade terreinen wordt gestreefd naar de vorming van een landschappelijk fraai gebied.

Om de grote mogelijkheden van het nieuwe gebied tot volle ontplooiing te brengen hebben de provincies Friesland en Groningen in nauwe samenwerking met de vier Lauwerszeegemeenten een plan opgezet voor een recreatieschap voor het Lauwerszeegebied. Het schap zou hoofdzakelijk tot taak hebben de gezamenlijke inrichting en het gezamenlijk beheer van recreatieve objecten in de Lauwerszee, zoals jachthavens, kampeerterreinen, zomerhuisjes en dergelijke. Daarnaast zou het de belangen van de recreatie in meer uitgebreide zin in het Lauwerszeegebied moeten behartigen. Ook wordt wel gedacht aan een openbaar lichaam voor het beheren van het gehele Lauwerszeegebied.

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput; uitbreiding van de stortebedden en aanleg van de toeleidingsgeulen tot de uitwateringssluizen

In de verslagperiode kwam het profileren van de grondslag voor het stortebed gereed, zodat de bezinking en de bestorting konden worden voltooid en de tetraeders worden geplaatst. Met drie baggermolens werden daarop de restanten van de ringdijk en de havendam weggebaggerd. De specie werd op het Haringvliet geklapt.
Van de toeleidingsgeulen kwam die aan de rivierzijde het eerst gereed. Met twee baggermolens en een cutterzuiger werd toen verder gegaan met het op diepte brengen van de toeleidingsgeul aan de zeezijde. Het gebaggerde zand werd door een perszuiger in een depot ten zuiden van de buitenhaven geperst. De cutterspecie werd in de duinaansluiting gespoten. Eind augustus was dit werk zover gevorderd dat met baggeren en persen kon worden gestopt. Begin september kwam het stort in de duinaansluiting vol. Het resterende zand werd in het eerder genoemde depot geperst. Eind september waren ook de toeleidingsgeul en het stortebed aan de zeezijde gereed, zodat op 30 september kon worden begonnen met het openen van de uitwateringssluizen.
Uit de toeleidingsgeul werd 741 000 m^3 zand gecutterd, 60 000 m^3 zand gebaggerd en geklapt en 287 000 m^3 gebaggerd en geperst. Uit de ringdijk werd 684 000 m^3 zand gebaggerd en geklapt. In de stortebedden werd 20 000 m^2 zinkstuk, 16 000 ton grind 2–5 mm en 30 000 ton grof grind verwerkt. Op de zinkstukken werd 37 000 ton stortsteen en 1 400 ton loodslakken gestort.

Diepteverdichting en heien van zandpalen

Achter het zuidelijk landhoofd van de uitwateringssluizen werd door middel van diepteverdichting een grondverbetering aangebracht. Tevens zijn zandpalen gemaakt in het grondlichaam van de dijk door het voormalig Zuiderdiep, waarop later de oprit voor de zuidelijke aansluiting op de dam door het Haringvliet wordt aangebracht.
In totaal zijn 967 punten verdicht met een gezamenlijke lengte van 12 750 m en 643 zandpalen gemaakt met een totale lengte van 15 100 m.

Geleidewerken en deurenbergplaats bij de schutsluis

Alle werkzaamheden, waaronder de betonfundering voor de railbaan en de deurenbergplaats en de geleidewerken met drijframen, waren op 31 augustus voltooid.
In oktober zal door de N.V. Staalbouw te Weert een aanvang worden gemaakt met de bouw van de deurenbergplaats.

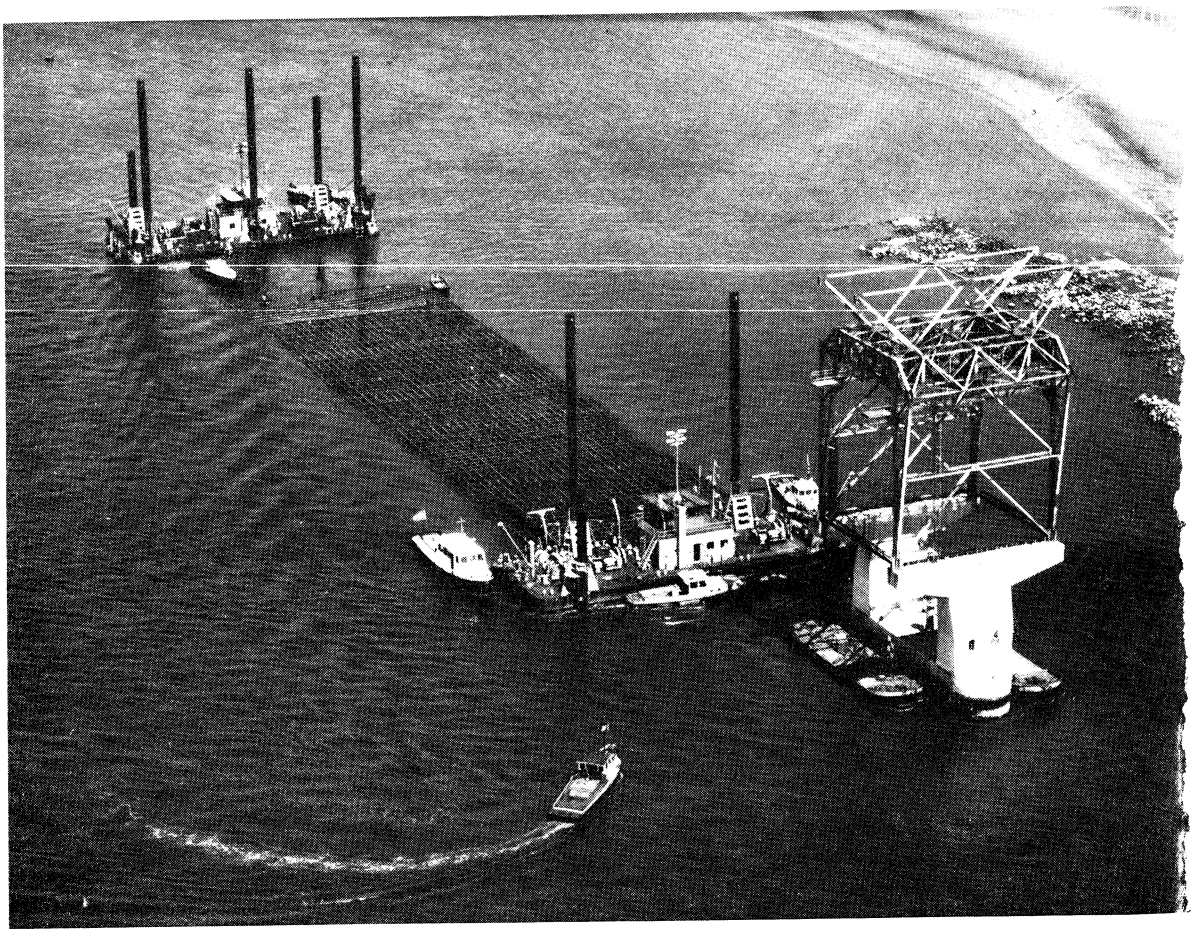
Rak van Scheelhoek

Eind september kwam het werk gereed aan de bezinking en het opklappen en afdekken van de filterconstructie voor de drempelopbouw.
Verwerkt werd in deze periode: 72 000 m² zinkstuk, 10 000 ton zinksteen en 39 000 ton stortsteen 60/300 kg. In de filters werd verwerkt 37 000 ton fijn grind, 52 000 ton grof grind en 28 500 ton lichte stortsteen.

Fundering van de kabelbaan

Het betonwerk voor de fundering van de contragewichten werd voltooid. Ook de contragewichten zijn gemaakt, zodat het werk op 31 augustus voor de eerste maal voltooid kon worden opgeleverd.

Zinkwerk in het Rak van Scheelhoek



Volkerak

Caissonbouw

De dertien doorlaatcaissons en de twee landhoofdcaissons met behulp waarvan het Volkerak zal worden afgesloten zijn inmiddels geheel gereed gekomen. De caissons zijn na de inundatie van de bouwput aan een aantal proeven onderworpen. De proeven met de landhoofdcaissons leverden geen bijzonderheden op.

Aan de waterdichtheid van de doorlaatcaissons, die aan beide lange zijden zijn afgedicht met houten drijfschotten, werd de eis gesteld dat de lekkage per caisson in drijvende toestand niet meer mocht bedragen dan 10 m³ per uur. Daar het hout van de schotten tijdens de bouw van de caissons sterk was uitgedroogd, werd besloten de schotten in de geïnundeerde bouwput eerst de gelegenheid te geven dicht te zwellen, alvorens de waterdichtheidsproef te nemen. Na de bouwvakvakantie zijn de schotten aan de buitenzijde afgestrooid met een mengsel van koolas en azobé-zaagsel, terwijl grote spleten aan de binnenzijde werden gebreeuwd met henneptouw. Pas daarna werden de caissons in drijvende toestand gebracht; toen bleek gedurende een proefperiode van 12 uur dat de lekkage van een drijvende caisson niet meer bedroeg dan 2 tot 5 m³ per uur, hetgeen dus zeker aanvaardbaar was.

Tevens werd een aantal afzinkproeven genomen om na te gaan hoe de caissons zich gedragen onder verschillende minder gunstige omstandigheden. Het is bijvoorbeeld denkbaar dat op het kritieke ogenblik een afsluiter niet open wil, of dat de caisson slagzij maakt. Tijdens de afzinkproeven door het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation werd daarom met verscheidene afsluiters gemanipuleerd, terwijl in enkele gevallen aan een caisson met behulp van gewichten een dwarshelling van 1 : 30 of 1 : 15 werd gegeven. Ook werd geprobeerd of de schuiven der caissons onder ongunstige omstandigheden, zoals slagzij van de caissons of waterstandsverschil aan weerszijden van de caissons, nog goed lopen. Alle proeven leidden tot een volledig bevredigend resultaat.

Op 2 september zijn de caissons voor de eerste maal opgeleverd en goedgekeurd. De tweede oplevering zal plaats hebben op 1 november.

Het damvak over de Plaat van Maltha en de stortsteendrempel in het sluitgat

De zandbelopen van het gereedgekomen damvak, de aardebaan en de werkterreinen bij het oostelijk landhoofd en aan de zuidoostelijke zijde van het damvak zijn nagenoeg geheel afgewerkt. De belopen zijn praktisch helemaal met mijnsteen en grind bekleed, terwijl op de bovenbelopen bijna alle vlijsteen en klei is aangebracht. De bestrating van de op het damvak aan te leggen weg vordert goed, zodat spoedig zal kunnen worden begonnen met de bestrating van het werkterrein bij het oostelijk landhoofd.

Het baggerwerk voor de toegangsgeul naar het binnen het damvak gelegen bassin is voltooid.

Na de bouwvakvakantie is men begonnen de zinkstukken aan weerszijden van het sluitgat met zware stortsteen na te bestorten. Daarbij werden twee steenstorters gebruikt, die 's avonds nog een extra keer werden beladen, zodat men door 's morgens meteen geladen uit te varen een hoge weekproduktie kon halen. De opbouw van de drempelconstructie is nagenoeg voltooid. De bovenzijde werd zoveel mogelijk afgewerkt met behulp van het zinkgewicht van een zinkponton. Dit 15 ton zware gewicht, dat oorspronkelijk is ontworpen om de kop van een zinkstuk mee op de bodem te drukken, werd voor dit doel ondersteboven over de stortsteen 80/300 kg geschoven en werkte hier dus als een soort bulldozerblad. Te hoge opstortingen werden met een drijvende grijperkraan verwijderd.

De doorlaatcaissons voor de afsluiting van het Volkerak in het geïnundeerde bouwdok. Op de achtergrond het toekomstig sluitgat en de Haringvlietbrug



Bij het loden van de drempelhoogte is voor het eerst gebruik gemaakt van een speciaal voor dit soort werkzaamheden uitgerust meetschip van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst. Over enige tijd zal dit vaartuig, waarover binnenkort uitgebreider wordt bericht, ook worden ingeschakeld bij de werken te Hellevoetsluis en in het Brouwershavensche Gat.
Nog dit jaar zal het werk voor de eerste maal kunnen worden opgeleverd.

Brouwershavensche Gat

Bodembescherming in de Zuidelijke Stroomgeul

Voortgegaan werd met het storten van fijn grind in de middenstrook van het bezinkingsveld en het afdekken daarvan met klassieke, geheel uit rijshout samengestelde zinkstukken. De randen van het bezinkingsveld zijn geheel afgezonken, deels met 'klassieke' stukken, deels met zogenaamde 'zoolstukken', dat zijn zinkstukken waarin een glad, zanddicht kunststofweefsel is verwerkt.
Na gedurende een bepaalde periode te hebben proefgedraaid is het nieuw gebouwde asfaltschip 'Jan Heymans' begonnen met het aanbrengen van de asfaltbodembescherming tussen de middenstrook en de randen van het bezinkingsveld.

Werk- en opslagterrein bij West-Repart

In april 1968 werd begonnen met de aanleg van een werk- en opslagterrein achter de duinreep bij West-Repart op Schouwen.
De ter plaatse aanwezige bovengrond, bestaande uit klei, werd ontgraven en opgeslagen in depots die tevens als perskaden fungeerden. Twee woningen en enige opstallen, alsmede een gedeelte van de weg langs de binnenduinvoet tussen Renesse en Scharendijke, werden af- en opgebroken.
Waar in de toekomst de funderingen voor de kabelbaan moeten worden gemaakt, werden zandpalen aangebracht, reikend tot N.A.P. – 16 m. Om de perskaden stabiel te maken werden daar ter plaatse ook zandpalen aangebracht, en wel van 6 m lengte. Telefoon- en elektriciteitskabels en een drinkwatertransportleiding werden buiten het werk omgelegd.
Het voor de ophoging benodigde zand wordt in het Brouwershavensche Gat gewonnen en via een lange persleiding in het werk gespoten. Daar het perswater zout is, mocht het niet in de polder worden geloosd, doch moest het met behulp van een tijdelijk pompstation over de duinreep heen in de vlettenhaven West-Repart worden gepompt.
Wekelijks wordt ±15 000 m³ zand geperst. Begin augustus was de aanleg van het zanddepot voltooid en kon begonnen worden met het profileren en het stuifvrij maken van het terrein door het met 5 cm teelaarde af te dekken. Verwacht wordt dat het zandpersen in de loop van oktober kan worden beëindigd. Om zandverstuiving tijdens de uitvoering van het werk tegen te gaan, werden rijsschermen geplaatst.

Bouw van doorlaatcaissons

Op 29 maart 1968 vond de onderhandse aanbesteding plaats van 'het maken van 12 doorlaatcaissons, 2 landhoofdcaissons en het verrichten van droge en natte aanvullende grondwerken'. Het werk werd opgedragen aan de laagste inschrijver, de Combinatie Caissonbouw Brouwershavensche Gat te 's-Gravenhage, voor de somma van f 15 640 000,–.
Begin april werd een begin gemaakt met de voorbereidende werkzaamheden. Nadat de bronnen voor de bronbemaling

waren aangebracht, kon de bouwput worden leeggepompt en kon worden begonnen met het ontgraven van de put en het onder profiel brengen van de belopen. Onderwijl werd begonnen met het inrichten van het werkterrein en de aanleg van werkwegen en kraanbanen; deze werkzaamheden zijn nagenoeg voltooid. Inmiddels werd begonnen met het maken van de drainagebedden waarop de caissons zullen worden gebouwd. Met de aanvoer van wapenings- en constructiestaal is een begin gemaakt terwijl er betonmolens zijn opgesteld en materiaalopslagplaatsen in gereedheid zijn gebracht.

Oosterschelde

Werkhaven Schelphoek

Op 6 september werd de werkhaven voor de tweede maal opgeleverd.

Het aanvoeren en lossen van stortsteen in de werkhaven Schelphoek

De aanvoer van stortsteen en het lossen en opslaan ervan in depots hebben een normaal verloop. In deze verslagperiode werd 62 000 ton stortsteen opgeslagen. Van 8 januari 1968 af is thans in totaal 212 000 ton stortsteen naar de werkhaven aangevoerd.

De oeververdediging van Noord-Beveland

Met behulp van onderlossers werd grof grind gestort langs de Noord-Bevelandse oever. Op 10 augustus was de in het bestek genoemde hoeveelheid van 202 000 ton gestort. Het reeds in 1967 gevormde onderwaterdepot van 100 000 ton grof grind werd geheel verwerkt.
Tijdens een hevige, korte storm op 21 juli werd de afmeer- en afvierponton die bij het stortwerk werd gebruikt, van zijn ankers geslagen en op de dijk van de Noord-Bevelandse polder gezet. Persoonlijke ongelukken deden zich hierbij niet voor en de schade was snel hersteld, zodat het storten van grof grind na enige dagen weer kon worden hervat. Op 27 september kwam men gereed met de aanstorting van de steile taludgedeelten met zeegrind. In totaal werd 165 000 ton zeegrind door sleepzuigers aangevoerd en gestort.

Werkhaven 'Sophia'

Met de aanleg van de 700 m lange noordelijke havendam werd goede voortgang gemaakt: de bekleding van het buitentalud met betonblokken van 50 x 50 x 20 cm kwam tot een hoogte van N.A.P. + 6 m gereed. Meer dan de helft van de 1 000 000 m³ te ontgraven zand werd door cutterzuigers in de haventerreinen rondom de haven geperst.
In totaal werd via de haven van Kamperland 70 000 ton mijnsteen naar het werk getransporteerd. Met het heiwerk van een stalen damwand voor twee loswallen werd een aanvang gemaakt.

De inrichting van de haven te Burghsluis

Dit werk bestaat uit het verdiepen van de haven, het maken van een aanleg- en afmeergelegenheid voor vletten en het ophogen van een naastliggend terrein. Op 10 september vond de aanbesteding plaats. Inmiddels is het werk gegund aan de laagste inschrijver, het Aannemingsbedrijf 'Schouwen-Duiveland' te Zierikzee voor een bedrag van f 275 800,–.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Het dijkvak op de Zuidwal is thans nagenoeg voltooid. De weg op het dijkvak is gereed, zodat het werk-'eiland' thans over de weg vanaf Groningen bereikbaar is. Er wordt nog gewerkt aan het aanbrengen van de kleibekleding.

Het dijkgedeelte op de losplaats aan het Vierhuizergat, dat nog niet op hoogte was, zal in de komende maanden eveneens worden voltooid.

Het geulenstelsel dat door de aanleg van het dijkvak grote veranderingen heeft ondergaan, begint zich thans te stabiliseren; alleen bij de uitmonding van het Nieuwe Robbengat in het Vaarwater naar Oostmahorn treden in de onmiddellijke omgeving van het sluitgat nog belangrijke zandafzettingen op. Omdat het Nieuwe Robbengat in het voorjaar van 1969 gebruikt zal worden als vaarweg voor de caissons wordt de ontwikkeling hier nauwlettend gevolgd; misschien zal er ingegrepen moeten worden om een voldoende ruime vaargeul te behouden.

Aan het stortebed van de uitwateringssluizen wordt verder gewerkt. Men gebruikt hier de reeds eerder in deze berichten beschreven zogenaamde dunne zinkstukken, een zool van zanddicht nylonweefsel met een dunne laag riet en rijshout en een enkel roosterwerk. Om dit omvangrijke zinkwerk op tijd te voltooien wordt ook in de nachturen doorgewerkt.

Ook de noordelijke bouwputdijk voor de schutsluis is thans bijna verwijderd, zodat binnenkort scheepvaart door de sluis kan worden toegelaten.

De lagere delen van de schutsluis, die ontworpen zijn op de boezemstanden van de afgesloten Lauwerszee, worden voorzien van een tijdelijke bescherming tegen de hoge waterstanden die in de komende winter bij de nog niet afgesloten Lauwerszee kunnen optreden. Twee eenheidscaissons konden juist voor het afsluiten van de verslagperiode in drijvende toestand worden gebracht. De diepgang kwam nauwkeurig overeen met de vooraf berekende.

Het centraal dienstgebouw kon voor de eerste maal worden opgeleverd. In het sluitgat wordt verder gewerkt aan het aanbrengen van de laatste laag zware basalt, waarop de caissons zullen rusten. Enige vakken zijn reeds nagenoeg op de voorgeschreven hoogte gekomen; voor het verkrijgen van een zo vlak mogelijke drempel zal de gehele constructie met een zware balk, die is opgehangen aan een ponton, vlak worden geschoven.

Voor het wegdek Anjum-Banthuis zijn de grondwerken thans gereed. Op enige aansluitende wegen werd, na het aanpassen van de aardenbaan, een nieuwe verharding aangebracht.

De ophaalbrug over de sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen is geplaatst. Gewerkt wordt aan het aanbrengen van het brugdek. De geleide- en remmingwerken zijn voltooid. Het werk aan de aansluitende wegen wordt voortgezet.

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 1023	5 januari 1968	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 1024	4 januari 1968	idem
DED 1025	1 maart 1968	Het lossen en opscheiven van rijsmaterialen in de omgeving van den Osse
DED 1028	17 april 1968	Levering van koperslakblokken ten behoeve van de werkhaven Sophia onder de gemeente Wissekerke (Noord-Beveland)
DED 1030	11 april 1968	Het vervaardigen en leveren van fenders ten behoeve van 2 pijlers in het Brouwershavensche Gat en 3 pijlers in het Haringvliet
DED 1031	30 januari 1968	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 1032	1 februari 1968	idem
DED 1033	16 februari 1968	idem
DED 1034	30 januari 1968	idem
DED 1035	24 januari 1968	idem
DED 1036	22 april 1968	Het leveren van fijn grind ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 1037	19 februari 1968	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1038	20 februari 1968	idem
DED 1039	19 februari 1968	idem
DED 1040	20 februari 1968	idem
DED 1041	4 maart 1968	idem
DED 1042	21 februari 1968	idem
DED 1043	19 februari 1968	idem
DED 1044	26 februari 1968	idem
DED 1045	22 februari 1968	idem
DED 1046	29 februari 1968	idem
DED 1047	29 april 1968	Het vervaardigen en leveren van polypropeenmatten ten behoeve van bezinkingen in het Haringvliet
DED 1049	25 april 1968	Het vervaardigen en leveren van elektronische richtapparatuur
DED 1051	27 mei 1968	Het vervaardigen en leveren van twee verhaalinrichtingen
DED 1052	29 februari 1968	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1053	18 maart 1968	idem
DED 1054	2 mei 1968	Het aanbrengen van een beplanting op de damvakken in het Brouwershavensche Gat onder de gemeente Goedereede
DED 1056	5 maart 1968	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 1058	27 mei 1968	Het leveren van basaltsteen ten behoeve van de Volkerakwerken
DED 1065	28 maart 1968	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1066	29 maart 1968	idem
DED 1082	6 juni 1968	idem
DED 1083	7 juni 1968	idem
DED 1087	4 juni 1968	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 1088	5 juni 1968	idem

Deltawerken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer(s)
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Gebr. van Esch te Schijndel
eenheidsprijzen	Aannemers Cob. Zinkwerken te Gorinchem
eenheidsprijzen	'Mavotrans' N.V. te 's-Gravenhage
f 112 800,—	Constructiebedrijf M. J. Stekelenburg te Middelharnis
eenheidsprijzen	Fa. Gebr. Dubbelman te Lage Zwaluwe
eenheidsprijzen	N.V. J. de Jong Bzn. te Sliedrecht
eenheidsprijzen	P. de Koning te Papendrecht
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. Utroma te Arnhem
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruyter c.v. te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. Gebr. Hakkers te Werkendam
eenheidsprijzen	Fa. Jan Visser Azn. te Werkendam
eenheidsprijzen	Fa. Adr. Volker Lzn. te Rotterdam
eenheidsprijzen	Fa. P. de Koning te Papendrecht
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
eenheidsprijzen	Fa. T. den Otter & Zoon te Meerkerk
eenheidsprijzen	Comb. E. H. van Hoff/K. van Riet te Woerden
eenheidsprijzen	Fa. Kraaijveld's Aannemings- en Handelsonderneming te Barendrecht
eenheidsprijzen	N.V. Zakkencentrale te Schiedam
f 32 878,—	Van Rietschoten & Houwens N.V. te Rotterdam
f 35 933,77	N.V. Arie Rijsdijk-Boss en Zn te Hendrik Ido Ambacht
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
f 16 800,—	J. C. Braber te Renesse
eenheidsprijzen	G. J. Versluis te Lexmond
eenheidsprijzen	N.V. Basalt Rotterdam te Rotterdam
eenheidsprijzen	G. J. Versluis te Lexmond
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	Fa. A. J. van Loon te Drimmelen (N.Br.)
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	G. J. Versluis te Lexmond

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

Nummer van het bestek	Dienstjaar	Omschrijving van het werk
DED 871a	1966-1967	Het bouwen van een bemalingsgebouw, met bijkomende werken, ten behoeve van de bemaling van de nieuwe bekading met achterliggende polders, lozende op de Zuiderdiepboezem in de gemeente Dirksland
DED 872	1966-1967	Het maken van een zanddepot op de schorgronden vóór de Spieringpolder, met bijkomende werken, onder de gemeente Wissenkerke
DED 873	1967	Het bouwen van een magazijn met 21 boxen in de gemeente Stellendam, gelegen op een terrein nabij de Vissershaven in het Haringvliet
DED 878	1967	Het maken van polderwegen, watergangen, duikers, een kade en bijkomende werken, nabij de Zuiderdiepboezem in de gemeenten Goedereede en Dirksland
DED 881	1967-1968	Het maken van een werkhaven met bijkomende werken in de Schelphoekkom onder de gemeente Westenschouwen
DED 883a	1967	Het inrichten van de werkhaven Kabbelaarsbank onder de gemeente Goedereede
DED 885	1967	Het leveren van betonblokken en banden voor de werkhaven in de Schelphoekkom.
DED 886	1967	Uitvoeren van baggerwerk in de werkhaven te Hellevoetsluis en Willemstad, in de haven van de bouwput voor de schutsluis in het Haringvliet, in de noordelijke voorhaven van de Volkeraksluizen en in de steenhaven te Willemstad
DED 891	1967-1968	Het maken van wegen, watergangen, duikers en bijkomende werken op en nabij de drooggevallen gronden gelegen vóór de Soelekerken — Spieringpolder in de gemeente Wissenkerke
DED 894	1967	Het leveren van betonartikelen ten behoeve van werken verband houdende met de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 993	dienst: 1968	Het maken van een weg met bijkomende werken op de Ruiterplaat, gelegen voor de Onrustpolder in de gemeente Wissekerke
DED 996	dienst: 1968	Het uitvoeren van baggerwerk in de werkhaven te Hellevoetsluis en in de binnenhaven voor de schutsluis in het Haringvliet, in het jaar 1968
DED 1003	dienst: 1968—1969	Het maken van een werkhaven met bijkomende werken in de voormalige Sophia-polder onder de gemeente Wissekerke
DED 1008	dienst: 1968—1969	Het aanbrengen van een grindbestorting langs de noordelijke oever van Noord-Beveland
DED 1029	dienst: 1968	Het leveren van betonartikelen ten behoeve van de aanleg van de werkhaven in de voormalige Sophia-polder onder de gemeente Wissekerke
BR 4232	6 december 1967	Het vervaardigen en leveren van gietijzeren afsluiters, handwielen, bocht- en pijpstukken c.a. voor de doorlaatcaissons van het Volkerak
BR 4233	6 december 1967	Vervaardigen en leveren van nodulair gietijzeren haken en leiwielen voor de doorlaatcaissons in het Volkerak
BR 4234	6 december 1967	Vervaardigen en leveren van rubberstrippen voor de doorlaatcaissons van het Volkerak
BR 4235	6 december 1967	Vervaardigen en leveren van vergrendeling drijfschotten en aandrijving afsluiters c.a. voor de doorlaatcaissons van het Volkerak
BR 4236	6 december 1967	Vervaardigen en leveren van bordessen en rij-overgangen c.a., voor de doorlaatcaissons van het Volkerak
BR 4249	30 oktober 1967	Vervaardigen en leveren van kogelgewrichtlagers
BR 4267	7 november 1967	Het leveren en creosoteren van ca. 2100 m^3 vuren balken voor de doorlaatcaissons van het Volkerak
BR 4302	3 januari 1968	Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig monteren van de beseining c.a. van de voorhavens van het sluizencomplex in het Volkerak
BR 4303	3 januari 1968	Vervaardigen en leveren van 86 lichtmasten en 1 seinmast ten behoeve van de weg- en wachtplaatsverlichting van de sluizen in het Volkerak
BR 4315	6 december 1967	Vervaardigen en leveren van staaldraadkabels c.a. voor de doorlaatcaissons van het Volkerak

kers en Zn. te Middelharnis

Goes

weyer & Zn. te Oude Tonge

C. en Th. Wijnands te Werkendam

bedrijf Oosterwijk N.V. te Rotterdam

traaten Jrs. Aannemersbedrijf N.V. te Hansweert

N.V. te Krimpen a/d IJssel

maatschappij van Noordenne te Sliedrecht

mingsmij. 'Flakkee' te Middelharnis

.briek Haringman te Goes

ıings- en Wegenbouwbedrijf P. H. Offringa te Vught (N.Br.)

ıij. v. Noordenne te Sliedrecht

Nederland N.V. te 's-Gravenhage

edrijf Oosterwijk N.V. te Rotterdam

/. te Middelburg

br. en IJzergieterij 'Holland' te Bergen op Zoom

erij 'Vulcanus' N.V. te Vaassen

abr. Bakker & Zoon te Ridderkerk

drijven Vossen N.V. te Kerkrade

ıdsche Staalind. te Rotterdam

er Mij N.V. te Zeist

Zonen N.V. te Apeldoorn

en & Houwens' Electrotechnische Maatschappij N.V. te Rotterdam

ın der Linden N.V. te Oss

ılkabelfabriek N.V. te Gorinchem

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
BR 4316	6 december 1967	Vervaardigen en leveren van bewerkte g der doorlaatcaissons in het Volkerak
BR 4317	13 februari 1968	Het revideren, wijzigen en geheel bedrijfs mellieren voor de doorlaatcaissons van he
BR 4332	18 december 1967	Vervaardigen en leveren van een Nauto Volkeraksluizen
BR 4349	19 december 1967	Het uithakken, leveren en leggen van teg in de machinekamers van de segmentschu ringssluizen in het Haringvliet
BR 4373	26 april 1968	Vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig pressor- en leidinginstallatie c.a. voor d schuiven van de uitwateringssluizen in he
BR 4377	9 februari 1968	Vervaardigen en leveren van een ponton ting van de werkhaven Schelphoek
BR 4416	22 februari 1968	Vervaardigen en leveren van diverse verv
BR 4420 en BR 4421	17 april 1968	Vervaardigen en leveren van in te betonn wand en buitenwand en bijbehorende mal doorlaatcaissons van het Brouwershavens
BR 4499	10 mei 1968	Vervaardigen en leveren van in te betonn deurenbergplaats van de schutsluis in het

Aannemingssom	Aannemer(s)
f 103 306,—	Koninklijke Demka Staalfabrieken N.V. te Utrecht
f 91 750,—	H. E. Bodewes Lierenfabriek N.V. te Hoogezand
f 14 400,—	Handelsbureau Nautikaris te Rijswijk (Z.H.)
f 66 100,—	A. van der Hoek Jr. Aannemer te Oostvoorne
f 170 000,—	Boele's Scheepswerven en Machinefabriek N.V. te Bolnes
f 24 075,—	Boele's Scheepswerven & Machinefabriek N.V. te Bolnes
verrekende prijzen	N.V. Vernis- en Verffabriek v/h H. Vettewinkel & Zonen te Amsterdam
f 753 550,—	De Vries Robbé en Co. te Gorinchem
f 18 000,—	Lubbers' Constructiewerkplaats & Machinefabriek 'Hollandia' N.V. te Krimpen a/d IJssel

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Aero Camera	324
Bart Hofmeester	326
Pindringa	318
Rijks Oudheidkundig Bodemonderzoek	282
Rijkswaterstaat	314

Inhoud nr. 47

A. De werken van het Deltaplan

339 Keuze van het tracé voor de Oosterscheldedam

360 De aanleg van een werkeiland op de Roggenplaat in de Oosterschelde

364 Het plaatsen van doorlaatcaissons in het Volkerak met behulp van sleepboten

372 Afsluiting van het Noord-Pampus

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

377 De bodemgesteldheid van het Lauwerszeegebied

385 **Vorderingen**

A. De werken van het Deltaplan

Keuze van het tracé voor de Oosterscheldedam

Het tijdschema voor de verwerkelijking van het Deltaplan maakt het nodig met de eigenlijke afsluitingswerkzaamheden in de Oosterschelde in 1969 een begin te maken en de dam te voltooien in 1978. Vóór met de uitvoering kon worden begonnen moest een plan worden opgesteld, allereerst ten aanzien van het tracé van de dam. De Rijkswaterstaat heeft daartoe een nota voorbereid, waarin een aantal mogelijke tracés wordt genoemd en vergeleken, en één tracé met name aanbevolen. De tekst van deze nota wordt hieronder – met weglating van de paragrafenindeling – in extenso afgedrukt, terwijl op één punt een nadere opheldering is toegevoegd die door de Rijkswaterstaat op verzoek van de Raad van de Waterstaat werd verstrekt.

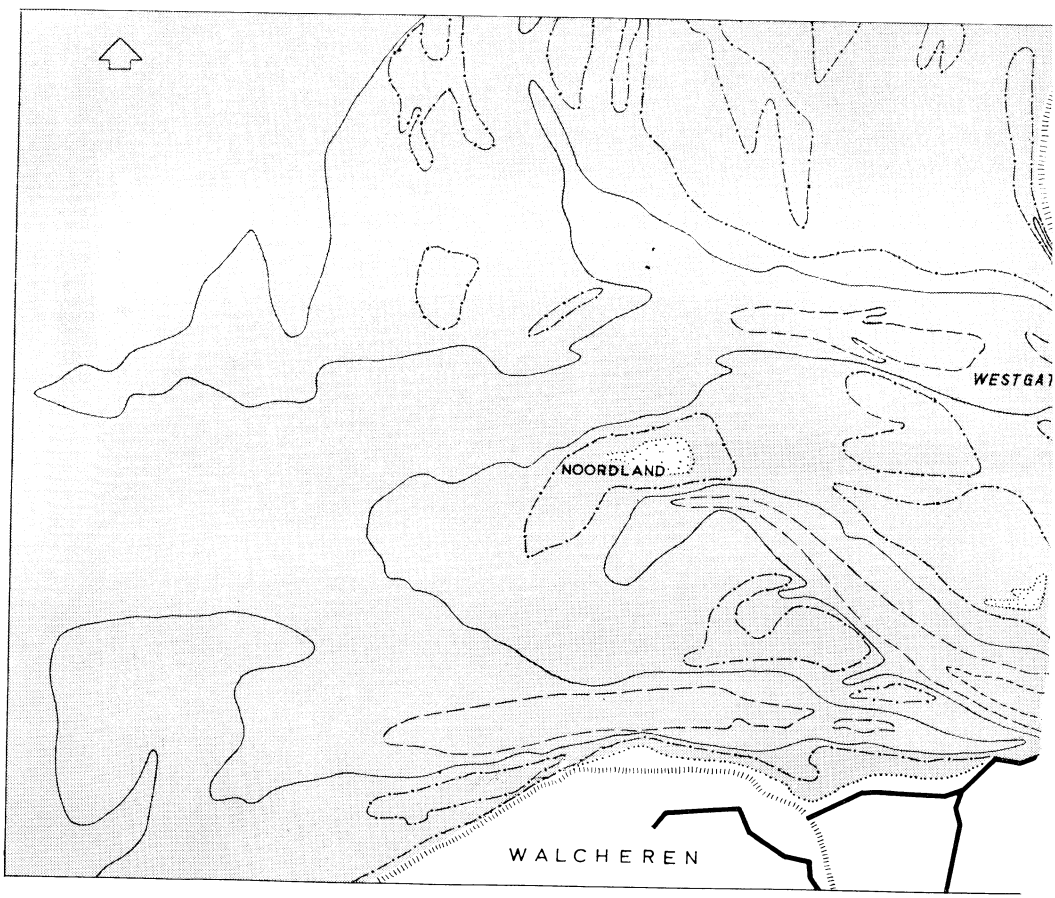
De afsluiting van de Oosterschelde zal het sluitstuk zijn van de Deltawerken en tevens de moeilijkste en meest riskante van alle afsluitingen die in de Deltawet zijn voorzien. Terecht is gesteld dat deze afsluiting als laatste verricht zou moeten worden om eerst zoveel mogelijk ervaringen op te doen bij de overige afsluitingswerken. Ervaringen zijn inderdaad opgedaan en nieuwe werkmethoden zijn ontwikkeld, alhoewel de grote afsluitingswerken in het Haringvliet, Volkerak en Brouwershavensche Gat nog voltooid moeten worden. Deze ervaringen hebben er echter niet toe geleid dat de afsluiting van de Oosterschelde zich thans minder zwaar doet aanzien dan bij de aanvang van de Deltawerken het geval was. Zowel van de ontwerpers als van de aannemers zullen maximale krachtsinspanningen worden geëist om dit werk, dat gemeten naar het getijvolume meer dan driemaal zo omvangrijk is als dat in het Brouwershavensche Gat, tot een goed einde te brengen.
Door het aannemen van de Deltawet is in beginsel gekozen voor de methode om door verkorting van de hoogwaterkeringen de beveiliging van het land tegen hoge stormvloed te vergroten. Deze keuze leidt ertoe er naar te streven dat de dam tussen Schouwen en Noord-Beveland een zover mogelijk naar zee opgeschoven tracé krijgt, doch zoals de memorie van toelichting op de wet reeds aangeeft is het mogelijk dat de uitvoering andere eisen stelt.
In deze nota zullen daarom in verband met elkaar worden bezien en voor zover nodig tegen elkaar worden afgewogen, het belang van een zo groot mogelijke verhoging van de toekomstige veiligheid door het zover mogelijk zeewaarts leggen van de afsluitdam en het belang van het zo klein mogelijk houden van de risico's van uitvoering zowel bij

het werk en de sluiting zelf als in verband met het gevaar van stabiliteitsverlies van de bestaande oevers nabij de aansluitpunten.
Het tracé dat op deze hoofdgronden wordt gekozen, zal aan het slot van deze nota worden bezien met betrekking tot andere belangen en aspecten, zoals waterhuishouding, kustontwikkeling, natuurbescherming, recreatie en verkeer, waarbij zal worden nagegaan of bepaalde ontwikkelingsmogelijkheden van het gebied door de keuze niet nodeloos worden afgesneden.

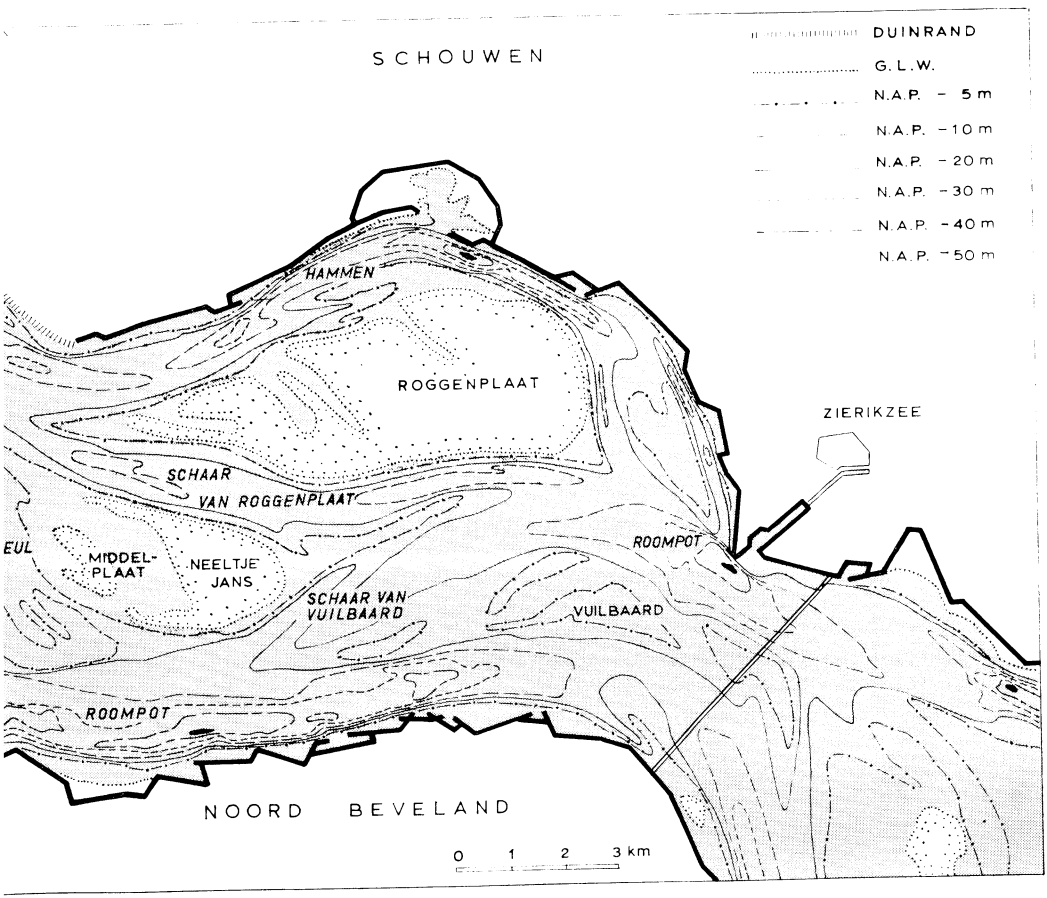
Uitvoerings- en veiligheidsaspecten

Bij de keuze van het tracé van de Oosterscheldedam dient een groot aantal factoren in overweging te worden genomen. Veel van deze factoren staan met elkaar in verband en een zorgvuldige afweging van belangen zal noodzakelijk zijn alvorens men het meest gewenste tracé kan vaststellen.

Fig. 1. Het mondingsgebied van de Oosterschelde



De omvang van een afsluitingswerk kan in grote lijn worden afgemeten naar het te blokkeren getijvolume en het optredende getijverschil. Voor de mond van de Oosterschelde bedraagt het gemiddelde vloedvolume, dat is de hoeveelheid water die bij elke vloed naar binnen trekt en die hier gelijk is aan de hoeveelheid water die bij elke eb weer naar zee stroomt, ongeveer 1100 miljoen m³ bij een gemiddeld tijverschil van 2,80 m. Ter vergelijking moge dienen, dat de overeenkomstige cijfers voor het Brouwershavensche Gat zijn 360 miljoen m³ en 2,30 m, en die voor het Veersche Gat waren 70 miljoen m³ en 2,90 m.
Door de zeer grote omvang van de afsluitingswerken in de Oosterschelde zal daarbij in nog stringenter mate dan bij de andere afsluitingswerken een zeer zorgvuldige planning van de opeenvolgende bouwstadia noodzakelijk zijn. In verband met deze fasering van het meerjarige dambouwproject is de bodemfiguratie van groot belang. De aanwezigheid van platen tussen de stroomgeulen maakt het mogelijk op de ondiepten vroegtijdig damvakken en steunpunten te bouwen zonder daarmee de stromingstoestand ingrijpend te wijzigen.



De Oosterschelde tussen Noord-Beveland en Schouwen bestaat over het westelijk gedeelte, dat gemiddeld 8 à 9 km breed is, uit een samenstel van geulen en platen, die voor een deel bij L.W. droogvallen. Verder naar het oosten versmalt het zeegat zich tot minimaal 4 km bij Zierikzee, en vervaagt de scheiding van de geulen zodat er nauwelijks meer plaatgebieden aan te wijzen zijn (zie fig. 1). In het westen, waar de koppen van de eilanden Noord-Beveland en Schouwen nog juist geleiding geven aan de hoofdgeulen Roompot en Westgat, bevindt zich in het midden van het zeegat het platengebied van Neeltje Jans-, Middelplaat en Noordland. Dit gebied wordt doorsneden door een secundaire geul, Geul genaamd, met een grootste diepte van ca. 10 m beneden N.A.P. In westelijke richting waaieren de hoofdgeulen uit in de zogenaamde onderwaterdelta van het kustgebied.
In oostelijke richting vertakt het Westgat zich bij het zuidelijke punt van de Kop van Schouwen in de Hammen en de Schaar van Roggenplaat. De laatste geul vormt de noordelijke begrenzing van de Neeltje Jansplaat, die in oostelijke richting geleidelijk in breedte afneemt. Tussen Hammen en Schaar van Roggenplaat neemt de Roggenplaat in oostelijke richting in breedte toe tot de Schaar van Roggenplaat zich bij de Roompot voegt. Ongeveer ten zuiden van de Neeltje Jansplaat takt langs de noordoever van Noord-Beveland een vloedschaar, Groot Vuilbaard genaamd, zich van de Roompot af. Meer naar het oosten bevindt zich een ebschaar, de Schaar van Vuilbaard. Het platengebied Vuilbaard ligt betrekkelijk diep (ca. N.A.P. – 5 m). Nabij Zierikzee voegen alle geulen zich bij elkaar en vormen Schaar van Vuilbaard, Hammen en Roompot tezamen een brede gecompliceerde geul zonder duidelijke scheiding.

De debietverdeling behorend bij dit geulensysteem is van belang voor het kiezen van de meest geschikte plaats voor de sluitgaten, die in de laatste fase snel moeten worden gedicht. In het westen nabij de eilandenkoppen zijn de maximale debieten van Roompot en Westgat van gelijke orde van grootte. Voor gemiddelde getij-omstandigheden bedraagt het maximale vloeddebiet in beide geulen ca. 50 000 m^3/sec. Het maximale debiet van de Roompot neemt echter in oostelijke richting relatief toe als gevolg van de bijdrage van de Geul en het over het platengebied van Middel- en Neeltje Jansplaat stromende water. Meer naar het oosten voegt de Schaar van Roggenplaat (maximaal vloeddebiet ca. 18 000 m^3/sec.) zich ook nog bij het zuidelijke geulensysteem. De Hammen met een maximaal vloeddebiet van ca. 23 000 m^3/sec. in de mond blijft noordelijk de oever van Schouwen volgen. De stroomconcentratie in het zuiden heeft er ondermeer toe geleid dat voor de kust van Noord-Beveland plaatselijk zeer grote diepten (tot ca. N.A.P. – 50 m nabij Vlietepolder) zijn ontstaan. De gehele Noordbevelandse oever is zeer steil; hellingen van 1 : 1 en 1 : 1,5 komen plaatselijk voor. Langs deze zwaar aangevallen oever komen regelmatig oevervallen voor. Na 1800 zijn ca. 120 oevervallen en afschuivingen geconstateerd. Op fig. 2 zijn schematisch het aantal en de plaats van deze oevervallen aangegeven. Het uitgevoerde grondmechanisch onderzoek heeft aangetoond dat plaatselijk losgepakte zandlagen aanwezig zijn, waarin zettingsvloeiingen kunnen optreden. Alle opgetreden stabiliteitsverliezen langs deze oever doen sterk denken aan het verschijnsel van zettingsvloeiing. Door een kleine evenwichtsverstoring (bijvoorbeeld een ontgronding) kan een stabiliteitsverlies worden ingeleid over een uitgestrekt gebied. Bij vele oever- en dijkvallen kwamen enorme hoeveelheden grond – tot ruim één miljoen m^3 – in beweging. De losgepakte zandlagen bevinden zich waarschijnlijk ter plaatse van oude getijgeulen, die later opgevuld werden met fijn zand. Deze holocene geulopvulling rust meestal op de afzetting van Halsteren, die behoort tot het oudere pleistoceen en bestaat uit vastgepakt fijn zand met leemlenzen. Deze zwaar aangevallen oever van Noord-Beveland, die grondmecha-

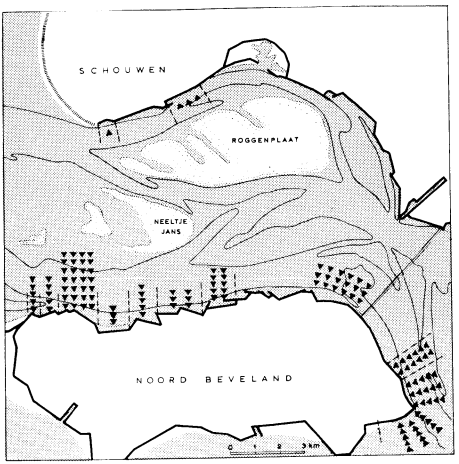
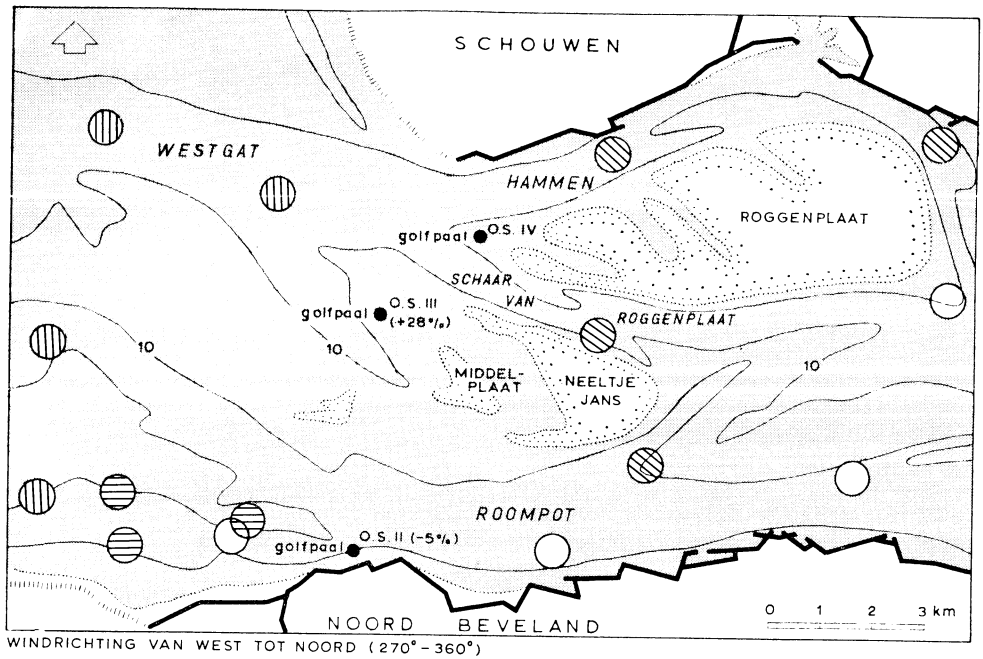


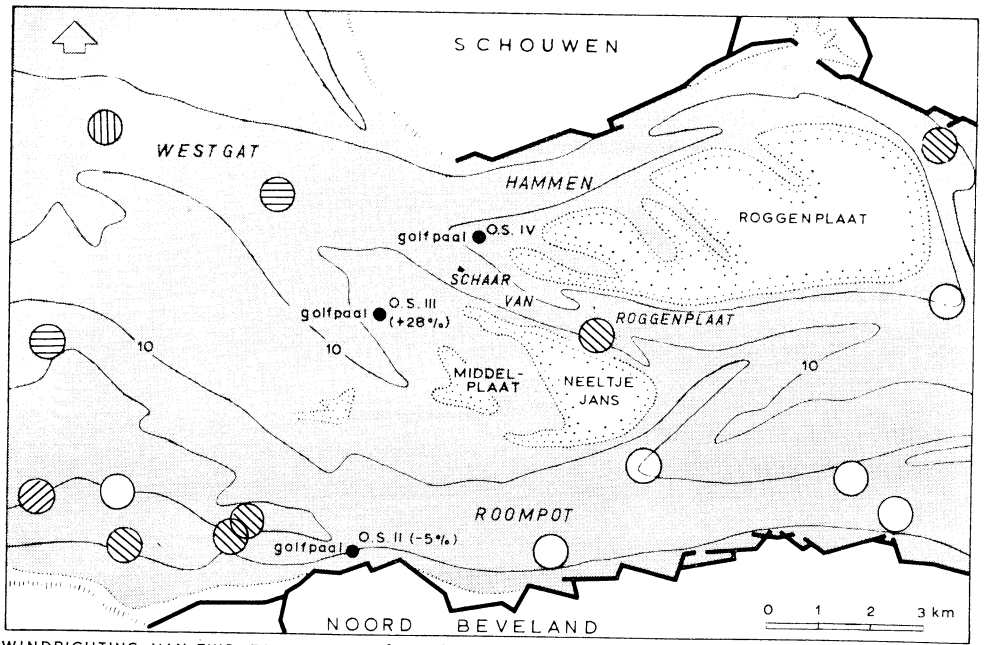
Fig. 2. Oever- en dijkvallen sinds 1800. Elk driehoekje stelt een dijk- of oeverval voor

nisch gezien weinig reserves bezit, zal in de komende jaren voor de sluiting nog zwaarder worden belast daar over het traject zeewaarts van het punt waar de Schaar van Vuilbaard de oever raakt, de stroomsnelheden met ca. 5 à 10 % zullen toenemen. Deze toeneming wordt veroorzaakt door de sluiting van het Volkerak en de daarmee gepaard gaande versterking van het getij in het Volkerakgebied. Met deze omstandigheden dient ernstig rekening te worden gehouden bij de keuze van het aansluitpunt van de Oosterscheldedam aan Noord-Beveland en bij de situering van het sluitgat in de Roompot. Iedere verdere versterking van de stroomaanval op deze oever dient zoveel mogelijk te worden vermeden. Hetzelfde geldt in mindere mate ook voor de aansluiting aan Schouwen. Het aantal oevervallen langs deze oever is weliswaar geringer (zie fig. 2), doch ook hier komen zeer steile hellingen voor, b.v. 1 : 2,5 à 1 : 3 bij Koudekerke. Bij de uitvoering van de werken in dit brede zeegat is naast de stromingstoestand ook de golfbeweging van groot belang, niet alleen voor het gemaakte werk zelf doch met name ook tijdens de uitvoering, wanneer veel stagnaties door golf en deining kunnen gaan optreden in een bepaald tracé. Uit een onderzoek naar de golfbeweging in het betrokken gebied – waarbij een drietal golfmeetpalen in het mondingsgebied als vaste referentie zijn gebruikt (zie fig. 3 en 4) – is gebleken dat voor de golfbeweging een onderscheid gemaakt kan worden tussen het zuidelijk gebied (de Roompot) en het noordelijk gebied (Westgat, Hammen, Schaar van Roggenplaat). In de Roompot langs de Noordbevelandse oever tot nabij Colijnsplaat blijkt de variatie in golfhoogte zeer gering te zijn; alleen naar buiten nabij Walcheren neemt de golfhoogte wat toe. Het zijn vrijwel dezelfde golfhoogten als ook in het Westgat voorkomen. Deze golfhoogten komen ook voor aan de westzijde van het platengebied van Middelplaat en Neeltje Jansplaat. Bij de splitsing van het Westgat in Hammen en Schaar van Roggenplaat zijn de golfhoogten weer vrijwel even hoog als in het naar binnen gelegen Roompotgebied. In de Hammen en oostelijk van de Neeltje Jansplaat neemt de golfbeweging verder af (zie fig. 3). De golfbeweging en de frequenties van optreden hiervan zijn voor het Roompotgebied bij Noord-Beveland en het oostelijk uiteinde van het Westgat vergelijkbaar met de toestand in het tracé van de dam door het Brouwershavensche Gat, waar blijkens de huidige ervaringen geen bijzondere moeilijkheden optreden.

Bij de keuze van het tracé spelen behalve de zwaartellende, hiervoor genoemde factoren, die alle betrekking hebben op de uitvoering en de uitvoeringsrisico's, nog andere facto-



WINDRICHTING VAN WEST TOT NOORD (270° - 360°)



WINDRICHTING VAN ZUID TOT WEST (180° -270°)

70-100% HOGER | 35-70% HOGER | 0-35% HOGER | ONGEV. DEZELFDE | 0-35% LAGER

Fig. 3. Golfhoogten ten opzichte van referentiepunt O.S.IV

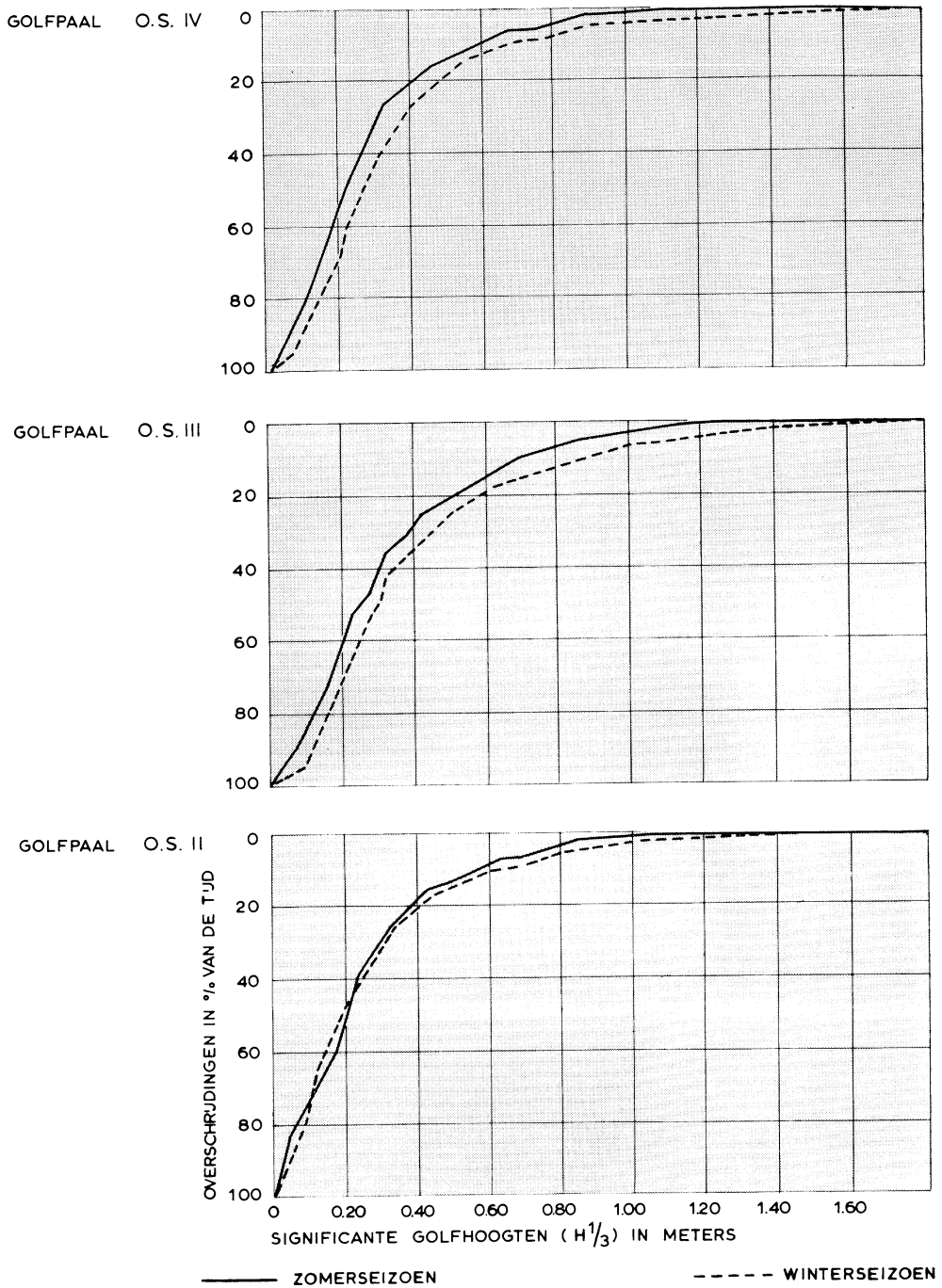


Fig. 4. Overschrijdingsfrequenties van significante golfhoogten

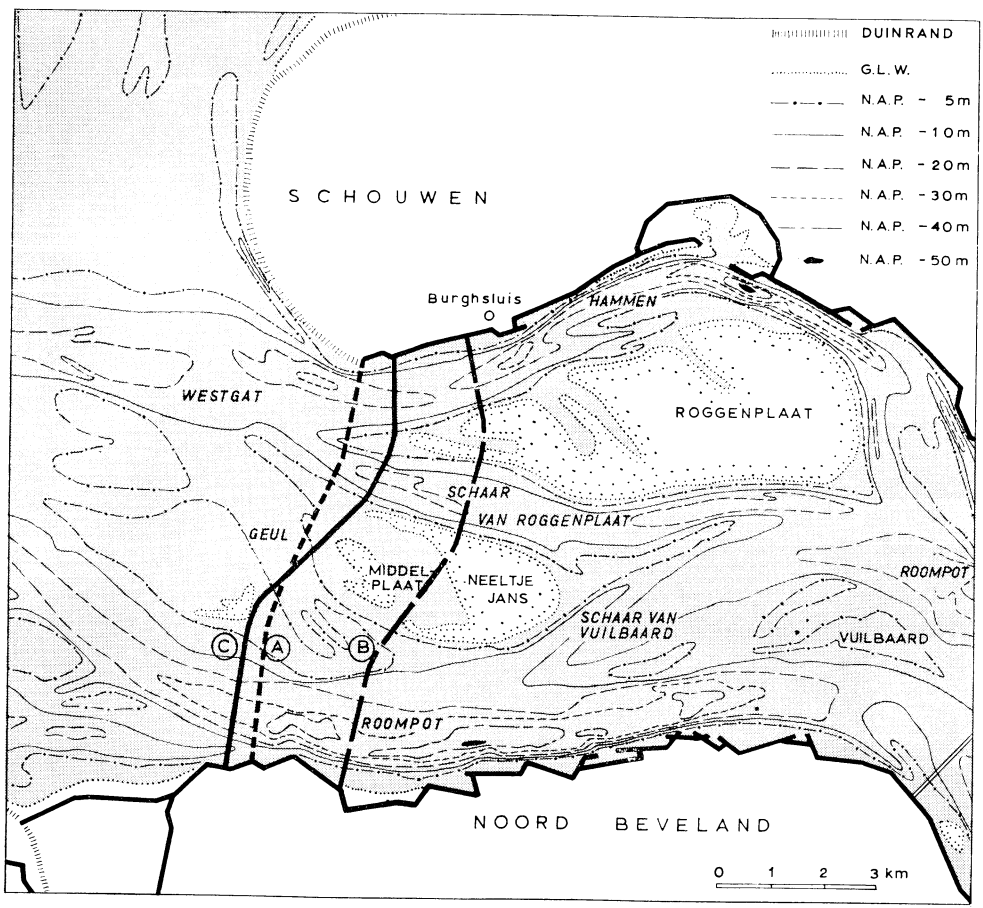
ren een rol die vooral betrekking hebben op de invloed die de keuze heeft op de mogelijkheden voor kustontwikkeling, waterhuishouding, recreatie, natuurbescherming en verkeer in de delta. Voorts wordt aan het slot van de nota volledigheidshalve nog de eventuele bouw van een getijcentrale in de Oosterscheldedam genoemd.

Mogelijkheden voor een tracé

Uit een bestudering van de bodemfiguratie van de Oosterschelde tussen Schouwen en Noord-Beveland volgt, dat voor een tracé twee zones in aanmerking komen, namelijk een westelijke zone in de mond, waar de rivierbreedte ca. 8 km is, en een oostelijker gelegen zone in de omgeving van Colijnsplaat-Zierikzee met een rivierbreedte van ca. 5 km. Het daartussen gelegen gebied komt niet in aanmerking door de grotere afmetingen van het geulenstelsel, voornamelijk in het zuiden, met plaatselijk zeer grote waterdiepten. Daarbij komt nog dat de afstand tussen de eilanden hier groter is.
Een tracé in de oostelijke zone lijkt op het eerste gezicht door de kleinere rivierbreedte aantrekkelijk. Bij een diepergaande beschouwing van de te volgen afsluitingstechniek en van de gevolgen van de aanwezigheid van een afsluitdam in dit gebied, komen evenwel een aantal bezwaren en nadelen naar voren. Allereerst zijn in deze zone geen platen of banken aanwezig (zie fig. 1 en 6). Een wijze van uitvoering waarbij – in ondiep water – reeds een aanmerkelijk gedeelte of enkele gedeelten van de afsluitdam op betrekkelijk weinig kostbare wijze kunnen worden gemaakt, waarbij tegelijkertijd steunpunten voor de verdere afsluiting worden verkregen en waarbij nog slechts weinig of niet in het getijregime wordt ingegrepen, zoals mogelijk is in een situatie met geulen en hooggelegen plaatgebieden, is hier niet mogelijk. De vorm van het dwarsprofiel hier, dat in het noorden een zeer diepe geul bevat en ook overigens vrij grote diepten te zien geeft, zou zich volgens de huidige inzichten het beste lenen voor een geleidelijke sluiting, waarbij echter het aanbrengen van een bodembescherming en het opstorten van de dam tot boven water vrijwel over de gehele breedte van het dwarsprofiel zouden moeten plaats vinden. Een aanpassing van een sluitmethode met uitsluitend gebruik van doorlaatcaissons of een gecombineerde sluitmethode kabelbaan èn doorlaatcaissons zal vele kostbare voorzieningen noodzakelijk maken. In dit verband kan hier nog worden opgemerkt dat het gebruik van de bestaande Oosterscheldebrug als stortbrug voor een geleidelijke sluiting nader werd onderzocht. Uitgaande van een bedrijf met in circuit rijdende 10-tons vrachtauto's, waarmee een praktische capaciteit van ca. 1000 ton/uur behaald zou kunnen worden, vergt deze werkwijze een vrij lange sluitingsduur (ca. 25 weken). De opbouw van de pijlers, die gedeeltelijk buiten het brugdek uitsteekt, en van een voorgespannen betonconstructie, maakt een dergelijke werkwijze echter onmogelijk, daar bij het storten van betonblokken met een stukgewicht van ca. 2,5 à 3 ton en een valhoogte van 18 m, ernstige beschadigingen van deze pijlers gevreesd moeten worden, die de stabiliteit van de brug in gevaar zouden brengen. Een ander bezwaar van deze werkwijze, waarmee de kosten van een kabelbaan bespaard zouden worden, is dat de brug gedurende een vrij lange tijd (ca. $\frac{1}{2}$ à 1 jaar) volledig voor het wegverkeer zou moeten worden gesloten, hetgeen onaanvaarbaar lijkt. Samenvattend kan gesteld worden, dat een afsluiting in dit gebied, hoewel technisch uitvoerbaar, zeker niet eenvoudiger zou zijn dan een afsluiting in de mond van de Oosterschelde.
Daarbij komt dat het gebied ten westen van de afsluitdam begrensd door tracé A, een eb- en vloedvolume van ca. 300 miljoen m³ zou behouden, hetgeen ongeveer gelijk is aan dat van het Brouwershavensche Gat thans. Ten gevolge van deze afname tot ongeveer een kwart van het huidige getijvolume zouden in de mond van de Oosterschelde grote

aanzandingen plaats vinden. Een aanzanding van de ver naar binnen gelegen diepe gedeelten van de Roompot mag echter niet op korte termijn verwacht worden, maar zal een zeer geleidelijk verlopend proces zijn. De geulafmetingen zullen zich daarbij zodanig aanpassen aan de veranderingen in de waterbeweging, dat de gemiddelde snelheden langzamerhand weer ongeveer gelijk worden aan de huidige. Dit zal opnieuw kunnen leiden tot de stroomaanval op de Noordbevelandse oever. In samenhang hiermede zal de vergroting van de getij-amplitude als gevolg van de afsluiting bij Zierikzee-Colijnsplaat tot een groter gevaar voor oever- en dijkvallen kunnen leiden.
De stormvloedstanden ten westen van de afsluitdam zouden bovendien door terugkaatsingsverschijnselen en het interne windeffect ca. 60 cm hoger zijn dan die ter plaatse van een afsluitdam nabij de mond. Langs Schouwen en Noord-Beveland zou ca. 36 km dijk moeten worden verzwaard en op deltahoogte worden gebracht. Vooral op Noord-Beveland, met een zeer rafelige kustlijn, zou dijkverzwaring op ernstige moeilijkheden stuiten (zeer slechte ondergrond); terwijl de totale kosten van een oostelijke afsluiting vrijwel dezelfde zijn als van een afsluiting in de mond, blijft de totale lengte van de waterkering bij deze oplossing aanzienlijk groter.
En tenslotte: bij de afsluiting volgens een tracé in de oostelijke zone wordt niet die mate van veiligheid bereikt als bij een afsluiting in de mond. De achter de afsluiting gelegen waterkeringen zullen namelijk als een logisch aaneensluitend stelsel, dat in feite een tweede waterkering vormt, gehandhaafd blijven. In geval van een doorbraak van de afsluitdam zal een dergelijke waterkering in tweede linie, mede in verband met het waterbergend vermogen van het Zeeuwse Meer, een zeer grote reserve aan veiligheid leveren. Dit facet van dubbele veiligheid is mede een fundamenteel punt van het Deltaplan. Bij een oostelijk gelegen afsluitdam wordt aan Schouwen en aan Noord-Beveland, en voor dit laatste eiland juist voor de dijkvakken die de minste reserve hebben, deze dubbele veiligheid niet geboden.
Als voordeel van een oostelijk gelegen afsluitdam zou kunnen worden aangevoerd dat het karakter van een deel van de Oosterschelde als getijgebied met zijn grote biologische rijkdom bewaard zou blijven, en voorts dat een gebied met aantrekkelijke mogelijkheden voor bepaalde vormen van openluchtrecreatie beschikbaar zou blijven. Hiertegenover staat dan echter weer dat bij de aanleg van een oostelijk gelegen dam door de dan noodzakelijke dijkverhogingen op Schouwen en Noord-Beveland veel natuurgebieden langs de oevers en inlagen verloren zouden gaan en dat hierdoor aan het landschapskarakter schade zou worden toegebracht. Voorts zullen bij de keuze van een westelijk tracé van de afsluitdam weer andere aantrekkelijke mogelijkheden voor de openluchtrecreatie ontstaan. Door een oostelijk gelegen afsluitdam zou de mogelijkheid geschapen zijn voor de aanleg van een verkeersverbinding van grote capaciteit door het centrum van het Deltagebied. Een westelijk tracé sluit echter de aanleg van een dergelijke verbinding niet uit. De eventueel noodzakelijke dammen voor de onderverdeling van het Zeeuwse Meer, die tevens als oeververbindingen dienst kunnen doen, zullen eenvoudiger en goedkoper in stil water kunnen worden aangelegd, terwijl men bij de tracé-keuze vrijer is, omdat men geen rekening met waterloopkundige problemen behoeft te houden zoals bij de aanleg van dammen in stromend water.
Het is duidelijk dat wanneer men denkt aan opslag van zoet water in het Zeeuwse Meer een westelijker gelegen dam grotere mogelijkheden geeft. Ook met het oog op de verzilting der aanliggende polders door zoute kwel is een dergelijke ligging het gunstigst.
Een drietal mogelijke tracés binnen de westelijke zone is op fig. 5 weergegeven. Bij de eerste voorlopige bepaling van deze tracé-mogelijkheden werden onder andere de volgende uitgangspunten gehanteerd: uit economische en uitvoeringstechnische overwegin-

Fig. 5. De overwogen tracés



Tabel 1

	Tracé		
	A	B	C
Profiel			
Totaal oppervlak beneden N.A.P.	92 700 m²	90 500 m²	86 500 m²
Percentage plaatgebieden	14,5 %	10,3 %	15 %
Maximale oeverhellingen			
Noord-Beveland	1 : 6,7	1 : 4	1 : 10
Schouwen	1 : 4	1 : 8	1 : 10
Diepten			
(in meters t.o.v. N.A.P.)			
Max. diepte Roompot	– 34	– 37	– 34
Max. diepte Hammen	– 24	– 22,3	– 21,7
Max. diepte platen	– 4,7	– 3,9	– 3,5

gen dienen de diepste gedeelten in de geulen te worden vermeden, en de assen van de sluitgaten dienen de geulen zoveel mogelijk loodrecht te kruisen (kortere afstand en zoveel mogelijk haaks op de stroomlijnen van zowel vloed- als ebstroom).

De dwarsprofielen (lengte-profielen volgens de tracés) en de verdeling in de geulen en platen, zijn weergegeven op fig. 6. Een aantal gegevens betreffende de verschillende tracés is vermeld in tabel 1.
Voor het verkrijgen van een goed inzicht in de waterbeweging en in de veranderingen die tijdens de verschillende bouwstadia van de afsluiting hierin zullen optreden, werd in het Waterloopkundig Laboratorium 'de Voorst' een getijmodel van de Oosterschelde gebouwd. De westelijke modelgrens loopt in een boog van de noordkust van Walcheren naar de westkop van Schouwen, terwijl de oostelijke modelgrens voorlopig ten oosten van de Zeelandbrug werd gekozen. Een goede kwantitatieve informatie omtrent de snelheidsrichtingen en -grootten, de debietverdelingen en de wijzigingen in deze grootheden kan met behulp van dit model worden verkregen; het model is bij de tracé-keuze dan ook een belangrijk hulpmiddel geweest.
In het getijmodel is voor de drie tracés A, B en C onderzocht wat de gevolgen zouden zijn van het aanbrengen van de damvakken op de platengebieden. Deze gevolgen kunnen tot uiting komen in de verandering van de debieten in de hoofdgeulen, de daarmee gepaard gaande veranderingen in het stroombeeld, met name nabij de oevers en in het bijzonder de Noordbevelandse oever, en in de stroombeelden rond de koppen van de damvakken.
De gevolgen van de aanleg van een damvak over een platengebied worden in hoofdzaak bepaald door de mate waarin het totale doorstroomprofiel afneemt. In het beschouwde gebied is de afname ter plaatse van de tracés A en C ongeveer 15 % t.o.v. N.A.P., terwijl dit bij tracé B ongeveer 10 % is (zie tabel 1).
Het totale debiet dat de tracés passeert neemt als gevolg van deze vernauwingen niet of nauwelijks af. Het gedeelte van het totale debiet dat door de damvakken op de platen

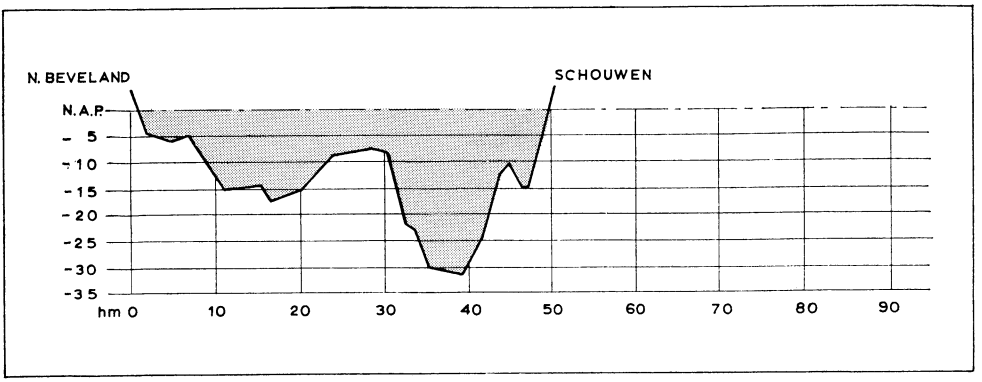
Fig. 6. Dwarsprofielen

wordt afgesneden, wordt derhalve afgeleid naar de hoofdgeulen. De verdeling van dit debiet over de hoofdgeulen wordt bepaald door de situering van de damvakken. Bij deze situering is er naar gestreefd om eventuele gevolgen voor de stroomaanval op de Noordbevelandse oever tot een minimum te beperken. Het resultaat van het ingestelde algemene onderzoek naar een afsluiting in de westelijke tracé-zone is de conclusie geweest, dat een afsluiting daar zeer wel mogelijk is en noch ten aanzien van de kosten noch ten aanzien van de te aanvaarden risico's behoeft achter te staan bij een afsluiting volgens een tracé in de oostelijke zone, en in vergelijking hiermede ten aanzien van een gefaseerde uitvoering zelfs belangrijk in het voordeel is.
Op grond van het gestelde kan de slotsom slechts luiden dat zowel om redenen van veiligheid (kustverkorting) als om uitvoeringstechnische redenen een oostelijk tracé niet in aanmerking komt en dat de keuze niet anders dan op een westelijk tracé kan vallen.

Onderlinge vergelijking van de westelijke tracé-mogelijkheden

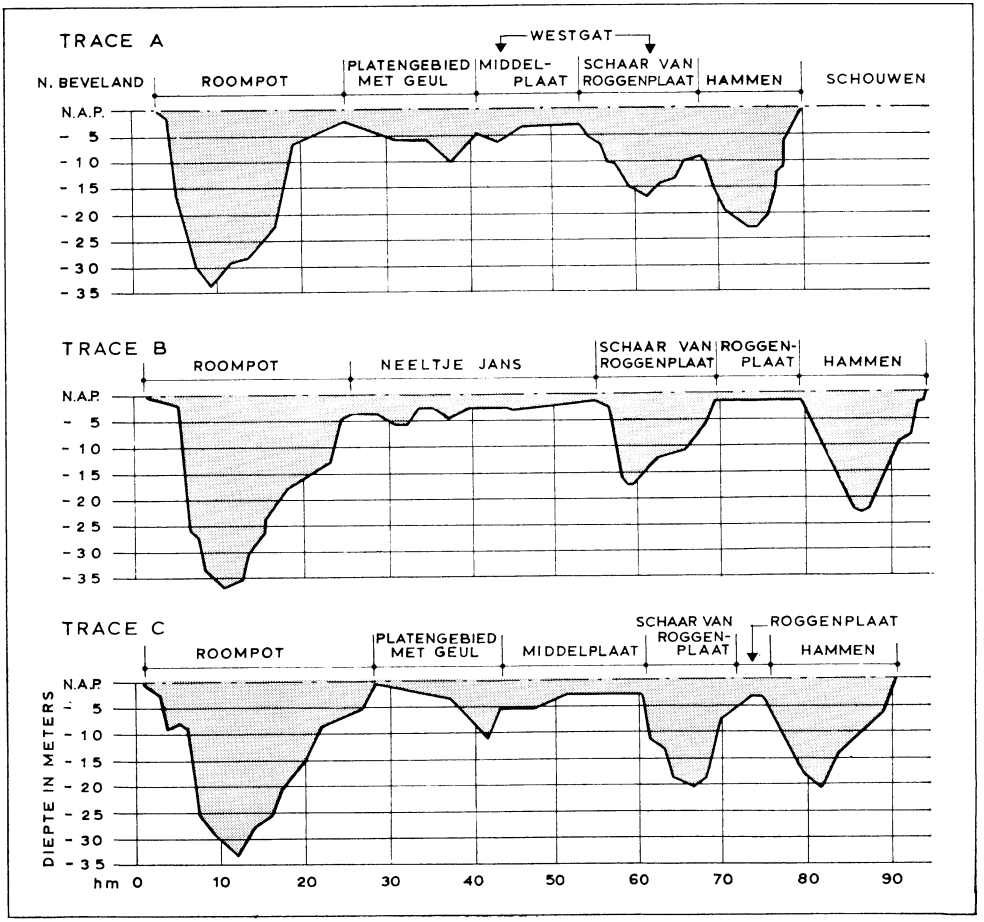
Uit waterloopkundig oogpunt bezien kunnen in de opvolgende werkstadia drie fasen worden onderscheiden: het bouwen van de damvakken op de platen zonder dat er in de geulen ingegrepen wordt, het formeren van de sluitgaten met het aanbrengen van de bodemverdediging en de drempels in de geulen, en het sluiten van de geulen.

Door het aanbrengen van de damvakken op de platen wordt nog niet ernstig in het stroomregime van het mondingsgebied ingegrepen, doch wordt wel de onderlinge debietverdeling over de verschillende geulen beïnvloed.
Bij de tracés A en C wordt de Geul, die door het platengebied van Noordland en Middelplaat loopt, afgesneden. Door de aanwezigheid van het damvak volgens tracé C en in mindere mate ook bij tracé A blijkt het grootste gedeelte van de afgesneden vloedstroom te worden afgeleid naar de Schaar van Roggenplaat. Bij tracé B wordt – in tegenstelling tot de tracés A en C – de Geul niet geblokkeerd. Het damvak snijdt slechts een klein gedeelte van de vloedstroom af. De ebstroom wordt bij tracé B nauwelijks beïnvloed. Bij tracé A en C daarentegen wordt het afgesneden ebdebiet vrijwel geheel naar het zuiden afgeleid. Door de westelijke ligging van het aansluitpunt bij Noord-Beveland is echter geen aantasting van de Noordbevelandse oever aan de zeezijde van dit punt te vrezen. Het aanleggen van een damvak of een werkeiland op het platengebied, ge-



VOORBEELD VAN EEN DWARSPROFIEL OOSTELIJKE TRACEZONE

DWARSPROFIELEN WESTELIJKE TRACEZONE



legen tussen de Hammen en de Schaar van Roggenplaat, heeft voor geen van de onderzochte tracés effect van betekenis op de debietverdeling en op de snelheden.
Samenvattend kan worden gesteld dat in deze fase van het werk door de damvakken op de platen volgens tracé A, maar vooral volgens tracé C, de vloedstroom, die voor de Noordbevelandse oever het gevaarlijkst moet worden geacht, zoveel mogelijk naar het noorden wordt afgeleid. Bij geen der drie onderzochte tracé-mogelijkheden zijn door de ebstroom ernstige moeilijkheden te verwachten. Indien de geulen worden vernauwd door het opstorten van drempels is de plaats van het sluitgat in de Roompot in tracé C gunstiger dan in tracé A en B, gelet op de grootte van de ontgronding en de plaats ervan ten opzichte van de oever. Een verder voordeel van tracé C is gelegen in het feit, dat alleen de ontgrondingen ten gevolge van de vloedstroom een mogelijk gevaar voor de oever kunnen opleveren, terwijl bij tracé B en in mindere mate bij tracé A zowel de vloedstroom als de ebstroom gevaren met zich meebrengen.
De te verwachten ontgrondingen rond het noordelijk sluitgat verschillen weinig of tracé A dan wel C wordt gekozen. Bij tracé B zijn de ontgrondingen nabij het sluitgat in de Hammen met name voor de Schouwense oever ongunstiger dan bij de beide andere tracés.
Tijdens de fase waarin de gaten gesloten worden neemt de stroomaanval toe, doch de tijdsduur hiervan is kort in vergelijking met de periode van voorbereiding. In principe is deze stroomaanval analoog aan die gedurende de vorige fase van het werk en gelden dezelfde overwegingen. Door de keuze van de afsluitmiddelen en een weloverwogen programmering van de sluiting kan echter de aanval zoveel mogelijk van de oevers af worden gehouden.
Op grond van bovenstaande waterloopkundige overwegingen dient duidelijk aan het tracé C de voorkeur te worden gegeven. Deze voorkeur berust voornamelijk op de in waterloopkundig opzicht gunstiger situatie van het sluitgat in de Roompot, waarbij de ontgrondingen geringer zijn en de oevers minder gevaar lopen.

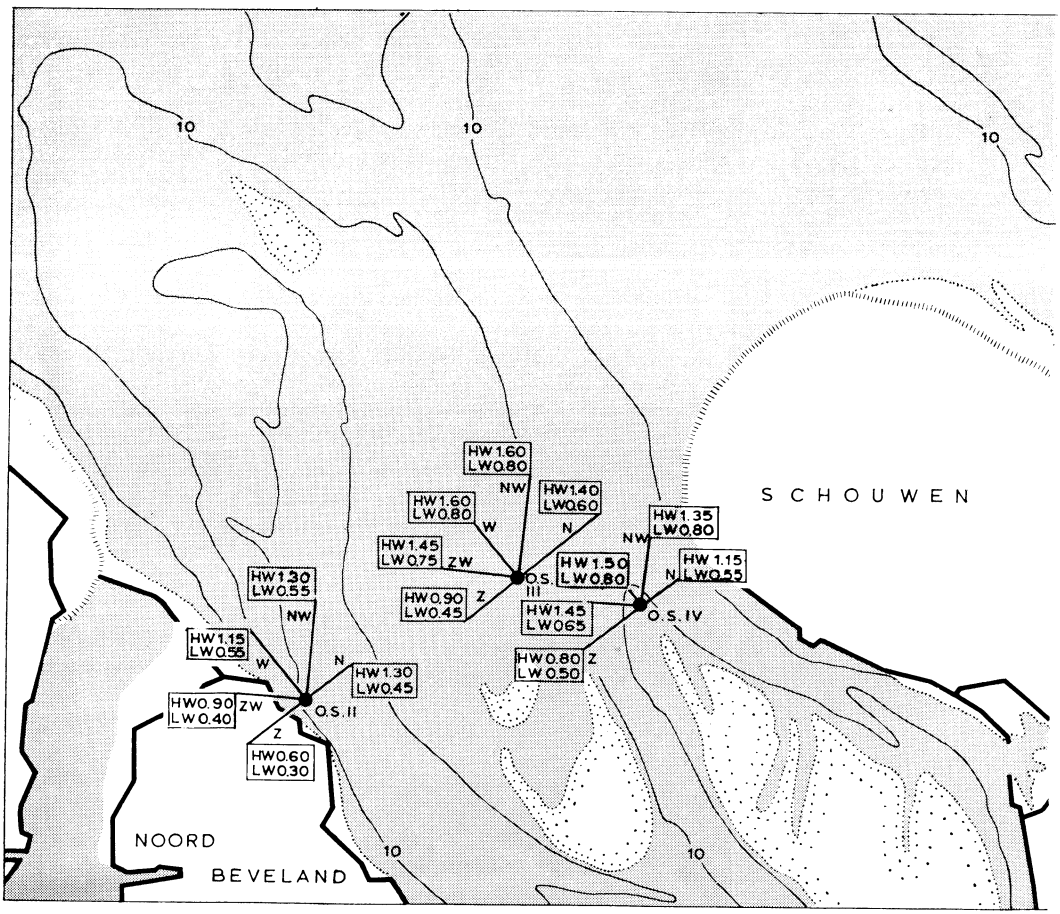
Langs de Noordbevelandse en de Schouwense oever en in het mondingsgebied werd een uitgebreid grondmechanisch onderzoek ingesteld. Op diverse punten op of in de nabijheid van de verschillende beschouwde tracés werden boringen, sonderingen en dichtheidsmetingen verricht. Door de Geologische Dienst te Haarlem werden de grondmechanische bevindingen vanuit een geologisch gezichtspunt beoordeeld en geïnterpreteerd. De conclusies van het onderzoek kunnen als volgt worden samengevat. Langs de Noordbevelandse oever geven de resultaten van de verrichte dichtheidsmetingen praktisch slechts zeer geringe verschillen te zien die daar dan ook niet leiden tot een voorkeur voor één der drie tracés. De gegevens inzake aantallen van de langs deze oever opgetreden oevervallen in de verschillende stroken van de westelijke zone wijzen erop dat een zover mogelijk naar het westen gelegen aansluitpunt op de Noordbevelandse oever (tracé C) de voorkeur verdient. Doch vooral pleit op grond van het thans in beschouwing zijnde aspect voor tracé C het belangrijke feit, dat de taluds van de zuidelijke oever van de Roompot daarbij aanzienlijk flauwer zijn dan bij tracé A en B, hetgeen in de eerste plaats die oever veel minder kwetsbaar maakt, en in de tweede plaats eventueel tijdens het werk nodig blijkende voorzieningen aan die oever eenvoudiger zal doen zijn. Verder is het gebied met grote diepten (dieper dan N.A.P. – 30 m) bij tracé A, maar vooral bij tracé B, uitgestrekter. Gelet op het gevaar van oevervallen is deze grotere diepte een nadeel, daar de omvang van een oeverval onder andere door de aanwezige diepte vóór de oever bepaald kan worden.
Aan de Schouwense oever hebben ook enige dijkvallen plaats gevonden, doch deze waren van geringere omvang dan die aan de Noordbevelandse zijde. De opbouw van de onder-

grond geeft geen redenen de voorkeur te geven aan enig punt tussen Burghsluis en het duingebied. Daarom wordt op grond van grondmechanische overwegingen de voorkeur gegeven aan een aansluiting aan deze zijde op een oevergedeelte met zo flauw mogelijke taluds (tracé C).
Uit het verrichte onderzoek in het mondingsgebied van de Oosterschelde naar de draagkracht van de ondergrond voor het op te bouwen damlichaam volgt geen bepaalde voorkeur voor één van de tracés. Tussen het westelijke en oostelijke gebied van de onderzochte zone blijken geen significante verschillen in de uitkomsten van de boringen en sonderingen herkenbaar te zijn.
De keuze van een tracé kan bepalend zijn voor de te volgen methode bij het afsluiten van de in dat tracé gelegen sluitgaten. Thans komen voor het afsluiten van sluitgaten met grote getij-volumina twee methoden in aanmerking: een sluiting door middel van doorlaatcaissons, en een geleidelijke sluiting door het opstorten van een dam, bijvoorbeeld met behulp van een kabelbaan.
Bij de keuze tussen verschillende tracé-mogelijkheden is het in het algemeen gunstig te achten wanneer een tracé een zo groot mogelijke vrijheid laat in de keuze van de te volgen afsluitmethode.
De vorm van het dwarsprofiel van de Roompot is bij de drie tracés ongeveer gelijk. Bij de tracés A en B bevinden de diepste gedeelten zich dicht onder de Noordbevelandse oever, bij tracé C is dit onder andere door het flauwere geultalud in veel mindere mate het geval (zie hiervoor fig. 6).
Bij de caissonsluiting zijn de problemen die samenhangen met de grote diepte van de drempel, die noodzakelijk is om grote ontgrondingen te voorkomen, dezelfde voor alle drie tracés. Bij de toepassing van een kabelbaan is de oeverspanning in alle drie gevallen praktisch dezelfde. De fundering van de pijlers zal bij de tracés A en C minder problemen opleveren dan bij tracé B gezien de grotere bodemdiepte en de bodemsamenstelling in dit tracé. Bij het aanbrengen van de bodembescherming en bij de opbouw van de sluitgatdrempel in de Roompot zijn de kleinere diepten bij tracé A en C gunstiger dan bij tracé B.
Var de sluitgaten in het noordelijk deel van het tracé brengt geen van de onderzochte tracés beperkingen met zich mee voor de keuze van de afsluitingsmethoden; zowel een caissonsluiting als een geleidelijke sluiting is in alle drie gevallen zeer goed mogelijk.
Stagnatie van de werkzaamheden kan onder andere optreden door meteorologische omstandigheden zoals mist, wind, regen en vorst en door windgolven en deining. Uit een bestudering van de stagnatietijden bij de reeds uitgevoerde werken blijkt dat de stagnatie ten gevolge van onwerkbare omstandigheden meestal slechts een klein gedeelte vormt van de totale stagnatietijd.
Wat de meteorologische omstandigheden betreft is er tussen de drie tracés geen verschil, daar de tracés slechts enkele kilometers uit elkaar liggen. Bij de golfbeweging kan een onderscheid gemaakt worden tussen het zuidelijk gebied (de Roompot) en het noordelijk gebied. In het gebied van de Roompot, waarin de tracés zijn gelegen, is praktisch geen verschil in golfbeweging aanwezig. In het noorden is het gebied ter plaatse van tracé B iets gunstiger doch het verschil in onwerkbare dagen per jaar is niet groot. Op fig. 7 zijn de mondingsgebieden van de Oosterschelde en van het Brouwershavensche Gat met de daarin geplaatste golfmeetpalen weergegeven. Voor de windrichtingen uit zee tussen zuid en noord zijn de verschillende golfhoogten tijdens H.W. en L.W. en bij een windsnelheid van 15 m/sec. vermeld (windkracht 7 Beaufort) die uit de waarnemingen van enkele jaren bepaald konden worden. Windkracht 7 Beaufort werd gekozen omdat men hierover voor de bewerking van de waarnemingen de meeste gegevens beschikbaar had.

Bovendien kan deze windkracht als een praktische grens gelden, omdat daarbij het vaarbedrijf gestaakt wordt. De gemeten golfhoogten blijken duidelijk afhankelijk van de geografische positie van deze golfpalen ten opzichte van het vaste land. Hoewel de golfhoogten in de Oosterschelde in het algemeen iets hoger zijn, kan men toch niet zeggen dat het werkgebied in de Oosterschelde daardoor veel ongunstiger is dan dat van het Brouwershavensche Gat. De ervaringen met reeds uitgevoerde werken in het kustgebied en in zee leren dat de werkomstandigheden bij de drie tracés niet veel zullen verschillen van die in de gebieden waar reeds soortgelijke werkzaamheden worden verricht. Samenvattend kan gesteld worden dat voor de drie tracés geen significant verschil in werkbaarheid aanwezig is.

De gedeelten van de bestaande dijken van Schouwen en Noord-Beveland die buiten de afsluitdijk zullen vallen moeten aangepast worden, opdat deze waterkeringen ten aanzien van de beveiliging die zij bieden aan dezelfde criteria zullen voldoen als de delta-

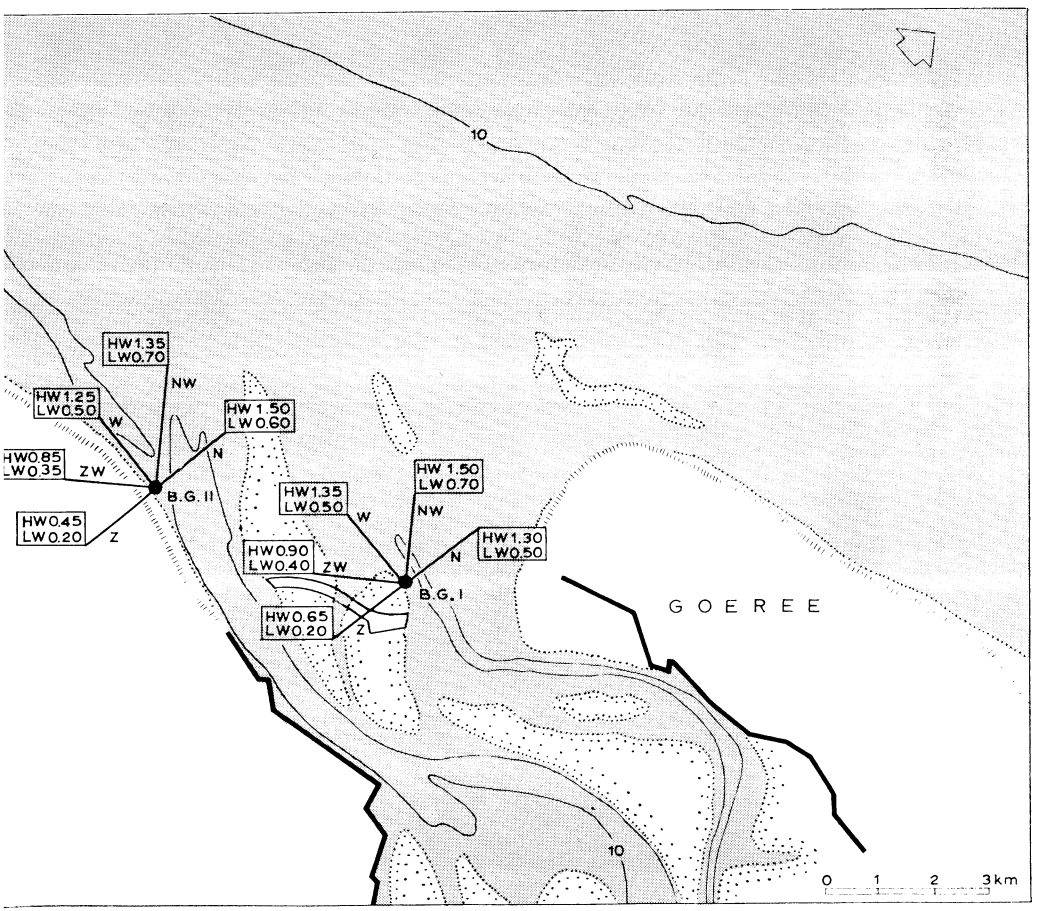
Fig. 7. Golfhoogten bij windkracht 7 Beaufort (15 m/sec.)



dammen. Een en ander betekent een verzwaring van het dijklichaam en een verhoging van de dijkkruin. Verder zal deze aanpassing vóór de afsluiting voltooid dienen te zijn opdat direct na de afsluiting van de Oosterschelde een optimale veiligheid wordt verkregen.

Uit gemaakte ramingen voor de afsluiting volgens de drie mogelijk tracés blijkt dat de totale kosten elkaar niet veel ontlopen: voor tracé A zouden ze ca. f 560 mln. bedragen, voor tracé B ca. f 600 mln., en voor tracé C ca. f 570 mln. Direct aanwijsbare kostenverschillen vloeien voort uit de totale damlengte (bij tracé A: 7,8 km, bij tracé B: 9,4 km en bij tracé C: 9,0 km), de grootte van de te dichten geulen, en de lengte der dijkverzwaringen (bij tracé A: 2 km, bij tracé B: 6 km en bij tracé C: 2 km).

De kosten van een oostelijke afsluiting worden geraamd op ca. 450 mln. gulden. Dit bedrag dient nog te worden vermeerderd met de kosten van verzwaren en op Delta-hoogte brengen van de bij een oostelijke dam buiten de afsluiting blijvende ca. 36 km dijklengte



langs Schouwen en Noord-Beveland; deze kosten worden onder de gunstige veronderstelling dat de slechte ondergrond geen extra voorzieningen zal vragen om de vereiste dijkverhoging en -verzwaring inderdaad te kunnen aanbrengen, geraamd op 95 mln. gulden, zodat de totale kosten verbonden aan een oostelijke afsluiting zijn te stellen op 545, of wel op rond 550 mln. gulden. Gelet op de onvermijdelijke marge van onnauwkeurigheid in de ramingscijfers, vooral in dit stadium van voorbereidingen waarin nog vele belangrijke details inzake de damopbouw moeten worden bestudeerd en vastgesteld, mag uit het voorgaande bij vergelijking van de ramingscijfers worden geconcludeerd dat de totale kosten van een oostelijke afsluiting vrijwel dezelfde zijn als die van een afsluiting in de mond van de Oosterschelde. Een oostelijke afsluiting levert derhalve geen besparingen op, maar brengt wel met zich de deels zeer ernstige bezwaren die eerder werden vermeld.
In de westelijke zone komen drie tracés in aanmerking waaruit gekozen zal moeten worden. De voor- en nadelen werden beknopt, zij het weinig genuanceerd, samengevat in tabel 2.
Uit dit overzicht blijkt dat in de westelijke zone tracé C de voorkeur verdient uit veiligheidsoverwegingen, met het oog op een zo gering mogelijk uitvoeringsrisico bij het werk en eveneens vanwege de noodzaak de stabiliteit van de aanliggende oevers gedurende het werk zo goed mogelijk te verzekeren.

Overige overwegingen

Bij de afsluiting van de Oosterschelde zullen, welk tracé hiervoor ook gekozen wordt, de koppen van de eilanden Walcheren en Schouwen extra aandacht verdienen. De in en uit de Oosterschelde stromende waterhoeveelheden zullen zodanig verminderen dat de Noordzeestromen op de onderzeese delta zullen gaan overheersen en hierin geulen zullen uitschuren die de stranden van Walcheren en Schouwen zullen kunnen aantasten, omdat de koppen van deze eilanden westwaarts buiten de algemene kustlijn uitsteken. Als gevolg hiervan zullen vermoedelijk te eniger tijd verdedigingswerken moeten worden aangebracht en zal het onderhoud van de bestaande verdediging moeten worden uitgebreid.
Door een afsluiting volgens tracé B wordt er zeewaarts van de afsluiting een kom gevormd. Vermoedelijk zal de ontwikkeling in die kom overeenkomst vertonen met die voor het Brielse Gat. Er zal dan een plaat ontstaan met geulen aan weerszijden tegen de oevers van Walcheren en Schouwen. Achter de plaat zal sediment worden afgezet en wel waarschijnlijk slib afkomstig uit de Westerschelde tegen de afsluitdam en zand in de twee eerder genoemde geulen.
Bij afsluiting volgens tracé A of C is de komberging in het gebied voor de dam geringer dan bij tracé B. De aanpassing van de mond zal dan ook sneller verlopen en de evenwichtssituatie zal zich eerder instellen. Er zijn in principe drie mogelijkheden voor de uiteindelijke evenwichtsvorm: er wordt een bank gevormd als bij tracé B of er wordt een kusthaak gevormd met daarachter een 'haf' of 'slufter' (overigens blijft de algemene trend naar kusterosie vooral van de kust van Schouwen gelden); er kan tenslotte ook een kustboog worden gevormd doordat de golven met het materiaal van de banken de geulen op enige afstand van de dam opvullen, zoals ook gebeurt bij de dam door het Veersche Gat. Daar de langs de kust gerichte Noordzeestromen ter plaatse de kustboog in de mond zullen volgen, zal dan ook het geulenstelsel verder zeewaarts van de afsluiting op den duur opgevuld worden. De kusterosie van Schouwen en Walcheren zal ook in dit geval verdediging noodzakelijk maken. De vorming van een kustboog is het

Tabel 2

Tracé	Waterloop-kundig	Grondmecha-nisch	Werkbaar-heid	Uitvoerings-technisch
A	O	O	O	+
B	O	—	O	—
C	+	+	O	+

+ goed O indifferent of geen voorkeur — slecht

minst waarschijnlijk, omdat daarvoor zeer grote hoeveelheden zand over relatief grote afstand zouden moeten worden verplaatst. De twee andere ontwikkelingsvormen zijn meer waarschijnlijk. Er is in dit opzicht geen essentieel verschil tussen de tracés A en B. Het voorgaande is met name van betekenis met het oog op de ontwikkeling van de openlucht-recreatie en de belangen van de natuurbescherming. Geconstateerd moet worden dat de afsluiting van de Oosterschelde volgens een westelijk tracé de huidige biologische waarde van het gebied onvermijdelijk sterk zal aantasten. Door de sterke wijzigingen van het milieu – het wegvallen van de getijbeweging en de verzoeting van het water – zullen vele planten en diersoorten geheel verdwijnen. Anderzijds zullen binnendijks in de toekomst meer nieuwe mogelijkheden kunnen ontstaan, zij het dat deze van geheel andere aard zullen zijn dan wat thans aanwezig is. De beste nieuwe mogelijkheden voor vervanging van bepaalde waarden welke binnendijks verloren zullen gaan liggen evenwel buitendijks, wanneer daar een strandhaak met ruim haf zou ontstaan, welk haf uiteindelijk zou kunnen uitgroeien tot een slufterachtig gebied. De belangen van de natuurbescherming pleiten in het kader van de afsluiting van de Oosterschelde dan ook voor een tracé, dat een kans biedt op het ontstaan buitendijks van een strandhaak met ruim haf. Voor de openluchtrecreatie opent de vorengeschetste situatie eveneens gunstige prespectieven, weliswaar zou een tegen de dam aangelegen strandboog met duinformaties nog grotere mogelijkheden voor de strandrecreatie bieden, doch ook de situatie met de strandhaak moet gunstig voor de strandrecreatie worden gekenschetst. Bovendien kan worden gesteld dat bij een situatie met strandhaak en haf uiteindelijk een rijker geschakeerd pakket van recreatiemogelijkheden ter beschikking zal kunnen komen. Voorzover betreft het binnendijkse gebied zou het aantrekkelijk zijn indien het tracé van de Oosterscheldedam een zekere mate van ontsluiting van het eilandengebied van de Roggenplaat en de Neeltje Jansplaat via de dam op niet al te kostbare wijze mogelijk zou maken. Dit laatste pleit voor een aan de noordzijde iets teruggelegen tracé. Uit een oogpunt van recreatie en natuurbescherming behoeven er dus geen bezwaren te bestaan tegen tracé C bij vergelijking met de tracés A en B.

De watervoorraad op het Zeeuwse Meer, die tussen een normaal te handhaven peil en een nog nader te bepalen laagste peil beschikbaar zal kunnen zijn, is groter en derhalve gunstiger bij een zo westelijk mogelijk gelegen afsluitdam; in dit opzicht geeft derhalve van de drie westelijke varianten tracé C ook voor de waterhuishoudingsbelangen een optimale oplossing.

Een ander waterhuishoudkundig belang vormt de vermindering van de zoute kwel naar de omringende polders van Schouwen en Noord-Beveland bij aanwezigheid van een

zoetwaterbekken in plaats van een aan getijbeweging onderhevige zoute zeearm. In dit opzicht bestaat er evenzeer voorkeur voor een zo westelijk mogelijk gelegen tracé van de Oosterscheldedam.
Hoewel niet van belang voor de tracé-keuze is het wellicht nuttig te wijzen op de mogelijke ongunstige invloed die diepe kommen, die met soortelijk dichter en wellicht op den duur zuurstofloos water gevuld zouden kunnen blijven, op de waterhuishouding en met name op de waterkwaliteit zouden kunnen hebben. Reeds in een vroeg stadium van het onderzoek naar de toekomstige waterhuishouding van de Deltawerken is die problematiek onderkend en sedertdien zijn onder andere in het Brielse Meer en het Veerse Meer situaties met grote waterdiepte onderzocht. Gebleken is daarbij dat onder invloed van de wind in het water circulatie-stromingen optreden, die ook de diepe kommen niet onberoerd laten en aldus de kwaliteit van het water in die diepe kommen in gunstige zin beinvloeden. Buitendien is door proefnemingen gebleken, dat op betrekkelijk eenvoudige en weinig kostbare wijze (door het inblazen van lucht in het zoute water op de bodem van de diepe kommen) de ongunstige invloed van een gelaagdheid van het water door verschil in soortelijk gewicht kan worden opgeheven (zie Driemaandelijks Bericht nr. 37, augustus 1966). De toekomstige situatie mag derhalve met vertrouwen worden tegemoet gezien; overigens worden de studies en het onderzoek van deze aangelegenheid, in samenwerking met onder andere biologische deskundigen, onverminderd voortgezet.
Een laatste, maar zeer belangrijk waterhuishoudkundig aspect bij de tracé-keuze van de Oosterscheldedam vormt de aanpassing van de kust en de onderwaterdelta aan de situatie met afgesloten zeegaten, waardoor de lozingsmogelijkheid ter plaatse van de Oosterscheldedam wordt beïnvloed. Aan het blijven voortbestaan van de mogelijkheid van natuurlijke lozing van grote hoeveelheden water naar de mond van de Oosterschelde ten behoeve van de waterkwaliteitsbeheersing op het Zeeuwse Meer moet grote waarde worden gehecht.
Op langere termijn bezien zou de kustontwikkeling na de afsluiting van de Oosterschelde de lozing op de zee kunnen bemoeilijken. Gesteld mag echter worden, dat bij alle onderzochte tracés voor deze lozing een oplossing gevonden kan worden.

Wat betreft de verkeersfunctie van de Oosterscheldedam kan worden geconstateerd dat de hoofdverkeersweg op deze dam, als onderdeel van het toekomstige patroon van hoofdverkeerswegen in de delta – men zie ondermeer het Structuurschema Hoofdwegennet – een belangrijke bijdrage kan leveren tot een betere ontsluiting van het Deltagebied in het algemeen, terwijl de wegen op de dam meer specifiek een uiterst belangrijke bijdrage kunnen leveren tot de ontsluiting van de Deltakust voor het recreatieverkeer. Uit dien hoofde is een tamelijk westelijk gelegen tracé te verkiezen. Opdat ter plaatse van de aansluiting op de kust van Schouwen en de kust van Noord-Beveland in verkeerstechnisch opzicht geen gewrongen situaties ontstaan, verdient een ten opzichte van Westerschouwen respectievelijk het oostelijk einde van de Veersche Gatdam iets teruggelgen tracé van de Oosterscheldedam evenwel de voorkeur. Hoewel tracé A in dit opzicht wat gunstiger ligt dan tracé C, is toch ook bij dit laatste, eventueel na enige aanpassing van het oostelijk gedeelte van de Veersche Gatdam, een verkeerstechnisch goede oplossing mogelijk.
Nadat vroeger van de zijde van de Rijkswaterstaat de gedachte is geopperd om in één van de Deltadammen een getijcentrale te bouwen en deze gedachte na uitvoerig onderzoek vervolgens om meer dan één reden is verworpen, is van de zijde van de Provinciale Zeeuwsche Electriciteits Maatschappij meer recent opnieuw dit idee naar voren gekomen met betrekking tot de Oosterscheldedam.

Hoewel men van de zijde van de Rijkswaterstaat geen enkele reden heeft thans anders te staan tegenover het vraagstuk van de wenselijkheid respectievelijk de mogelijkheid van het exploiteren van een getijcentrale in de Oosterscheldedam, kan deze problematiek als zodanig hier onbesproken blijven; van belang is eventueel slechts in hoeverre een getijcentrale in de Oosterscheldedam van invloed kan zijn op de tracé-keuze van de dam. Daarbij valt op te merken dat de bouw van de Oosterscheldedam een zo omvangrijk en moeilijk werk is dat het ontoelaatbaar moet worden geacht bijbehorende factoren te introduceren die de bouw van de dam nog verder zouden compliceren of op onverantwoorde wijze zouden vertragen. Zo er al zou worden besloten tot de aanleg van een getijcentrale, dan zal dit ook alleen kunnen geschieden nadat de dam als zodanig is voltooid. De wens om ten behoeve van een eventuele getijcentrale te kunnen beschikken over een zo groot mogelijk getijbekken pleit voor een zo westelijk mogelijk tracé van de Oosterscheldedam. De noodzaak om ten behoeve van een dergelijke centrale te kunnen beschikken over naar zee leidende toe- en afvoergeulen van voldoende capaciteit vormt een ander aspect. Er van uitgaande dat om waterstaatkundige redenen in ieder geval een tamelijk westelijk gelegen tracé zal worden gekozen, is de beslissing van het al dan niet hebben van een getijcentrale in de Oosterscheldedam verder niet van invloed op de tracé-keuze voor deze dam.

Alle aspecten en belangen die hier ter sprake werden gebracht, geven dus geen aanleiding tot een ander inzicht betreffende de tacé-keuze. Tracé C is op grond van de doorslaggevende argumenten, zoals de waterloopkundige en grondmechanische aspecten, de risico's tijdens de uitvoering en de uiteindelijk te bereiken veiligheid het tracé dat het meest in aanmerking komt voor het leggen van een afsluitdam in de Oosterschelde.

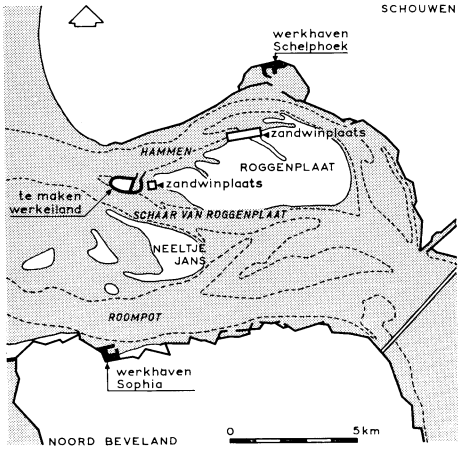
De Raad van de Waterstaat heeft zich uitgesproken voor keuze van het in de nota genoemde tracé C, en de Minister heeft het voorstel daarna aanvaard. De nota is vervolgens, naar de Deltawet voorschrijft, ter beoordeling voorgelegd aan Gedeputeerde Staten van de betreffende provincie, in dit geval Zeeland. G.S. van Zeeland hebben laten weten dat zij met het gekozen tracé en de motivering daarvan volledig kunnen instemmen. Het Koninklijk Besluit waarin het plan definitief is vastgesteld, is inmiddels verschenen.

De aanleg van een werkeiland op de Roggenplaat in de Oosterschelde

Analoog aan de werkwijze die bij de overige afsluitdammen in het Deltagebied is gevolgd, worden ook de eigenlijke afsluitingswerken in de Oosterschelde voorafgegaan door de aanleg van werkhavens, die als basis dienen van waaruit materieel en materialen naar en in het werk worden gebracht. Aan de Schouwense kant kwam in mei 1968 de werkhaven 'Schelphoek' gereed; de werkhaven 'Sophiapolder' aan de Noordbevelandse oever zal in het voorjaar van 1969 worden voltooid. Daarmee zal het toekomstig werkgebied in de mond van de Oosterschelde in voldoende mate ontsloten zijn; daardoor kan reeds in 1969 een begin gemaakt worden met de eigenlijke afsluiting van de laatste en grootste in het kader van het Deltaplan af te sluiten zeearm, de Oosterschelde. De veranderingen in de getijbeweging die zullen optreden als gevolg van de blokkering van het Volkerak (zie Driemaandelijks Bericht nr. 45, augustus 1968) maken het namelijk nodig dat de afsluitingswerkzaamheden zo snel mogelijk worden begonnen, en in een zo hoog mogelijk tempo worden uitgevoerd.

De werkwijze die in de Oosterschelde zal worden gevolgd, wijkt enigszins af van die welke bij de andere dammen werd toegepast, waar men steeds begonnen is met het aanleggen van damgedeelten over de zandplaten in het tracé. De bouw van een damvak op deze ondiepten had slechts een geringe wijziging tot gevolg in het stromingsbeeld van de desbetreffende zeearm. In de Oosterschelde echter ligt het platengebied in het tracé van de afsluiting betrekkelijk diep. De bouw van een dam daar zou de waterbeweging reeds merkbaar beïnvloeden. Om deze reden gingen de gedachten voor de Oosterscheldedam uit naar een uitvoeringsvolgorde waarbij eerst drie steunpunten in de vorm van werkeilanden met havens en terreinen zouden worden aangelegd ter plaatse van de ondiepste gedeelten in het tracé. Door voor deze steunpunten de vorm te kiezen die op grond van proeven in het Waterloopkundig Laboratorium in hydraulisch opzicht het meest gunstig wordt geacht, kan het algemene stroombeeld tijdens eb- en vloedstroom vrijwel ongestoord blijven, en de ontgrondingen dientengevolge beperkt tot een aanvaardbaar minimum.

Door de afsluiting van het Volkerak in het voorjaar van 1969 zullen de stroomsnelheden in de Roompot toenemen met 5 à 10 %, waardoor de stroomaanval op de oever van Noord-Beveland vergroot wordt. Ter bescherming daartegen wordt op die oever een grindbestorting aangebracht. De bestortingswerkzaamheden, die in 1968 zijn begonnen, komen echter pas in de loop van 1969 gereed. Om deze oever in de overgangsperiode

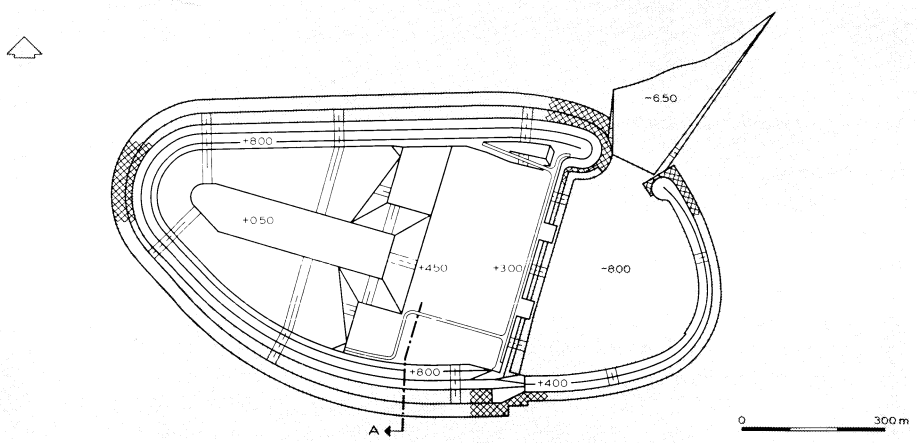


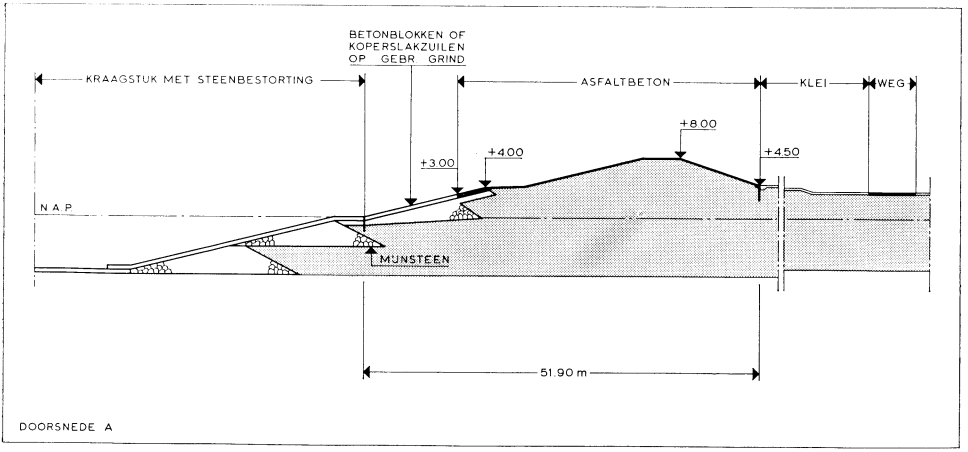
zo weinig mogelijk te belasten, is het wenselijk de eerste werkzaamheden van de Oosterschelde-afsluiting in het noorden te beginnen. Andere waterloopkundige redenen bepaalden verder de voorkeur om met de aanleg van een werkeiland op de westelijke uitloper van de Roggenplaat te beginnen; de voornaamste is de noodzaak om deze uitloper voor erosie te behoeden en daarom zo snel mogelijk vast te leggen.

Het ontwerp

Bij het maken van het ontwerp werden de afmetingen van het eiland vastgesteld op grond van een aantal praktische eisen. De breedte van het eiland moet zodanig zijn dat een eventuele opstelling voor kabelbanen er ruimte kan vinden, zodat de vrijheid van keuze ten aanzien van de afsluitingsmethode onverkort gehandhaafd blijft. Er moet een terrein op N.A.P. + 4 m beschikbaar komen van voldoende grootte voor de opslag van stortmateriaal, de aanleg van werkwegen en dergelijke. Daarnaast moet nog een voldoende groot terrein over blijven om de bouw van een uitwateringssluis met stortebedden mogelijk te maken. De breedte van het eiland ter plaatse van de werkhaven, die men zich heeft gedacht aan de van de zee afgekeerde zijde van het eiland, moet voldoende groot zijn om langs het waterfront twee loswallen en een steiger te kunnen aanleggen. De dam die de havenkom begrenst, moet tevens dienen als stortsteendepot, en daarnaast de stroom goed geleiden. Gegeven deze eisen ten aanzien van de omvang van het werkeiland werd in het hydraulisch overzichtsmodel van de Oosterschelde een onderzoek ingesteld naar de meest gunstige vorm. Men ziet het resultaat op de bijgevoegde figuur. De waterloopkundige proeven wezen uit dat een eiland van deze vorm de vloedstromen geen aanleiding geeft tot het vormen van ongewenste effecten. Wanneer de stroom tijdens eb in noordelijke richting over de plaat trekt, volgt hij aan de zuidzijde de begrenzing van het eiland goed. Aan de noordzijde wordt de ebstroom door het loslaten van de stroom aan het einde van de schermdam uitgeworpen, zodat er een grote neer ontstaat. Alleen door het treffen van bijzondere voorzorgsmaatregelen, bijvoorbeeld de aanleg van een lange krib in oostelijke richting, zou het stroombeeld aan de noordzijde van het eiland verbeterd kunnen worden. Vanwege de hoge aanlegkosten van een dergelijke lange krib werd echter besloten beschermende maatregelen achterwege te laten. Bovendien wordt verwacht dat uitschuringen ten oosten van het eiland het stroombeeld na enige tijd zullen verbeteren.

Plattegrond en doorsnede A van het werkeiland





Beschrijving van het werkeiland

Het eiland, dat aan zuid-, west- en noordzijde omsloten wordt door een tot N.A.P. + 8 m reikende ringdijk, krijgt een lengte van 850 m en een grootste breedte van 500 m. Het westelijk terreindeel van het eiland wordt laag gehouden, op N.A.P. + 0,5 m, daar in dit gedeelte in de toekomst mogelijk de bouwput voor de uitwateringssluis ontgraven zal worden. Het oostelijk terreingedeelte komt hoger te liggen op N.A.P. + 4,5 m; onder een flauwe helling loopt dit terrein in noordelijke richting af tot N.A.P. + 3 m. Aan de oostzijde van het eiland is een haven geprojecteerd, die door een dam van stortsteen omgrensd zal worden. Een vaargeul met een diepte van N.A.P. – 6,5 m zal de haven vanuit noordoostelijke richting toegankelijk maken. De havenkom, tevens zandwingebied, mag tot N.A.P. – 8 m worden uitgebaggerd. Langs de havenkom en op het oostelijk terreingedeelte wordt een werkweg aangelegd. Het buitentalud van de ringdijk verloopt onder een helling van 1 : 4 van de bodem tot naar de buitenkruinlijn op N.A.P. + 8 m. Het talud wordt ter hoogte van N.A.P. onderbroken door een ca. 4 m brede berm en op N.A.P. + 4 m door een 5 m brede berm. De kruinbreedte van de ringdijk bedraagt 5 m. Het binnentalud krijgt een helling van 1 : 3 en loopt tot N.A.P. + 5 m respectievelijk N.A.P. + 4,5 m.

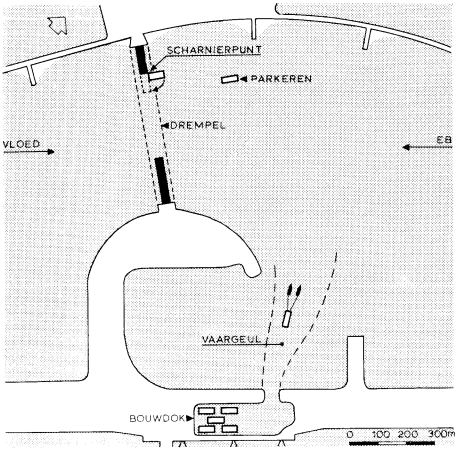
Beneden een op N.A.P. te plaatsen damwand worden de mijnsteentaluds langs de buitenomtrek van het eiland afgedekt door kraagstukken. Boven de damwand, tot een hoogte van N.A.P. + 4 m, wordt het talud bekleed met betonblokken en koperslakzuilen. De buitenberm, het daarboven gelegen buitentalud, de kruin en het binnentalud worden met een asfaltbetonlaag bekleed. Aan de binnenteen van de ringdijk wordt een grindkoffer aangebracht, voor het opvangen van regen en overslaand zeewater. Het werkgebied waarin het eiland wordt gebouwd is een rug van een beperkte breedte tussen twee diepe geulen, namelijk de Hammen enerzijds en de Schaar van Roggenplaat anderzijds. De waterdiepte boven de rug is nog betrekkelijk groot, ze varieert van N.A.P. – 3 m tot N.A.P. – 7 m. Het ligt daarom voor de hand, de ringdijk op te sluiten tussen twee mijnsteenkaden.

De grote hoeveelheden te verwerken mijnsteen en stortsteen zullen de inzet van voldoende varend materieel zoals onderlossers, bakken en drijvende overslagkranen nodig maken, terwijl ook voor het gebied geschikte winzuigers ingezet moeten worden, om zo min mogelijk stagnatie wegens onwerkbaar weer te krijgen en een grote produktie te kunnen halen. In dit verband kan er ook op worden gewezen dat het nodig is de werkzaamheden vroeg in het jaar aan te vangen om tijdig voor het winterseizoen een stormveilig stadium der werkzaamheden bereikt te hebben.

Het plaatsen van doorlaatcaissons in het Volkerak met behulp van sleepboten

In het voorjaar van 1969 zal het Volkerak met behulp van twee landhoofdcaissons en twaalf doorlaatcaissons worden afgesloten. De caissons, die zijn gebouwd in een nabij de plaats van afsluiting gelegen bouwdok, zijn thans alle op hun waterdichtheid getest en in orde bevonden. Met het baggeren van een vaargeul van het bouwdok naar het sluitgat is in het najaar van 1968 een begin gemaakt; er wordt naar gestreefd de geul vroeg in het voorjaar van 1969 op diepte hebben.

De plaatsing van een doorlaatcaisson bestaat in hoofdzaak uit de volgende handelingen. Na het opdrijven van de caisson in het bouwdok wordt hij door sleepboten via de vaargeul enige tijd voor de kentering naar buiten gebracht en op enkele honderden meters benedenstrooms van de drempel geparkeerd. Vervolgens wordt de caisson wanneer de stroomsnelheden voldoende zijn afgenomen langzaam door de sleepboden tot recht boven de drempel getrokken. Tijdens het opvaren ligt de caisson met zijn lengte-as in de stroomrichting teneinde zo weinig mogelijk stroom te vangen. Is de caisson boven de drempel aangekomen dan wordt één hoekpunt ervan scharnierend verbonden met het hoekpunt van een reeds geplaatste caisson. Bij de Volkerakafsluiting zullen de korte verbindingsdraden op dit scharnierpunt niet meer op bolders worden belegd, maar worden vastgemaakt aan lieren met een begrensde kracht. Worden de belastingen te groot, dan laat de lier de draad slippen. De caisson wordt dan tegen de stroomrichting in door de sleepboten ingedraaid totdat zijn lengte-as samenvalt met de lengte-as van de drempel. Is deze positie bereikt dan kan de caisson op het moment dat de stroomsnelheden voldoende zijn afgenomen worden afgezonken. Daartoe draait men de afsluiters open die in de bodem van de caisson zitten. Langzaam zakt de caisson tot op de drempel, daarbij op zijn plaats gehouden door de sleepboten. Daarna worden de houten drijfschotten, welke aan weerskanten van de caisson voor de afdichting zorgden verwijderd, terwijl tegelijkertijd de stalen schuiven in het midden van de caisson worden geheven. Nu kan het water vrijelijk door de caisson stromen. De schuiven hadden tijdens het afzinken tot taak als slingerschotten de stabiliteit van de caisson te vergroten.
Wanneer tenslotte alle caissons zijn geplaatst worden de schuiven tijdens de kentering weer neergelaten, waarmee dan de eigenlijke afsluiting is voltooid.
Deze werkwijze zal nu nader worden toegelicht, vooral met het oog op het erbij optredende krachtenspel.

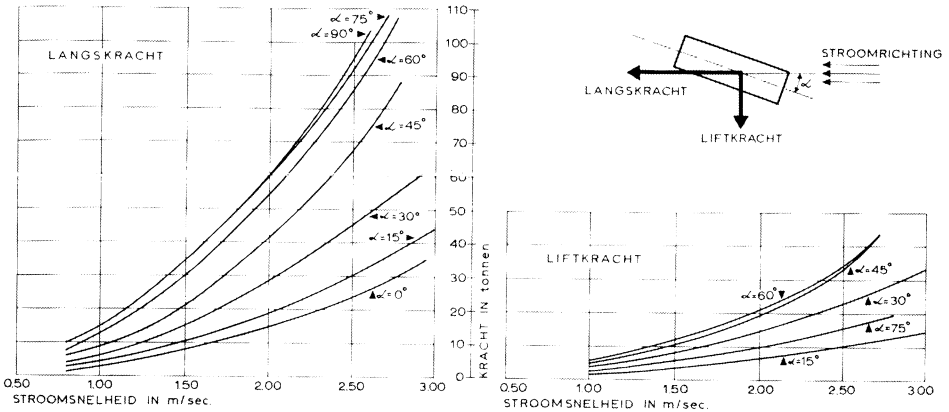


Overzicht van het sluitgat en het bouwdok in het Volkerak

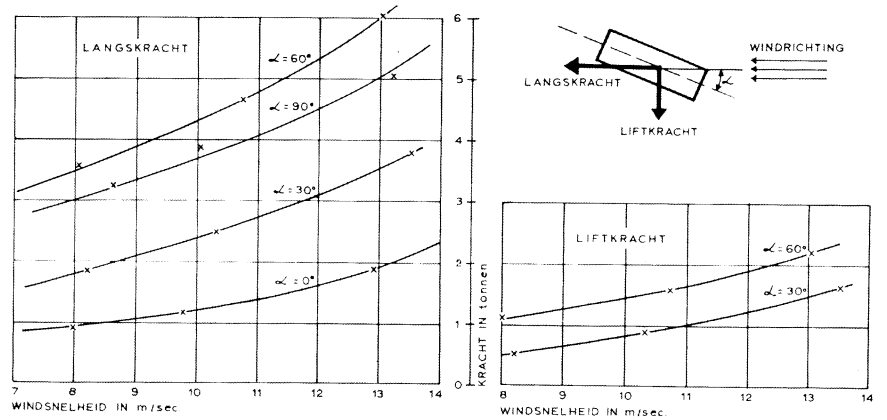
Methode van plaatsen van de caissons

Bij het uitwerken van de plaatsingsmethode is overwogen om behalve sleepboten ook vaste lieren te gebruiken. Deze lieren zouden dan op een verankerde ponton, op de reeds geplaatste caissons of op de wal kunnen worden opgesteld. Mogelijk zou door het gebruik van deze lieren het benodigde aantal sleepboten kunnen worden beperkt. Een aantal sleepboten blijft in ieder geval nodig om de caisson uit het bouwdok naar de omgeving van het sluitgat te brengen en daarvoor is heel wat trekkracht nodig. Daarna echter, wanneer de caisson op korte afstand van de drempel is aangekomen, zou het werk voor een deel door de vaste lieren kunnen worden gedaan. Een bezwaar dat tegen het gebruik van lieren kan worden ingebracht ligt daarin dat hun samenwerking met sleepboten nooit zo soepel kan verlopen als die van sleepboten met elkaar. Het voordeel van het gebruik van boten is dat zij al trekkende aan de caisson een elastisch samenstel vormen. Is de stroom te sterk dan wordt de sleep in zijn geheel wat achteruit gezet om daarna weer langzaam tegen de stroom in te kruipen. Het risico dat de draden waarmee de sleepboten aan de caisson vastzitten breken is hierdoor zeer klein. Bij het gebruik van lieren is het veel groter, tenzij een speciaal type lier met een krachtbegrenzer wordt toegepast. Een ander voordeel van het gebruik van boten is dat de caisson veel minder gaat gieren in de stroom dan bij het gebruik van een vaste draad op een lier en dat dus met kleinere krachten kan worden volstaan. Tenslotte, een lier is aan een vaste positie gebonden en trekt dus gedurende de gehele manoeuvre in één en dezelfde richting. Sleepboten kunnen voortdurend van plaats veranderen, hetgeen vooral bij het indraaien een groot voordeel is gebleken. Op grond van deze overwegingen is afgezien van het toepassen van lieren in combinatie met sleepboten. Er zullen dus voldoende sleepboten aanwezig moeten zijn om de caisson onder alle omstandigheden in bedwang te kunnen houden.
Er is gekozen voor een plaatsingsmethode waarbij de caissons steeds tegen de stroom in naar de drempel worden getrokken en ingedraaid. Een ogenblik is overwogen de caisson met de stroom te laten afvieren. Deze methode is evenwel vanwege de te grote risico's verworpen. Mocht er tijdens het afvieren een draad breken of een sleepboot uitvallen, dan zou de caisson door de stroom meegevoerd worden en tegen de reeds ge-

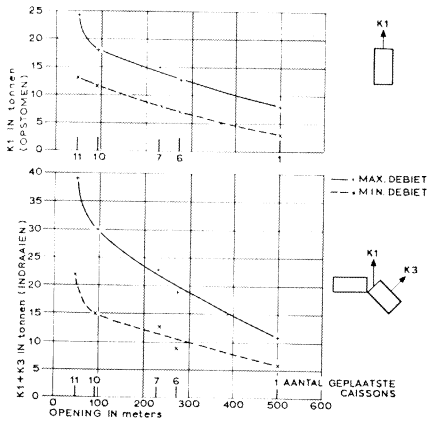
1



2



3



1 Verloop van de krachten die door het stromende water op de caisson worden uitgeoefend, bij variërende aanstroomrichtingen

2 Verloop van de krachten door de wind op de caisson uitgeoefend, bij variërende windrichtingen

3 Naarmate er meer caissons zijn geplaatst nemen de tijdens opvaren en indraaien te leveren krachten toe

plaatste caissons aanbotsen, waarbij er grote kans zou bestaan, dat de drijfschotten het begaven en de caisson zonk. Bij de gekozen werkwijze is dit uitgesloten. Raakt men nu de caisson kwijt, dan drijft hij van het sluitgat af en kan in rustiger water door de boten weer onder bedwang worden gekregen.

Hoogwater- of laagwaterkentering?

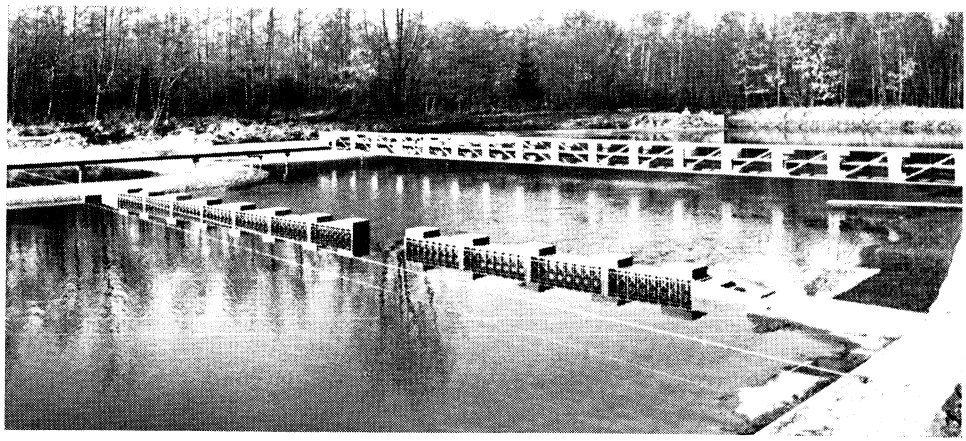
Van alle met de caisson te verrichten handelingen bergt het afzinken de grootste risico's in zich. Immers, wanneer de sleepboten de caisson tijdens het afzinken niet in bedwang kunnen houden en hij door de stroom van zijn plaats wordt gedrukt, dan komt hij of verkeerd op de drempel te staan of, nog erger, half op de drempel en half op de 2 m lager gelegen bodembescherming. Wanneer de caisson niet uit deze positie kan worden verwijderd – en die kans is groot – dan is het twijfelachtig of de afsluiting nog kan worden gerealiseerd.
Het welslagen van de afzinkmanoeuvre hangt van een aantal factoren af, te weten de zinkdiepte en de grootte van de op de caisson door de stroom uitgeoefende krachten, alsmede de variaties die daarin tijdens het afzinken optreden, in samenhang met het gezamenlijk vermogen en de reactiesnelheid van de sleepboten. Daarnaast is het belangrijk dat de caisson nagenoeg rechtstandig zinkt. Afzinkproeven met een modelcaisson in het Nederlandsch Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen, zowel als met een echte caisson in het bouwdok, hebben inmiddels uitgewezen dat de caisson ook bij het zinken geheel aan de verwachtingen voldoet.
De grootte van de door het water op de caisson uitgeoefende krachten hebben een kwadratisch verband met de stroomsnelheid: een 2 maal zo grote stroomsnelheid geeft 4 maal zo grote krachten. Het is dus van het grootste belang dat het afzinken bij zo gering mogelijke snelheden gebeurt, dus rond de kentering. Men kan kiezen tussen de hoogwaterkentering, waarbij de vloedstroom kentert en overgaat in de ebstroom, en de laagwaterkentering, waarbij het omgekeerde gebeurt. Uit metingen en berekeningen is gebleken dat de hoogwaterkentering gemiddeld optreedt bij een waterstand van N.A.P. + 0,95 m, terwijl de laagwaterkentering rond N.A.P. – 0,80 m ligt. Daar de bovenkant van de drempel is gelegen op N.A.P. – 7 m en de caisson een diepgang heeft van 4,80 m bedraagt de zinkweg bij de hoogwaterkentering 3,15 m en bij de laagwaterkentering 1,40 m. De hierbij behorende afzinktijden zijn respectievelijk 7 à 8 en 4 à 5 minuten.
Een korte zinkweg levert minder risico's op dan een lange, en dus zou plaatsing op de laagwaterkentering de voorkeur verdienen. Daartegenover staat evenwel dat het verloop van de stroomsnelheden en het daaruit resulterende verloop van de op de caisson uitgeoefende krachten rond de laagwaterkentering ongunstiger is dan bij de hoogwaterkentering. Dit geldt in nog sterkere mate voor de korte tijd die aan de kentering voorafgaat, en waarin het opvaren en het indraaien moeten plaatsvinden. Nadat de voor- en nadelen tegen elkaar zijn afgewogen is gekozen voor plaatsing tijdens de hoogwaterkentering.

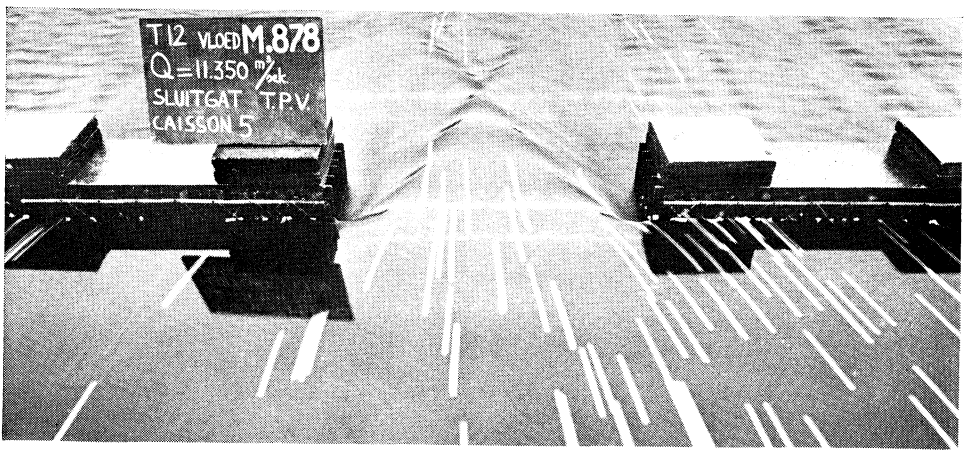
Krachten van water en wind

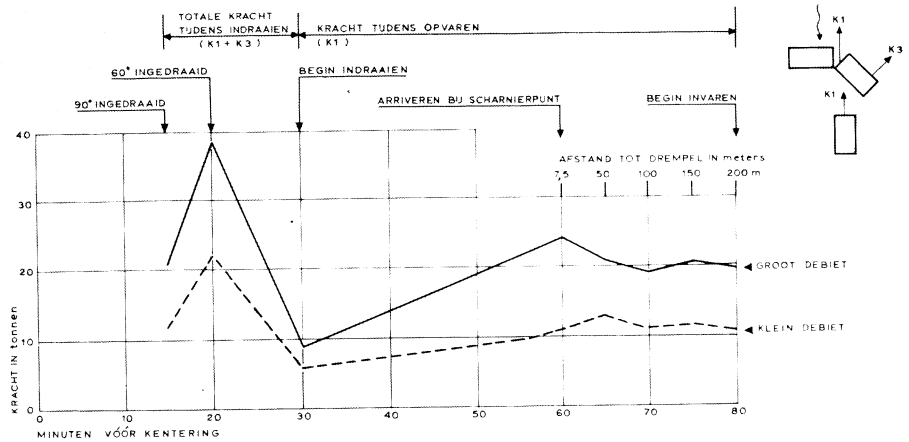
Om te kunnen bepalen hoeveel sleepboten er bij het verslepen van de caissons van het bouwdok naar het sluitgat nodig zullen zijn, dient men te weten welke krachten er bij die manoeuvres geleverd moeten worden. Om hiervan een indruk te krijgen, werd een serie sleep- of weerstandsproeven verricht.

Het verloop van krachten tijdens het opvaren en indraaien van de laatste caisson onder springtij-omstandigheden (groot debiet) en doodtijomstan-standigheden (klein debiet)

Het sluitgat in het waterloopkundig model







Bij deze proeven wordt de caisson gesleept in diep water, waarbij de hoek die zijn lengte-as maakt met de stroomrichting telkens wordt veranderd. De daarbij optredende krachten worden gemeten en ontbonden in twee richtingen, de weerstandskracht die werkt in de richting van de stroom, en de daar loodrecht op staande 'liftkracht'. Op overeenkomstige wijze kan worden bepaald welke krachten er door de wind op de caisson worden uitgeoefend. Bijgaande figuren 1 en 2 geven hiervan een beeld.
Wanneer de caisson de drempel dicht is genaderd wordt het gedrag ervan bepaald door het stroombeeld ter plaatse. Dit stroombeeld wordt beïnvloed door de geplaatste maar openstaande caissons en het nog resterende open gedeelte. Benedenstrooms van de drempel vindt de stroom een wijder doorstroomprofiel en de vertraging die de stroom door deze verruiming van het profiel ondergaat heeft onder meer tot gevolg dat de waterspiegel oploopt.

In het Waterloopkundig Laboratorium is van het sluitgatgebied een model gemaakt, waarin met een model van de caisson werd gemanoeuvreerd. De krachten die hierbij optraden werden gemeten, de resultaten vindt men in de bijgaande grafieken weergegeven. Ter toelichting moet het volgende worden opgemerkt. De caisson vaart naar de drempel en draait in op een moment van het getij waarop de stromen voortdurend afnemen; op de kentering als de stromen afnemen tot nul, wordt hij afgezonken. De stromen variëren echter van dag tot dag als gevolg van astronomische invloeden. Met springtij zijn zij maximaal, met doodtij minimaal.
Daarom bepaalt ook het tijdprogramma, dat is het plan dat aangeeft hoeveel tijd vóór de kentering de caisson zich in een bepaalde positie moet bevinden, in belangrijke mate de totaal benodigde trekkracht. Naarmate de handelingen met de caisson sneller kunnen worden uitgevoerd en dus korter voor de kentering vallen zijn de stromen geringer en kan met geringere kracht worden volstaan. In de bijgevoegde grafieken wordt uitgegaan van een tijdschema waarbij de caisson op 80 minuten voor kentering vanuit een positie op 200 m benedenstrooms van de drempel begint op te varen en op 55 minuten voor kentering bij het scharnierpunt arriveert, waarna op 30 minuten voor de kentering met indraaien wordt begonnen, 15 minuten later is deze handeling voltooid. Juist op de kentering moet de caisson worden afgezonken. Wanneer de manoeuvres

Schema van de posities van de sleepboten rond een te plaatsen caisson

1 Varende naar het sluitgat en geparkeerd tot 40 minuten vóór kentering

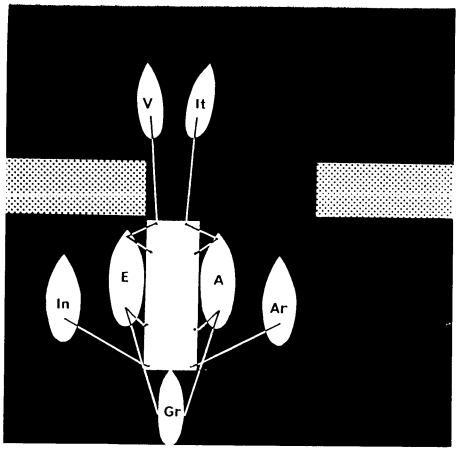
2 Geparkeerd vanaf 40 minuten tot 30 minuten voor kentering

3 Invaarmanoeuvre; caisson op 30°

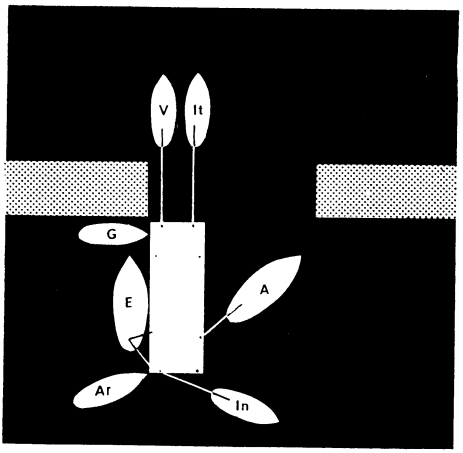
4 Invaarmanoeuvre; caisson op 60°

5 Afzinkpositie, begin van het wegtrekken der drijfschotten

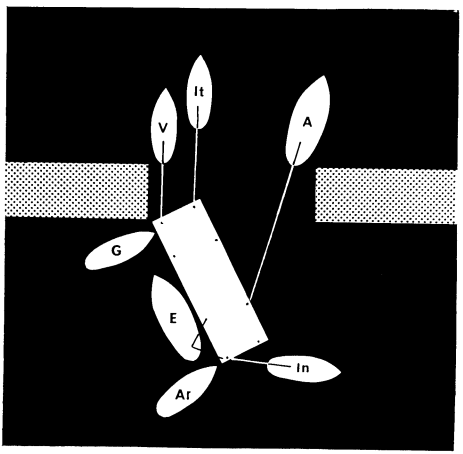
1



2



3



A : Azië ± 18 ton

Ar : Argonaut ± 12 ton

E : Europa ± 18 ton

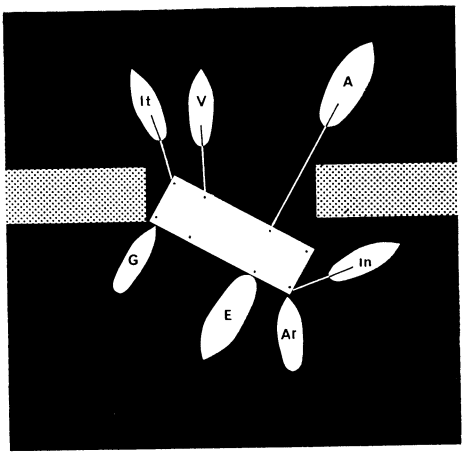
G : Groenland ± 7 ton

In : Independent ± 12 ton

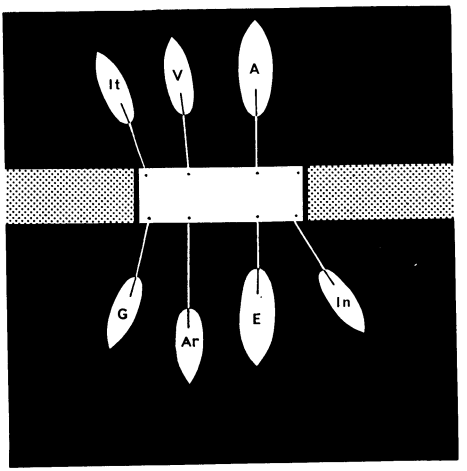
It : Italië ± 12 ton

V : Volharding ± 12 ton

4



5



meer tijd mochten vergen dan was voorzien, dan kan de caisson ook nog vlak na de kentering worden afgezonken. De tijd na de kentering wordt dus als reserve beschouwd. De grafieken geven de krachten die volgens dit tijdschema zullen optreden voor de maximaal en minimaal te verwachten stromen, bij het opvaren en indraaien van de laatste caisson.

Tijdens het opvaren wordt een maximale kracht bereikt van ± 24 ton wanneer de caisson tot op 7,5 m uit de as van de drempel is genaderd en gereed ligt in de positie waarop het scharnierpunt wordt geformeerd.

Tijdens deze werkzaamheden neemt de stroom en daarmee de kracht af totdat met indraaien wordt begonnen en de krachten sterk oplopen tot een maximale waarde van ± 40 ton op het moment dat de caisson 60° is ingedraaid. Daarna nemen de krachten af tot circa 20 ton als de caisson volledig is ingedraaid.

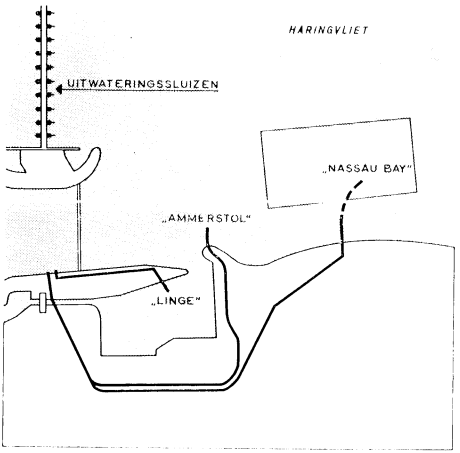
Bij de voorgaande caissons zijn de te leveren krachten geringer. Figuur 3 geeft aan hoe de krachten oplopen naarmate er meer caissons zijn geplaatst.

Nu inmiddels de voor het plaatsen van de caissons te leveren krachten bekend zijn kan worden bepaald hoeveel sleepboten moeten worden ingezet. Daarbij moet worden bedacht dat naast de kracht die een sleepboot kan leveren ook zijn wendbaarheid en diepgang van belang zijn. Verder is het in verband met het manoeuvreren gewenst dat het totaal aantal sleepboten dat aan een caisson trekt zo klein mogelijk wordt gehouden. Er is derhalve gezocht naar sterke, gemakkelijk wendbare boten. Het type dat aan deze wensen voldoet wordt o.a. gebruikt bij het binnenbrengen van grote zeeschepen in het Europoortgebied.

De volgende sleepboten zullen worden ingezet: de Azië en de Europa van elk 1500 pk; dit zijn bijzonder wendbare propellerboten van het Voith-Schneider-type; voorts de Volharding XII, de Italië, de Argonaut en de Independent, ieder van 900 pk, en de Groenland van 500 pk.

Een mogelijke opstelling van de boten rond de caisson bij het opstomen, het indraaien en het afzinken wordt schematisch weergegeven op deze en de vorige bladzijde. Het zal duidelijk zijn dat tijdens de werkzaamheden zodra zulks wenselijk zou blijken wijzigingen in dit schema kunnen worden aangebracht.

Afsluiting van het Noord-Pampus



Op maandag 30 september 1968 werden de 34 schuiven van de uitwateringssluizen in het Haringvliet geheven. De toeleidingsgeulen zowel aan de zee- als aan de rivierzijde waren tot N.A.P. – 6 m uitgediept. Daartoe was in anderhalf jaar ongeveer 3 miljoen m³ grond verwijderd. Door het heffen van de schuiven werd het doorstromingsprofiel van het Haringvliet in het dwarsprofiel over de uitwateringssluizen met 5500 m² beneden de N.A.P.-lijn vergroot. Het gevolg was dat de stroomsnelheden ten noorden van de uitwateringssluizen in het Rak van Scheelhoek, en ten zuiden ervan in het Noord-Pampus sterk afnamen. Hierdoor werd het mogelijk het 400 m brede Noord-Pampus met behulp van ter plaatse gewonnen zand dicht te spuiten. De afsluiting van de zuidelijke geul zou weer 2500 m² afnemen van het kort tevoren met 5500 m² verruimde doorstromingsprofiel.

In het Waterloopkundig Laboratorium waren van tevoren proefnemingen verricht om na te gaan of de stroomsnelheden in het Noord-Pampus door het openen van de uitwateringssluizen voldoende terug zouden vallen om de geul met ter plaatse gewonnen zand te kunnen sluiten. Tevens was onderzocht of de stroomsnelheden in het zich steeds vernauwende sluitgat niet te hoog zouden oplopen. Het bleek in het Laboratorium mogelijk om het Noord-Pampus onder de te verwachten omstandigheden volledig met zand te sluiten. Voor onverwachte moeilijkheden werd 40 000 ton mijnsteen bij de hand gehouden om de sluiting zo nodig te forceren.

Hoeveel zand er wekelijks zou moeten worden gespoten bepaalde men door weersomstandigheden te veronderstellen die zouden resulteren in vloedsnelheden tot 1,20 m/sec. Tevens werd het optreden verdisconteerd van zandverliezen, waarvan de grootte met behulp van eerder opgedane praktijkervaringen globaal kon worden berekend. Om de gewenste voortgang van de sluiting te verkrijgen werd de minimaal gewenste zandhoeveelheid op 150 000 m³ per week bepaald. Hierbij inbegrepen was een berekend verlies van ca. 10 % van de over de hele periode totaal in te brengen hoeveelheid zand, het slib – alle deeltjes kleiner dan 50 mikron – niet meegerekend. Aangezien voor het leggen van de beteugelingsdam zonder verliezen globaal 1 miljoen m³ zand nodig was, kon de sluiting wanneer er geen complicaties optraden in ongeveer 8 weken haar beslag krijgen. Uit grondboringen was gebleken dat het benodigde zand ongeveer 2,5 km van de sluiting kon worden gewonnen.

Detailboringen in het wingebied gaven beneden N.A.P. – 7 à 9 m hoge slibgehaltes te

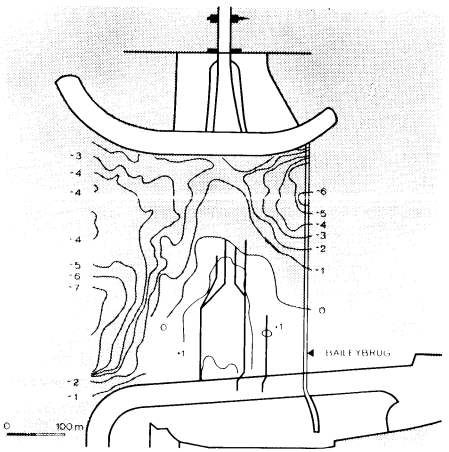


1 Stand van de sluiting op 8-11-'68

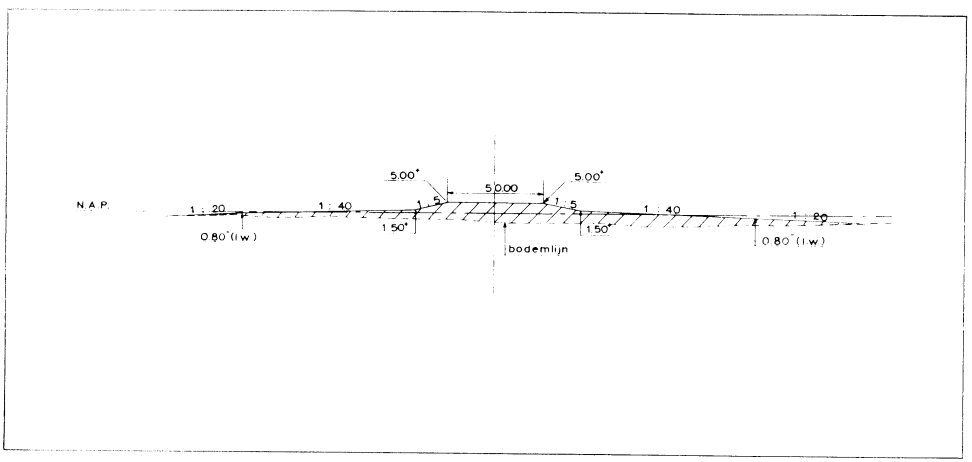
2 Dwarsprofiel van de dam

3 Profiel in de as van de uitwateringssluizen tijdens de sluiting

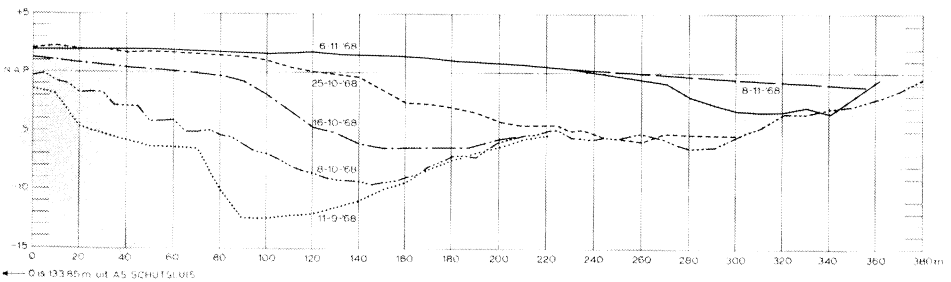
1

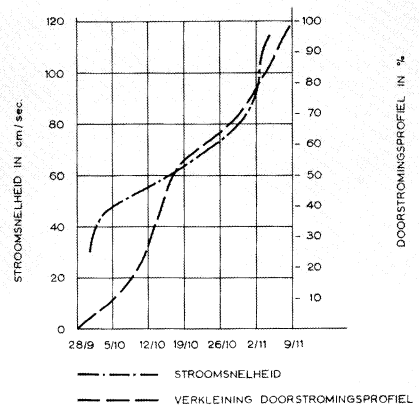


2



3





Verloop van de maximale stroomsnelheid en de verkleining van het doorstroomprofiel tijdens de sluiting

zien van 20 tot 40 %. Tot N.A.P. – 7 à 9 m echter bleef het slibgehalte beperkt tot 10 à 15 %.

Verwacht kon worden dat het slib door de aanwezige getijbeweging wel weggespoeld zou worden, maar door de geringe stroomsnelheden tijdens het eerste driekwart deel van de sluiting niet ver. Het uiteindelijke damlichaam dat over de beteugelingsdam moest komen te liggen, zou van de neergeslagen sliblagen hinder kunnen ondervinden. Het slib zou ook de toegang tot de vissershaven kunnen blokkeren. Aangezien de haven bereikbaar moest blijven, zowel voor werkverkeer als voor de vissers van Goeree en Stellendam, was het zaak te voorkomen dat er veel slib zou worden afgezet. Daarom werd besloten op de winplaats tot maximaal 7 à 9 m beneden N.A.P. te zuigen. Als voorzorgsmaatregel werd bovendien de vaargeul naar de haven, voordat met spuiten werd begonnen, op een grotere diepte gebracht, en wel op ongeveer N.A.P. – 5 m. Dat dit geen overbodige maatregel is geweest bewees de overgebleven diepte nadat de primaire dam was aangebracht.

Er waren twee mogelijkheden om te sluiten. Men kon van noord naar zuid of van zuid naar noord werken. Ook is nog in overweging genomen of vanaf beide zijden gewerkt kon worden, maar dat bracht te veel praktische bezwaren mee. Om de dam van noord naar zuid te spuiten zou men langere persleidingen nodig hebben, maar daar stond als voordeel tegenover dat juist in de laatste fase van de sluiting, wanneer de grootste verliezen verwacht werden, een groot deel van het door de stroom meegevoerde zand nog zou neerslaan binnen het profiel van de uiteindelijke dam. Nadelig was, dat de voortgang van de sluiting juist in de laatste fase de meeste tijd zou vergen, omdat dan het diepste gedeelte volgespoten moest worden. Daarom werd toch de voorkeur gegeven aan sluiting van het zuiden naar het noorden omdat daarbij als laatste het minst diepe deel van de geul werd gedicht zodat de voortgang in de eindfase het snelst zou zijn. Ook kon bij deze opzet een veel eenvoudiger perspijpenplan worden gemaakt. Om moeilijkheden te voorkomen die konden ontstaan wanneer stroomsnelheden in het sluitgat het restant van de ringdijk van de uitwateringssluizen zouden aantasten, werden op het mogelijk bedreigde punt twee zinkstukken aangebracht.

Voor de sluiting werden twee cutterzuigers ingezet, de 'Nassau Bay' en de 'Ammerstol'. Gedurende de eerste vier weken werd de geperste hoeveelheid zand aangevuld met een hoeveelheid die gewonnen werd uit de verdieping tot N.A.P. – 10 m van de toeleidings-

geulen. Dit zand werd geklapt in het diepste gedeelte van het Noord-Pampus. In de derde week werd de cutterzuiger 'Linge' ingezet, die de 200 000 m³ grond wegzoog die voor dat doel in de vissershaven aan de oostzijde van de dam was achtergehouden. De 'Nassau Bay', met een vermogen van 2 x 2200 pk op de pompen en 800 pk op de cutter, bracht zijn specie via een drijvende leiding, een walaansluiting met behulp van een perssteiger en persleidingen zuidelijk van de binnenhaven, naar de te maken dam. De 'Ammerstol', met 2 x 1300 pk op de pompen en 500 pk op de cutter, perste via een drijvende leiding, een walaansluiting op de oostelijke dam van de vissershaven en eveneens met persleidingen zuidelijk van de binnenhaven naar de beteugelingsdam. De 'Linge' tenslotte, met 2 x 765 pk op de pompen en 300 pk op de cutter, perste via een drijvende leiding en een walaansluiting op de westelijke havendam naar de sluitplaats. Het klappen van zand begon al op 30 september, terwijl de 'Nassau Bay' en de 'Ammerstol' op respectievelijk 1 en 2 oktober met persen aanvingen.

Er werd globaal vier etmalen achtereen gespoten – van maandagmiddag tot vrijdagmiddag – daarna lag het werk tijdens het weekeind 3 etmalen stil. De hoeveelheden van de cutterzuigers werden bepaald door wekelijkse peilingen in het wingebied. Het slib is derhalve wel meegerekend, hoewel het buiten de beteugelingsdam is beland.

Gedurende de hele sluitingsperiode waren de weersomstandigheden gunstig. Er traden niet of nauwelijks waterstandsverhogingen op; dat, en de gunstige totaalproduktie per week maakte dat het sluiten zeer voorspoedig ging.

Er werd gespoten tot een hoogte van ongeveer N.A.P. + 1 m; dat was de hoogte die men met H.W. kon bereiken. Gedurende een groot deel van het werk werd de vorm van de beteugelingsdam zoveel mogelijk aangehouden. Op het laatst is men, om snel te dichten, met een smallere dam doorgestoten. Op het gedeelte dat tot N.A.P. + 1 m gebracht was, werden perskaden tot N.A.P. + 3,50 m gemaakt, waarna het daartussen liggende gedeelte werd volgespoten.

De onderwatertaluds van het zand varieerden tussen de 1 : 14 en 1 : 17, terwijl in de getijzone taluds van 1 : 100 en meer voorkwamen.

Na het openen van de schuiven werd op 1 en 2 oktober een continu-meting gedaan in het Noord-Pampus.

Op 9 en 10 oktober werd eenzelfde soort meting verricht over het gehele dwarsprofiel van de rivier, de uitwateringssluizen mee inbegrepen. Nadat eind oktober de sluiting van het Noord-Pampus voor ongeveer tweederde was voltooid, werden de stroomsnelheden tot het afsluiten van de geul onafgebroken gemeten. De figuur op de vorige bladzijde geeft het verloop aan van de maximale snelheden tijdens eb. Toen bleek dat het sluiten sneller ging dan was verwacht, besloot men in het weekeind door te persen, om het tempo nog enigszins te forceren. Men zag een kans om voor het volgende springtij klaar te komen. Vanaf 28 oktober bleef de 'Nassau Bay' ononderbroken doorpersen; zonodig zou de 'Ammerstol' in de daaropvolgende weekends assistentie blijven geven. Dit bleek al niet meer nodig, want op vrijdag 8 november tegen het ochtend laagwater kon het Noord-Pampus afgesloten worden. Het was omstreeks 11.30 uur. 's Morgens was het gat door het persen zoveel opgevuld dat een bulldozer met een gereed liggende hoop zand en mijnsteen de resterende opening kon dicht schuiven. Het snel opkomende water van die vrijdagmiddag trok nog over de mijnsteendam, hetgeen zich de volgende dag op een klein gedeelte van de dam herhaalde. Vrijdagmiddag werd de mijnsteendam boven hoogwater, N.A.P. + 3,50 m, uitgereden terwijl vanaf de zanddam een perskade op dezelfde hoogte in de richting van de mijnsteendam werd aangebracht. Zaterdag 9 november werd deze dam vóór het middag-hoogwater voltooid, waardoor de sluiting een feit was.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De bodemgesteldheid van het Lauwerszeegebied

In mei 1969 zal de Lauwerszee van het buitenwater worden afgesloten. Daardoor wordt een gebied dat bestaat uit kwelders, bezinkvelden van de landaanwinningswerken, platen en geulen aan de invloed van de getijbeweging onttrokken. Bij het streefpeil van N.A.P. – 0,83 m zal ongeveer 7100 ha droogvallen, terwijl de resterende 2000 ha met water bedekt blijft.
Het inmiddels ontworpen bestemmingsplan voor de Lauwerszee – zie Driemaandelijks Bericht nr. 46, november 1968 – laat zeer verschillende gebruikswijzen zien, die een sterk uiteenlopende bodemgesteldheid veronderstellen. Recreatiegebieden zullen bij voorkeur op gronden worden aangelegd die goed begaanbaar zijn en waaruit de overtollige neerslag snel kan worden afgevoerd. Hetzelfde geldt voor terreinen, bestemd voor rij-oefeningen met militaire voertuigen; maar bovendien moeten deze terreinen een goede draagkracht hebben. Voor deze bestemmingen zullen dus in de eerste plaats zandgronden in aanmerking komen. Voor zuivere akkerbouw komen deze mariene zandgronden echter niet in aanmerking met het oog op stuifgevaar en droogtegevoeligheid. Hiervoor zijn de zavel- en kleigronden meer geschikt. Bij het ontwerpen van het bestemmingsplan is een vruchtbaar gebruik gemaakt van de door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders samengestelde bodemkaart om de mogelijkheden van de verschillende gedeelten na te gaan. Indien op grond van de bodemgesteldheid meer dan één bestemming mogelijk is, zullen andere overwegingen, bijvoorbeeld planologische, de doorslag moeten geven.

De resultaten van bodemonderzoek in 1890, 1904 en 1927 hadden reeds uitgewezen, dat een groot deel van de Lauwerszee uit zandgrond bestaat. Aangezien de wijze waarop grondmonsters ten behoeve van bodemkundige doeleinden worden geanalyseerd, zich omstreeks 1935 sterk heeft gewijzigd, zijn deze oudere onderzoekingen echter moeilijk te gebruiken bij het vervaardigen van bodemkaarten volgens moderne inzichten.
Bij een verkenning van de bodemgesteldheid van het Waddengebied gedurende de jaren 1950 tot en met 1955 is in 1952 tevens een verkenning van het Lauwerszeegebied uitgevoerd. Het net van boorpunten was toen tamelijk ruim. In de jaren 1958 tot 1968 is het gehele gebied meer intensief opgenomen, teneinde ten behoeve van het opstellen van plannen over gedetailleerde gegevens te kunnen beschikken. Een definitieve bodemkaart zal pas kunnen worden gemaakt nadat de afsluiting is voltooid, omdat in een ge-





Het Lauwerszeegebied van west naar oost; op de achtergrond Zuidkamp en het Reitdiep

bied dat onderhevig is aan getijbewegingen altijd grotere of kleinere veranderingen in de bodemgesteldheid optreden als gevolg van sedimentatie en erosie.
In een bijgevoegde figuur is aan de hand van de bij de laatstgenoemde opnamen verkregen gegevens de gesteldheid weergegeven van de laag van 0 tot 25 cm beneden het maaiveld. Dat is ongeveer de toekomstige bouwvoor. Het reproduceren van een kaart die de bodemgesteldheid gedetailleerd weergeeft, is in dit tijdschrift niet mogelijk, omdat de bodemgesteldheid in een niet onbelangrijk deel van het gebied over korte afstand zo snel wisselt, dat voor een juiste weergave een schaal 1 : 10 000 nodig is. Bovendien is het gebruikelijk op bodemkaarten de aard van het profiel tot een diepte van 80 cm tot een meter beneden het maaiveld weer te geven. Ook dit is op de hier gebruikte schaal niet mogelijk. Daar staat tegenover dat de gesteldheid van de bovenste laag van het profiel wel het belangrijkste is, omdat eigenschappen als stuifgevoeligheid, begaanbaarheid, bewerkbaarheid, vruchtbaarheid in belangrijke mate door deze laag worden bepaald. Bovendien is er veelal een zekere correlatie tussen de zwaarte van de bovenste laag en die van de wat dieper gelegen lagen. Ruwweg zijn de diepere lagen even zwaar of lichter dan de bovenste laag. Bijgaande bouwvoorkaart geeft dus tevens een ruwe indicatie voor de gesteldheid van de diepere lagen tot 70 cm à 1 m beneden het maaiveld.
Het is onmogelijk alle eigenschappen van een grond op één kaart te verenigen. Men kiest dan één, zonodig meer, kenmerkende eigenschappen, waar andere eigenschappen een bekende samenhang mee vertonen. In mariene sedimenten neemt men daarvoor veelal het lutumgehalte. Dat is het gewichtspercentage op droge grond aan deeltjes die kleiner zijn dan 0,002 mm. Hoe hoger dit lutumgehalte is, des te kleiiger gedraagt de grond zich. De voor mariene sedimenten gebruikelijke indeling in 10 klassen is voor ons doel niet bruikbaar; op het bijgevoegde bodemkaartje is terwille van de overzichtelijkheid telkens een aantal lutumklassen samengevoegd.

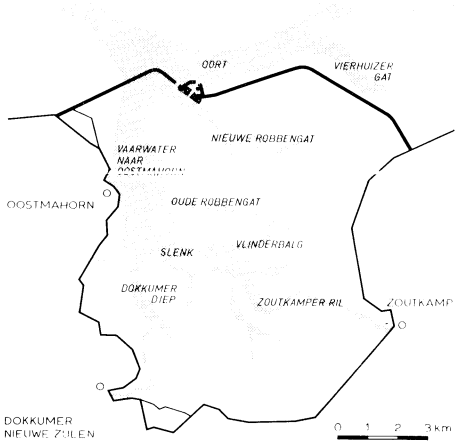
Tabel 1. Indeling naar lutumgehalte van jonge mariene gronden

Gebruikelijke indeling			Vereenvoudigde indeling	
code	lutumgehalte	benaming	klasse	benaming
0	0 – 1,5	kleiarm zand A	I	kleiarm zand
1	1,5– 3	kleiarm zand B		
2	3 – 5	kleihoudend zand A	II	kleihoudend zand
3	5 – 8	kleihoudend zand B		
4	5 – 8	lichte zavel A	II	lichte zavel
5	8 –12	lichte zavel B		
6	12 –18	zware zavel A	IV	zware zavel
7	18 –25	zware zavel B		
8	25 –35	klei A	V	klei
9	35 –50	klei B		
10	> 50	klei C		

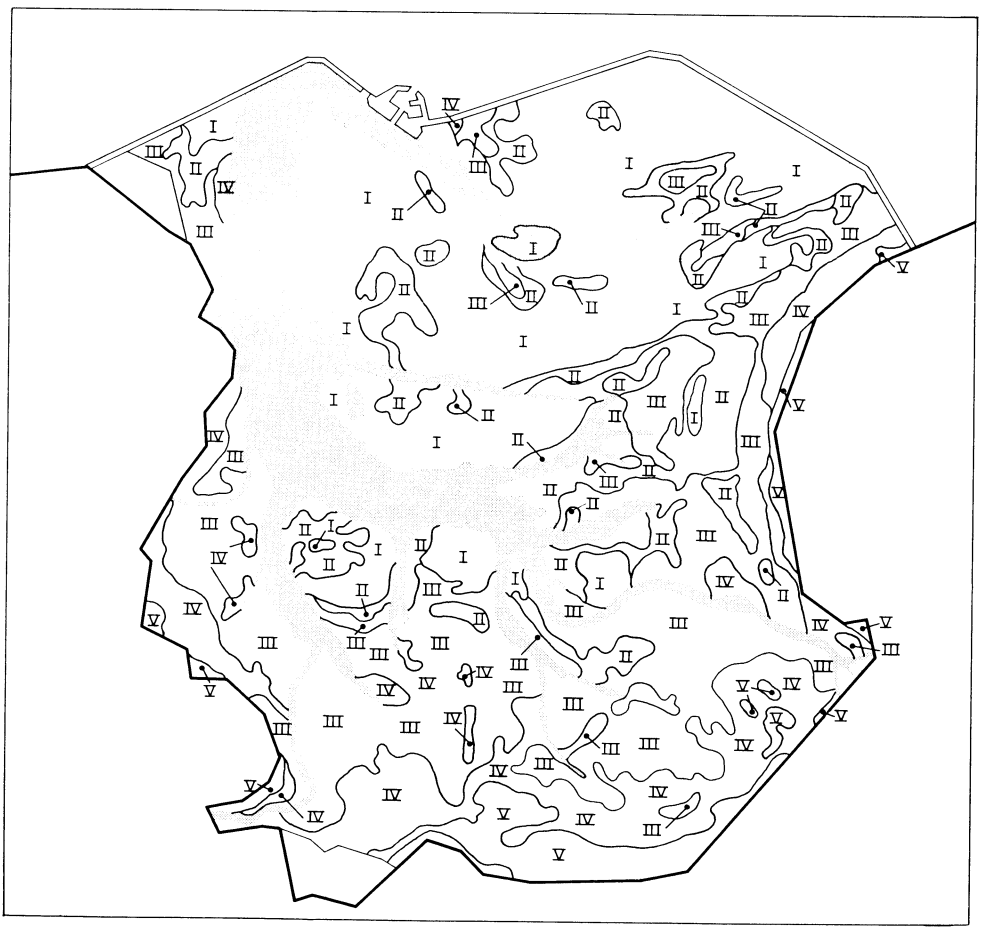
Ook de bij gronden met minder dan 8 % lutum gebruikelijke nadere indeling naar de fijnheid van het zand moest op het kaartje achterwege blijven.

De regionale verspreiding van de verschillende lutumklassen hangt nauw samen met de sedimentatie-omstandigheden. Naarmate het milieu in sterkere mate onderhevig is aan

golf- en stroomaanval, zal het water woeliger zijn. Dit heeft tot gevolg dat de fijne bestanddelen minder gelegenheid zullen verkrijgen om te bezinken in dit turbulente water, en zo zij al worden afgezet zullen zij sneller weer worden opgewoeld dan in rustiger water. In het Lauwerszeegebied komen in grote trekken twee gradiënten in het lutumgehalte voor. Het gehalte loopt op van noord naar zuid en van het diepere water in de richting van de kust. Tal van plaatselijke omstandigheden beïnvloeden dit beeld echter. De kleiarme zandgronden van groep I worden vooral aangetroffen op de platen ten noorden van de Slenk, die bij winden tussen noordwest en noordoost blootgesteld zijn aan een sterke aanval door stroom en golven. Dit gedeelte sluit het meeste aan bij de bodemgesteldheid die ook op de eigenlijke wadden wordt aangetroffen. In de luwte van het werkeiland en van een in 1963 aangelegd dijkgedeelte is inmiddels lutumrijker materiaal van groep III en IV afgezet, dat begrensd wordt door kleihoudend zand van groep II. Aan het einde van de geulen wordt veelal ook lutumrijker materiaal aangetroffen, doordat de stroomsnelheden daar geringer zijn en het slibrijkste water bij opkomende vloed naar deze uiteinden wordt gestuwd. Duidelijk komt dit bijvoorbeeld tot uiting bij de uiteinden van het Oude en Nieuwe Robbengat en de Vlinderbalg. De aanwezigheid van iets lutumrijkere afzettingen ten noorden van de uitlopers van het Nieuwe Robbengat wordt, evenals ten noorden van de mond van het Oude Robbengat, veroorzaakt door de aanwezigheid van mosselbanken.
De rust in het water neemt in de richting van de kust in het algemeen toe, doordat de stroomsnelheden geringer zijn en het slibrijkste eerste vloedwater naar de kust wordt gestuwd. Vooral voor het noordelijke gedeelte van de Westpolder komt dit tot uiting. Dit kustgedeelte heeft enigszins een wantijkarakter door zijn ligging tussen de twee grote geulsystemen van Nieuwe Robbengat enerzijds en Oort/Vierhuizergat ten noorden van de afsluitdijk anderzijds.
De bodemgesteldheid voor de Westpolder is nog door twee andere factoren beïnvloed en wel door de landaanwinningswerken en door de hoogteligging. Door het aanleggen van landaanwinningswerken wordt het water veel rustiger, terwijl de indroging van het afgezette slik door ontwatering met behulp van een stelsel van greppels en sloten wordt bevorderd; er komt dan lutumrijker sediment tot afzetting. De scheiding tussen groep II en III valt in het zuidelijk deel van dit gebied precies samen met de achterste begrenzing van de landaanwinningswerken. Meer naar de afsluitdijk doet ditzelfde geval zich voor tussen groep III en groep IV. In tegenstelling tot de normale situatie, waarbij de grenzen tussen de verschillende lutumklassen vrijwel nooit recht zijn, zijn de bodemlijnen in deze gevallen kaarsrecht als gevolg van het ingrijpen van de mens. Buitendijks van de Westpolder ligt een kweldergebied. De grond is er zwaar, groep V, en het niveau boven gemiddeld hoog water. Deze terreinen zijn begroeid en van een kunstmatig ontwateringssysteem voorzien. De eenmaal bezonken fijne bestanddelen worden hier door de begroeiing tegen erosie beschermd.
Het gebied tussen de Vlinderbalg en de Zoutkamperril is reeds belangrijk lutumrijker dan de noordelijke platen. De meer beschutte ligging verder van het open wad is de oorzaak van deze grotere lutumrijkdom. In het gedeelte van de Lauwerszee ten zuiden van de Slenk en de Zoutkamperril wordt eenzelfde stramien aangetroffen als in het noordelijke gedeelte. Het patroon is echter regelmatiger, terwijl het lutumgehalte als gevolg van de luwere ligging belangrijk hoger ligt. Slechts op de plaatgedeelten die grenzen aan de Slenk, wordt nog een kleine oppervlakte kleiarm en kleihoudend zand aangetroffen. Beide gaan vrij spoedig over in lichte zavel van groep III, die een belangrijk deel van het zuiden van de Lauwerszee beslaat. In de richting van de kust neemt het lutumgehalte regelmatig toe, zodat langs de kust een vrij brede zone tot groep IV moet worden ge-



Sterk vereenvoudigde bouwvoorkaart van de Lauwerszee



Tabel 2. Overzicht van de gebruiksmogelijkheden van de verschillende grondsoorten (profiel homogeen verondersteld tot 1 m beneden maaiveld)

gebruiksmogelijkheid	grondsoort volgens de gebruikelijke indeling									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Landbouw										
akkerbouw	–		–	–	–	+	+	+	+	+
weidebouw	+*	+*	+*	+	+	+	+	+	+	+
Tuinbouw										
hyacintenteelt	+*	–	–	–	–	–	–	–	–	–
tulpenteelt	+*	+*	+*	+	+	+	±	±	–	–
groenteteelt open grond	+*	+*	+*	+	+	+	±	±	–	–
groenteteelt onder glas	–	–	±	–	–	–	±	+	–	–
fruitteelt	–	–	–	–	–	–	±	+	+	–
Bosbouw/recreatie										
bos	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
verpozingsrecreatie	+	+	±	–	–	–	–	–	–	–
verblijfsrecreatie	+	+	±	–	–	–	–	–	–	–
wandelrecreatie	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
natuurterreinen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Militair oefenterrein										
schietterrein	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
rijterrein	+	+	±	–	–	–	–	–	–	–

\+ geschikt
± matig geschikt
– ongeschikt
* alleen geschikt met kunstmatige waterafvoer.

rekend. Langs de dijk komt tenslotte nog een zone voor met lutumgehalten tot 40 %, behorend tot groep V, die voornamelijk uit kwelders bestaat. De uitstulping van dit gebied in noordelijke richting, ongeveer in het midden van de zuidkust, is een gevolg van de aanwezigheid van hooggelegen, begroeide bezinkvelden. Een dergelijke uitstulping van het gebied van groep IV voor de zuidelijke dijk heeft dezelfde oorzaak. De invloed van de landaanwinningswerken is hier geringer dan in het noordelijk deel, doordat er een matig onderhoud toelaatbaar was vanwege de goede bodemkwaliteit. Ook de invloed van de geuluiteinden lijkt minder uitgesproken. Dit is ten dele slechts schijn en het gevolg van de grotere trajecten die de lutumklassen hier beslaan. Uit gedetailleerde gegevens blijkt echter dat de sedimenten ook hier aan het uiteinde van de geulen lutumreiker zijn.
Het gebied ten westen van het Dokkumer Diep is eveneens lutumrijk, doordat het door

het oude land goed afgeschermd wordt tegen overheersende westelijke winden, waardoor de golfaanval en daarmee de turbulentie in het water gering is. Gezien de relatief geringe afstanden tot het Dokkumer Diep treden ook geen grote stroomsnelheden op. Het gebiedje ten noorden van Oostmahorn tenslotte heeft een zeer afwisselende bodemgesteldheid door de aanwezigheid van een paar kleine kweldertjes en mosselbanken en het aan de oppervlakte voorkomen van oudere klei-afzettingen, zoals in het strookje klei groep V, langs het Vaarwater naar Oostmahorn. De kaart geeft hier een sterk vereenvoudigd beeld van de werkelijkheid.

Zoals reeds is opgemerkt is de ondergrond veelal lutumarmer dan de bovengrond. Daar waar zavel en klei aan de oppervlakte liggen, is het lutumgehalte van de lagen tot 60 à 80 cm beneden het maaiveld globaal één, soms twee lutumgroepen lager. Het lutumgehalte neemt veelal geleidelijk met de diepte af. Beneden 60 à 80 cm beginnen de profielen nogal eens kleihoudend en soms kleiarm zand te vertonen. De ondergrond van zeer lichte zavel bestaat zeer vaak uit zand. De ondergrond van de zandige afzettingen bestaat vrijwel altijd uit zand, tenzij oudere klei- en soms veenlagen ondiep in het profiel voorkomen.

Bij het opstellen van een bestemmingsplan voor het gebied dat straks droog zal vallen, is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de voorhanden kennis omtrent de eisen die iedere gebruikswijze van de bodem stelt. In het algemeen kon aan de hand daarvan voor de agrarische bestemmingen tamelijk nauwkeurig worden aangegeven welke grondsoorten voor bepaalde gebruikswijzen geschikt zijn. Veelal is de grens tussen geschikt en ongeschikt niet precies bij een bepaalde grondsoort te trekken, doch is er een overgangsgebied dat 'matig geschikt' genoemd kan worden. Van de eisen die bosbouwkundige en recreatieve bestemmingen en de bestemming als militair oefenterrein stellen, was veel minder bekend. Hiervoor zijn de eisen zo goed mogelijk getaxeerd. De relatie tussen gebruiksmogelijkheden en grondsoort, gevonden aan de hand van de eisen die iedere gebruikswijze stelt, is weergegeven in tabel 2.

Bij het opstellen van tabel 2 is er vanuitgegaan dat het profiel tot 1 m beneden het maaiveld homogeen is, dat wil zeggen tot dezelfde lutumklasse behoort. Deze situatie is in feite vrij zeldzaam. Bij heterogene profielen zal per geval moeten worden nagegaan in hoeverre het profiel niet meer voldoet aan de eisen die een bepaalde gebruikswijze stelt. Voor de bouwvoorkaart kan ruwweg worden gesteld dat in het zuiden de profielen als homogeen kunnen worden geschouwd, omdat de heterogeniteit ervan niet storend is. In het noorden is de afwijking tussen boven- en onderlaag der zwaardere gronden meestal tamelijk groot, zodat de profielen allesbehalve homogeen zijn. De bouwvoorkaart geeft dan onvoldoende informatie.

Wanneer men het bestemmingsplan (zie Driemaandelijks Bericht nr. 46, november 1968) legt naast de bodemkaart, en ze vergelijkt met behulp van de gegevens van tabel 2, blijkt dat de bodemgesteldheid in de meerderheid der gevallen de doorslag heeft gegeven bij het bepalen van de bestemmingen. In de enkele gevallen, dat bestemmingen zijn geprojecteerd op gronden die daar volgens tabel 2 niet geschikt voor zijn, hebben andere dan bodemkundige factoren een alles overheersende rol gespeeld.

Bijdrage verzorgd door de Rijksdienst voor de IJselmeerpolders

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput

Nadat de stortebedden waren gereedgekomen werd begonnen met het wegbaggeren van het noordwestelijk kwadrant van de ringdijk om de bouwput en het profileren van het dijkgedeelte dat voorlopig nog gehandhaafd blijft. Het boven water gelegen talud werd met een dragline onder profiel gebracht; daarna werd er een verdediging op aangebracht van grind en stortsteen. Het onderwatertalud werd tot N.A.P. – 10 m onder profiel gebaggerd en verdedigd met zinkstukken. Daarna werd het profiel gebaggerd tussen N.A.P. – 10 en – 15 m. Bij de andere kwadranten werd voortgegaan met het opruimen van de bezinking.
Al het gebaggerde zand werd geklapt in het tracé van de dam door het Rak van Scheelhoek.
Er werd 274 000 m³ zand gebaggerd en geklapt, 9000 m² zinkstuk gezonken en 6600 ton grind en 2800 ton stortsteen verwerkt.

Afsluiting van het Noord-Pampus; aanleg van de buitenhaven

Nadat de uitwateringssluizen op 30 september waren opengezet, kon worden begonnen met de afsluiting van het Noord-Pampus. Reeds op 2 oktober werd begonnen met zandspuiten vanaf de ringdijk rond de schutsluis. Het zand werd op $2\frac{1}{2}$ km ten oosten van de uitwateringssluizen gewonnen door de cutterzuigers 'Nassau Bay' en 'Ammerstol'. Op 14 oktober begon de cutterzuiger 'Linge' zand te persen vanuit de binnenhaven. Met de baggermolen 'Rocher' werd zand gebaggerd uit de toeleidingsgeul van de zeezijde van de sluizen, en zolang dat in verband met de vaardiepte nog mogelijk was, in het tracé van de afsluitdam geklapt. Op 8 november restte nog slechts een kleine opening tegen de ringdijk van de bouwput rond de uitwateringssluizen; auto's reden dit gat met mijnsteen dicht. Daarna werden er perskaden opgezet en werd de dam voltooid. Op 5 december was hij op hoogte, zodat de cutterzuigers konden worden afgevoerd. De verdere opbouw van het dijklichaam en de plateau's wordt door de profielzuiger 'Bergambacht' en de tot bakkenzuiger omgebouwde 'Ammerstol' verzorgd. Men ging inmiddels voort met het opbreken van de asfaltbekleding op de ringdijk rond de schutsluis; een begin werd gemaakt met de uitbouw van een mijnsteendam vanuit het westelijk plateau. Tijdens de afsluiting werd 1 522 000 m³ zand geperst

en 68 000 m³ geklapt; ook werd 6000 ton mijnsteen verwerkt. Na de afsluiting werd voor de verdere opbouw van de dam nog 204 000 m³ zand gezogen en geperst en 10 000 ton mijnsteen verwerkt.

Bodembescherming in het Rak van Scheelhoek

De werkzaamheden ten behoeve van het aanbrengen van een bodembescherming in het tracé van afsluiting in het Rak van Scheelhoek werden voortgezet. Eerst werd de bodemligging door het klappen van zand verhoogd tot N.A.P. – 8 m. Met behulp van afzinkpontons werden op deze ondergrond vervolgens zinkstukken gelegd.
Er werd 334 000 m³ zand geklapt, gedeeltelijk afkomstig uit de toeleidingsgeul van de rivierzijde naar de uitwateringssluizen en gedeeltelijk uit de ontgraving van de ringdijk rond deze sluizen. Er werd 23 000 m² zinkstuk gelegd en 16 000 ton steen verwerkt.

Terreinen voor de aanmaak van betonblokken

Twee terreinen, één nabij de vissershaven te Stellendam en één nabij de werkhaven te Hellevoetsluis, zijn door ophoging tot N.A.P. + 3,50 m geschikt gemaakt voor het opstellen van een betonfabriek. De twee betonfabrieken zullen de blokken fabriceren waarmee, met behulp van de kabelbaan over het Rak van Scheelhoek, de sluiting van het Haringvliet zal worden voltrokken.
Voor dit werk is 45 000 m³ zand gespoten en 41 000 m³ zand droog verwerkt.

Volkerak

Het damvak over de Plaat van Maltha en de stortsteendrempel in het sluitgat

De werken aan het damvak over de Plaat van Maltha en de stortsteendrempel in het sluitgat kwamen in 1968 gereed. Op 31 december vond de eerste oplevering plaats.
Inmiddels is men begonnen met het treffen van voorbereidingen voor de sluiting van het Volkerak, die is voorzien in de maand april van dit jaar.

Brouwershavensche Gat

Bodembescherming in de zuidelijke stroomgeul

Op 29 oktober kwam het asfaltschip 'Jan Heijmans' gereed met het leggen van een asfaltmastiekmat als onderdeel van de bodembescherming voor de zuidelijke stroomgeul. Daarna werd het schip afgevoerd. In totaal is 38 000 ton gietasfalt verwerkt. Het gedeelte van het damvak over de Middelplaat dat als zanddepot voor de asfaltbereiding was ingericht, werd weer in de oude staat terug gebracht.
Op 23 oktober kon door de steenstorter 'Pieter' een begin worden gemaakt met het bestorten van de asfaltmat met steen 10/60 kg; in totaal werd 13 000 ton steen op de mat gestort. Voorts werd een aantal zinkstukken nabestort met 20 000 ton stortsteen 10/300 kg.

Werk- en opslagterrein bij West-Repart

Op 3 oktober werd het zandpersen beëindigd. Er was toen 820 000 m³ zand verwerkt. De winzuiger 'H.A.M. 204' en de bakkenzuiger 'Beverwijk 37' zijn afgevoerd en de persleiding is opgebroken, terwijl ook de perssteiger die nabij Scharendijke in het Brouwershavensche Gat was uitgebouwd, is opgeruimd. Ook de waterpompen die dienden voor het naar zee terugpompen van het zoute perswater, werden verwijderd.
Begin oktober kon een aanvang gemaakt worden met het aanbrengen van de zandcementstabilisatie op een gedeelte ter grootte van 13 550 m² van het werkterrein; dit werk kwam op 30 oktober gereed.

Inmiddels zijn de taluds van het werkterrein nagenoeg onder profiel afgewerkt en afgedekt met klei. Op een gedeelte van het terrein, en wel op de plaats waar in de nabije toekomst het vaste railgedeelte van de kabelbaan en de tunnel onder het werkterrein door zullen worden gebouwd, is een tijdelijke ophoging van 4 m zand aangebracht, teneinde een versnelde zetting van de ondergrond te bewerkstelligen. Om het terrein stuifvrij te houden is de oppervlakte van deze tijdelijke ophoging oversproeid met een bitumenemulsie.
De wegverharding van zowel het oostelijke als het westelijke gedeelte van de omgelegde Rampweg is gereedgekomen. Thans moet men alleen nog enkele opritten naar het werkterrein maken, die wegens het vergevorderde seizoen in de verslagperiode niet meer van een grindasfaltbetonverharding voorzien konden worden.

Fundering van de kabelbaan

Op 3 december 1968 werd de bouw van twee landpylonen, het maken van het betonwerk voor de vaste railgedeelten van de kabelbaan op het damvak Middelplaat en op het werkterrein Schouwen, alsmede de bouw van een verkeerstunnel onder het werkterrein door, gegund aan de Beton- en Aannemingsmaatschappij J. H. Laeven N.V. te Heerlen voor een bedrag van f 1 709 000,–.

Bouw van de doorlaatcaissons

Voor zes caissons kwam men gereed met de aanleg van de drainagebedden waarop de caissons worden gemaakt. Er werd begonnen met het stellen van bekistingen en het vlechten van wapeningsijzer, terwijl van twee caissons de vloeren werden gestort. De voorbereidingen voor het storten van het opgaande werk zijn in volle gang. De aanvoer van het benodigde constructiestaal verloopt vlot. De voorgespannen platen voor het dek van de caissons worden in een betonfabriek gemaakt, evenals de ribben voor de vloeren.
Begonnen werd met het aanbrengen van de grindbestorting op de taluds van de bouwput, waardoor ze tegen uitspoeling door grond- en regenwater beschermd worden.

Oosterschelde

Het aanvoeren en lossen van materialen in de werkhaven 'Schelphoek'

In deze periode is men begonnen naast zink- en stortsteen ook mijnsteen en rijshout aan te voeren ten behoeve van de werkzaamheden in 1969. Eind 1968 waren de volgende hoeveelheden in depot opgeslagen: zink- en stortsteen 270 000 ton; mijnsteen 70 000 ton; rijshout 60 000 ton.

De oeververdediging van Noord-Beveland

Begin oktober 1968 werden voor dat jaar de laatste onderlossers in de werkhaven 'Schelphoek' met grof grind beladen en onder de oever van Noord-Beveland gelost. Hiermee kwam het te verdedigen oevergedeelte voor 1968 gereed; in totaal werd 280 000 ton grof grind langs deze oever aangebracht.
In het voorjaar van 1969 zal het werk worden voortgezet, dan dient nog 190 000 ton grof grind te worden verwerkt. De belading van de onderlossers zal in dat jaar plaatsvinden in de dan inmiddels gereed gekomen werkhaven Sophia-polder.

Werkhaven Sophia-polder

In de verslagperiode kwam de ca. 700 m lange noordelijke havendam gereed. De terreinen langs de west- en zuidzijde van de havenkom, die een oppervlakte hebben van 10 ha, werden geëgaliseerd en

gedeeltelijk met een 5 cm dikke kleilaag afgedekt.
Het cutteren van de toegangsgeul kwam gereed; van de 12 ha grote havenkom werd driekwart gedeelte op diepte gecutterd. Begonnen werd met het aanbrengen van de verankeringsconstructie van de loswallen, die uit stalen damwand worden opgebouwd. De Groeneweg werd vanaf de Provinciale weg tot aan het haventerrein, over een lengte van ongeveer een kilometer, tot 6 m verbreed en aldus geschikt gemaakt als toegangsweg naar de werkhaven. De oude verharding werd uitgebroken en door een 70 cm dik zandbed vervangen, waarover een grindasfaltbetonverharding zal worden aangebracht.

Inrichting van haven en terreinen te Burghsluis

Op 7 oktober begon de aannemer de werkzaamheden. In een snel tempo werd uit de bestaande haven 40 000 m³ specie gebaggerd. Daarna werd begonnen met het heien van de palen van de loop- en afmeersteiger. Het terrein ten behoeve van de opslag van materialen van het Waterschap 'Schouwen-Duiveland' kwam gereed. Begonnen werd met het bestraten van de opgehoogde terreinen onmiddellijk ten westen van de haven.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

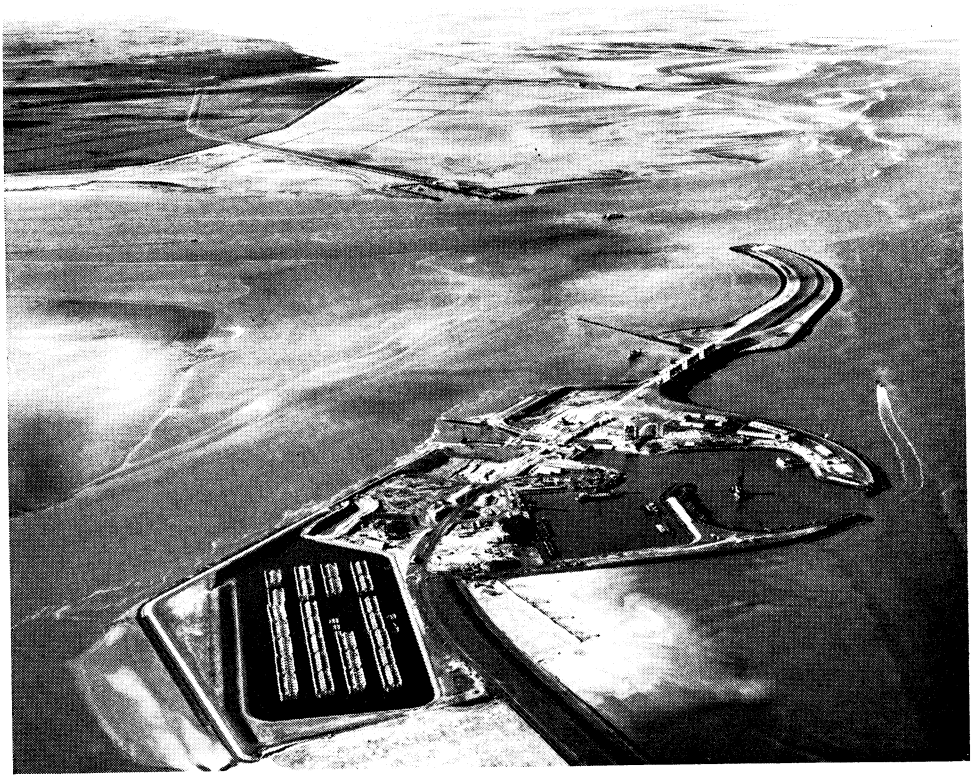
Het dijkvak op de Zuidwal is voltooid, zij het dat nog enige kleibekleding moet worden aangebracht. Er wordt nog gewerkt aan het op hoogte brengen van het dijkgedeelte op de losplaats aan het Vierhuizergat. Hier moet de weg op de definitieve plaats worden aangelegd waarna het binnenbeloop kan worden afgewerkt en de dijk op hoogte kan worden gebracht. De waterloopkundige toestand van het Nieuwe Robbengat, waarin door de aanleg van het dijkvak op de Zuidwal ingrijpende veranderingen optraden, is thans in zoverre gestabiliseerd, dat overzien kan worden welke verruimingen moeten worden uitgevoerd om de geul in het voorjaar geschikt te maken als vaargeul voor de caissons. In de komende maanden zal hiertoe een zandzuiger worden ingezet.

Het caissonbed van de drempel in het sluitgat is voltooid. Uit de thans beschikbare gegevens kan worden afgeleid dat de vlakheid ervan zeer bevredigend is. Naast het caissonbed worden nog plaatselijk aanstortingen aangebracht van zware basaltstortsteen.
Uit het modelonderzoek, waarin thans de meest recente gegevens konden worden opgenomen, bleek dat naast de drempel ter hoogte van de laatst te plaatsen caissons aan de Waddenzeezijde belangrijke ontgrondingen kunnen optreden ten gevolge van de wervelstraten bij ebstroom. Om deze ontgrondingen binnen de perken te houden zal de bodembescherming hier nog 40 m verder worden doorgetrokken. Totaal zal hiertoe 10 000 m² zinkwerk worden uitgevoerd. Ook hier zullen weer zogenaamde dunne zinkstukken met een zool van nylonweefsel worden toegepast. De randen worden verzwaard met oude kettingen. Met het aanbrengen van de stukken is al een begin gemaakt.
Op de stortebedden van de uitwateringssluizen moet nog wat steen worden aangebracht; niettemin kon reeds, bij wijze van beproeving, met alle sluizen gestroomd worden, zij het dat de vervallen nog gering waren doordat het sluitgat nog niet is geblokkeerd. Tijdens de sluiting zullen de sluizen bij eb worden geopend, om de stroomsnelheden door het sluitgat zoveel mogelijk te verminderen. Het was daarom toch belangrijk om reeds nu metingen te doen bij geopende sluizen.

Tijdens de beproeving bleek dat de hefdeuren ook bij de afvoer van grote hoeveelheden drijfijs vlot in de stroom konden worden gesloten.
De schutsluis en het bedieningsgebouw zijn op enige kleine werkzaamheden na voltooid.
De caissons staan alle beproefd; zij zijn thans in de bouwput aan de grond gezet om daar te overwinteren bij een verlaagde waterstand in de put. Met verschillende caissons zijn zinkproeven verricht.

Een kleine cutterzuiger werd in de bouwput aangebracht om alvast dat gedeelte van de put waar de caissons gereed moeten worden gemaakt voor het verslepen, op diepte te brengen. Tevens werd een steiger voor de verbinding tussen de wal en de caissons gebouwd.
De schutsluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen is, op enig grondwerk en een gedeelte van het stortebed na, voltooid.

De doorlaatcaissons voor de afsluiting van de Lauwerszee in het bouwdok. Op de achtergrond het sluitgat



A. Deltawerken — Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 956	8 juli 1968	Het inrichten van een stroomgoot in het noordelijk landhoofd van de stuw te Lith met bijkomende werken
DED 1018	15 augustus 1968	Het maken van een bodembezinking in het noordelijk gedeelte van het Rak van Scheelhoek
DED 1021	12 maart 1968	Het verbreden en tijdelijk in onderhoud nemen van de Groeneweg onder Wissenkerke in verband met de aanleg van de Oosterscheldedam
DED 1026a	3 augustus 1968	Het uitvoeren van baggerwerk in de werkhaven en de steenhaven te Willemstad in het jaar 1968, volgens bestek nr. DED 1026
DED 1027	21 juni 1968	Huur en verhuur van een gedeelte van een pand te Zierikzee ten behoeve van de opslag van materiaal voor de Deltawerken
DED 1048	9 augustus 1968	Het schoonmaken van compartimenten en het verrichten van reparatiewerk in het spuisluizen-complex en de schutsluis in het Haringvliet, met bijkomende werken
DED 1050	29 juli 1968	Het lossen c.q. laden van stortsteen en grind in de werkhaven te Hellevoetsluis of in de binnenhaven te Stellendam
DED 1055	8 juli 1968	Het maken van grondverbeteringen d.m.v. de diepte-verdichtingsmethode, in de voormalige Sophiapolder aan de Noordbevelandse oever
DED 1057	23 augustus 1968	Het maken en leveren van een stalen motorvlet met toebehoren ten behoeve van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat
DED 1060	27 augustus 1968	Het maken van een opslagterrein c.a. nabij West-Repart en het aanbrengen van een bodembescherming in de stroomgeul in het Brouwershavensche Gat met bijkomende werken onder de gemeenten Goedereede, Middenschouwen, Westerschouwen en Brouwershaven
DED 1061	11 juli 1968	Het huren van een terrein gelegen aan de Zelkerweg te Zierikzee
DED 1062	2 augustus 1968	Het leveren en gedeeltelijk opslaan van grof grind ten behoeve van de oeververdediging van Noord-Beveland
DED 1063	29 juli 1968	Het omleggen van de waterleiding bij West-Repart nabij Scharendijke op Schouwen-Duiveland
EDD 1064	29 juli 1968	Het omleggen van een elektriciteitskabel bij West-Repart nabij Scharendijke op Schouwen-Duiveland
DED 1067	9 augustus 1968	Het huren van een zolderbak ten behoeve van metingen bij de werken tot afsluiting van het Volkerak en bij andere afsluitingswerken
DED 1068	26 juli 1968	Het vervaardigen en leveren van een zinkbalk met toebehoren
DED 1069	2 augustus 1968	Het leveren en plaatsen van een kantoor-barak voor de meetdienst van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst aan de Kanaalweg 2 te Hellevoetsluis
DED 1070	2 augustus 1968	Het maken en opleveren van een karteervaartuig met toebehoren ten behoeve van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat
DED 1073	9 september 1968	Het vervaardigen en leveren van twee meetpalen
DED 1074	27 augustus 1968	Het aanbrengen van beplantingen op een terrein gelegen ten zuidwesten van de Volkeraksluizen met bijkomende werken in de gemeente Willemstad
DED 1075	6 september 1968	Het huren van twee vaartuigen, voorzien van een beseining volgens artikel 17 van het Vaarreglement, in verband met de afsluiting van het Volkerak
DED 1076	10 juli 1968	Het huren van een hijsbok, twee sleepboten en een bergingsvaartuig ten behoeve van het plaatsen van een meetpaal
DED 1077	20 september 1968	Het verrichten van werkzaamheden voor het onderzoek van doorlaatcaissons en kabelbanen
DED 1079	29 juli 1968	Het leveren van grof grind t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 1090	20 juni 1968	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat

eltawerken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer(s)
f 81 500,—	Bitumarin N.V. te Zaltbommel
f 5 256 000,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
—	C. J. Schippers, Dijkgraaf van het waterschap 'Noord-Beveland'
f 54 000,—	N.V. Aannemings Maatschappij v/h Prins van Wijngaarden te Hattem
f 60,— per maand	A. M. de Rijke te Zierikzee
f 78 650,—	N.V. Schildersbedrijf J. Th. Mansveld en Zonen te Utrecht
f 902 630,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
f 13 200,—	N.V. tot aanneming van werken v/h H. J. Nederhorst te Gouda
f 170 000,—	Scheepswerf 'De Lek' te Krimpen a/d IJssel
f 8 697 325,—	N.V. Aanneming Maatschappij 'Dijksbouw' te 's-Gravenhage
f 400,— per jaar	Jac. Berrevoets te Zierikzee
eenheidsprijzen	N.V. Utroma te Arnhem
verrekenprijzen	ir. J. L. van Sloten; directeur van de N.V. Waterleiding Maatschappij 'Schouwen-Duiveland' te Zierikzee
verrekenprijzen	ir. T. Bogerd; directeur van de N.V. Provinciale Zeeuwse Electriciteits Maatschappij te Middelburg
f 110,— per kalenderdag	N.V. Sleepdienst & Transportonderneming Gerrit J. Eerland L. C. M. Zoon te Rotterdam
f 26 275,—	N.V. Arie Rijsdijk-Boss en Zonen te Hendrik Ido Ambacht
f 32 095,—	van 't Verlaats Houtbouw te Hardinxveld
f 461 785,—	Scheepswerf en Machinefabriek v/h H. J. Koopman N.V. te Dordrecht
57 880,—	Havehasta Fabrieken N.V. te Stadskanaal
f 43 500,—	P. C. Klein te Willemstad
verrekenprijzen	P. C. Klein te Willemstad
f 15 034,82	N.V. Bergings en Transportbedrijf van den Akker te Vlissingen
op na-calculatie	Instituut T.N.O. voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies te Rijswijk (Z H.
verrekenprijzen	N.V. Utroma te Arnhem
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Aerophoto Eelde	378, 389
Rijkswaterstaat	373
Waterloopkundig Laboratorium	368

Inhoud nr. 48

A. De werken van het Deltaplan

394 De afsluiting van het Volkerak

397 Modelonderzoek en schaalregels

404 Het damvak Springersdiep

407 De toepassing van betonblokken bij geleidelijke sluitingen

416 Het aanbrengen van een bodembescherming van asfalt in het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat

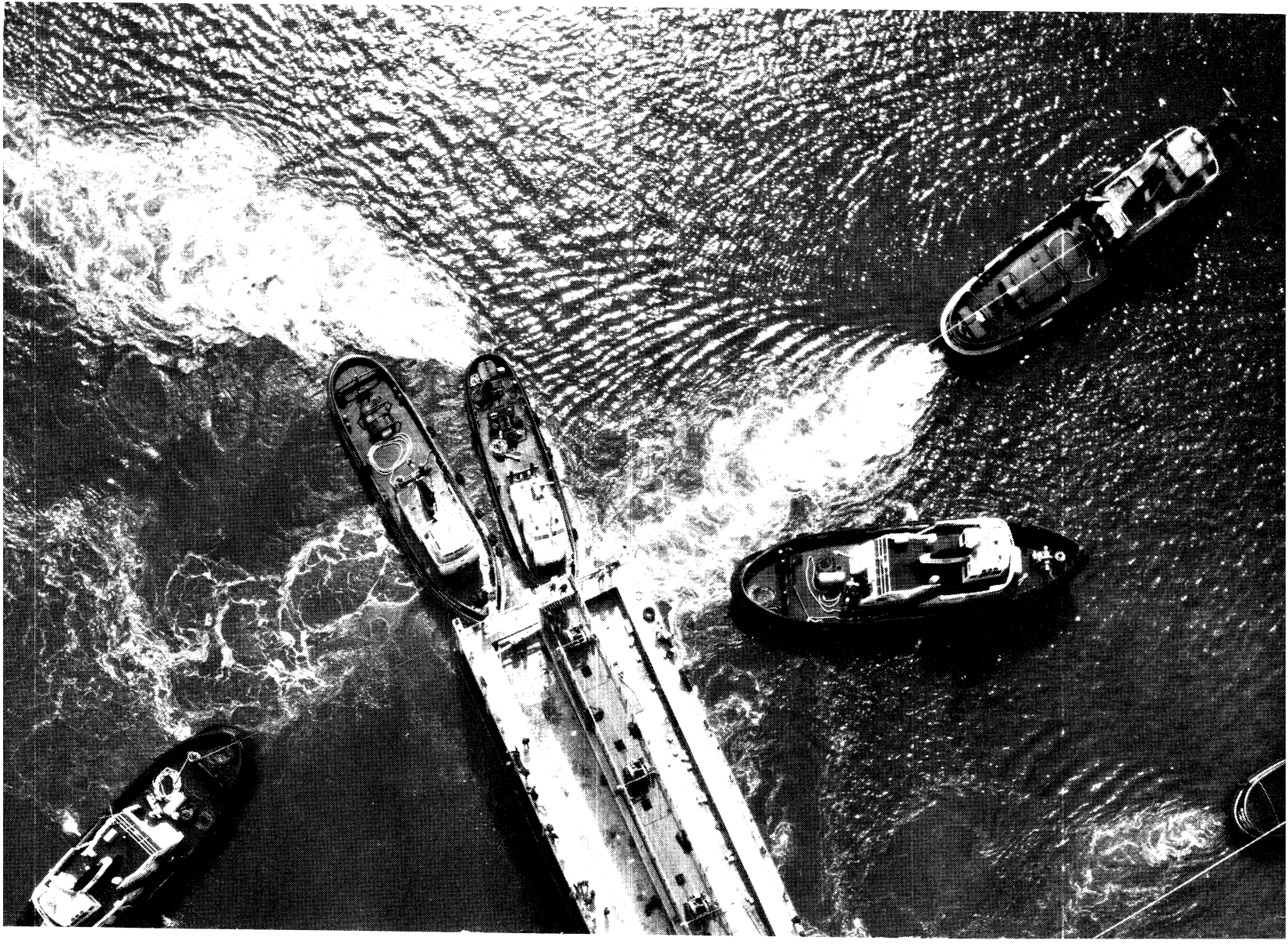
422 Koninklijk Besluit inzake de afsluiting van de Oosterschelde

424 Het verdichten van zand door middel van ontploffingen. Proeven aan de Noordbevelandse oever

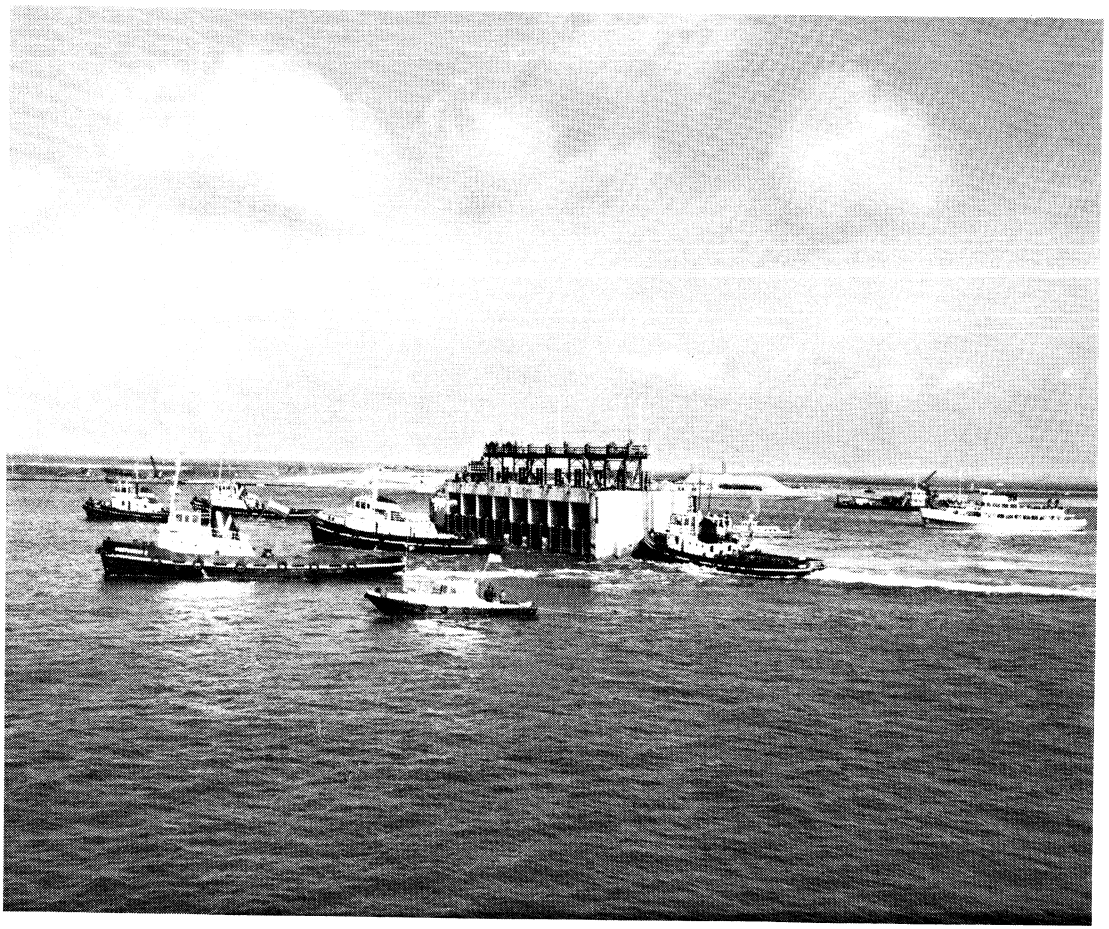
C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

434 Verbetering van de hoogwaterkeringen van Delfland

437 **Vorderingen**

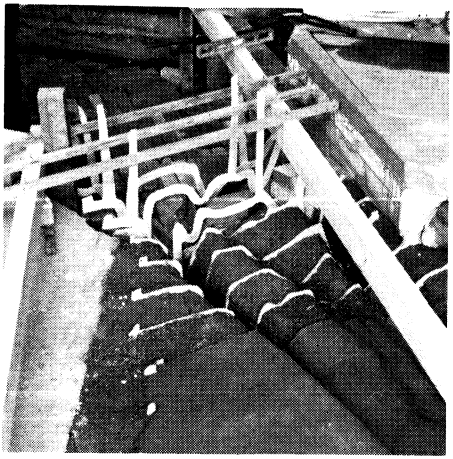


Bij het ter perse gaan van dit nummer is de afsluiting van het Volkerak een feit geworden. Op 25 april werd de laatste caisson op zijn plaats gebracht, zoals tevoren was voorzien. Op 28 april werden de schuiven gesloten, waarmede de scheiding tussen een noordelijk en een zuidelijke bekken tot stand werd gebracht.
In het volgende nummer van dit tijdschrift zal een uitvoerig verslag worden opgenomen van deze afsluitingswerkzaamheden.

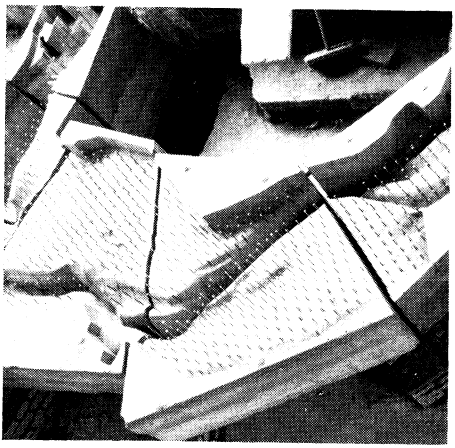


Modelonderzoek en schaalregels

Bij de voorbereiding van de Deltawerken en andere grote waterbouwkundige constructies moet men er reeds lang voor met de uitvoering wordt begonnen rekening mee houden dat deze werken veranderingen in de waterbeweging teweeg zullen brengen, niet alleen na hun voltooiing, maar ook al tijdens hun bouw.
De verwachte wijzigingen en de daaruit voortkomende aanval door stroom en golf bepalen op hun beurt voor een belangrijk deel het ontwerp en de opeenvolging der bouwstadia van een werk. Vanwege de ongekende omvang van sommige werken en de hoge kosten die ermee gemoeid zijn, is het niet mogelijk bij het ontwerp alleen gebruik te maken van de ervaring die in het verleden bij vorige werken is verkregen, of erop te vertrouwen dat men tijdens het werk zelf voldoende ervaring zal opdoen. Men tracht daarom met behulp van theoretisch onderzoek, gericht op de praktijk, voorspellingen te doen over de wijzigingen die de stromen en waterstanden zullen ondergaan en over de aanval die de constructies zullen ondervinden. Een algemeen inzicht in de veranderingen van de stromingen in de rivieren en zeearmen kan worden verkregen aan de hand van berekeningen of uitgebreide hydraulische getijmodellen. Verschillende methoden van getijberekening maken het mogelijk de toekomstige waterbeweging bij de opeenvolgende bouwstadia van een werk te berekenen. Door de toepassing van elektronische rekenmachines en een elektrisch analogon is het thans mogelijk deze berekeningen binnen de daarvoor beschikbare tijd meer te verfijnen, en meer variaties naast elkaar te bestuderen. In de onmiddellijke omgeving van de bouwwerken moeten de wijzigingen in de waterbeweging echter meer gedetailleerd bepaald worden dan elders. Het gecompliceerde stroombeeld in de nabijheid van de bouwwerken is nog vaak niet in een wiskundige formulering te vatten, en dan schieten berekeningen tekort. In deze gevallen worden experimentele onderzoekingen uitgevoerd in schaalmodellen, waarbij de werkelijkheid in het klein wordt nagebootst. Men tracht een proef zo in te richten dat het te bestuderen verschijnsel zo veel mogelijk gelijkvormig is met het verschijnsel in de werkelijkheid. Gelukt het dit te bereiken en is het mogelijk de grootheden die van belang zijn in het model voldoende nauwkeurig te meten, dan behoeft men meestal de gemeten grootheden slechts met constante schaalfactoren te vermenigvuldigen om de corresponderende waarden voor de werkelijkheid te vinden. Grootheden die in een model kunnen worden voorgesteld zijn bijvoorbeeld het verticale getij, de stroomsnelheid, de golfkrachten op constructieonderdelen, het zoutgehalte en de ontgrondingen. De schalen die de verhouding



De bouw van een model



De ruwheid van de bodem wordt nagebootst met metalen staafjes

tussen de verschijnselen in de werkelijkheid en in het model bepalen zijn de oppervlakteschaal, de diepteschaal en de tijdschaal. Verder moet in het model eventueel ook nog de schaal van het al of niet zwevend bodemmateriaal worden vastgesteld. Het vaststellen der schaalfactoren heeft zekere voor de hand liggende, doch verstrekkende consequenties. Wanneer alle afmetingen met een zelfde schaalfactor n worden vermenigvuldigd, dan is de schaalfactor van alle oppervlakken het kwadraat van die factor, n^2, en die van alle volumina de derde macht ervan, n^3. Een ander voorbeeld: wanneer als schaalfactor van de afmetingen n_l en als schaalfactor voor de tijd n_t is gekozen, dan is de factor voor de snelheid (afgelegde weg per tijdseenheid) het quotiënt van beide vorige: $n_v = \frac{n_l}{n_t}$; terwijl die voor de versnelling (verandering van snelheid per tijdseenheid) dan is bepaald door $n_a = \frac{n_l}{n_t^2}$.

Om in een model de waterbeweging op schaal te kunnen nabootsen, is de voorwaarde van geometrische gelijkvormigheid, dat wil zeggen dat diepte-, lengte- en breedteschaal van het model dezelfde zijn, niet voldoende.

Ook de krachten die de waterbeweging veroorzaken moeten gelijkvormig zijn. Zo moet de bewegingswet van Newton, die het verband legt tussen kracht, massa en versnelling ($k = ma$), op schaal zijn en voorts de wrijvingskrachten, die voortvloeien uit de taaiheid van de vloeistof en de ruwheid van de wanden. Van principieel belang blijkt nu dat deze laatste eis: gelijkvormigheid van het verloop van de waterbeweging in het model en in de werkelijkheid, in het algemeen met zich meebrengt dat de voornoemde schaalfactoren n_l en n_t niet onafhankelijk van elkaar kunnen worden vastgesteld. Er moeten bepaalde betrekkingen bestaan tussen de diverse schaalfactoren, zogenaamde modelregels. Indien niet aan deze regels wordt voldaan, treden er verschillen op tussen het verloop van het verschijnsel in het model en in de werkelijkheid.
Wij kiezen een voorbeeld: in waterloopkundige modellen komt meestal een vrije waterspiegel voor die onder een helling staat. De snelheden die als gevolg van die helling optreden worden mede bepaald door de versnelling van de zwaartekracht. Nu geeft de zwaartekracht aanleiding tot de zgn. traagheidskrachten volgens de genoemde wet van Newton. De versnelling van de zwaartekracht is echter in het model even groot als in



Wervelstraat

de werkelijkheid, nl. 9,8 m/sec.^{2}. De versnellingsschaalfactor moet dus gelijk zijn aan één: dus $n_a = 1 = \frac{n_l}{n_t^2}$. Wanneer als schaal voor de afmetingen n_l is gekozen ligt derhalve de tijdschaal ook vast: $n_l = n_t^2$. Uit deze betrekking volgt de modelregel van Froude: $n_v = n_t^{\frac{1}{2}}$. De afmetingenschaal en de tijdschaal zijn dus afhankelijk van elkaar geworden, doordat de eis is gesteld dat de krachten uitgeoefend door de zwaartekracht in het model en in de werkelijkheid op schaal moeten zijn. Indien de tijdschaal van het model voldoet aan de regel van Froude zullen de traagheidskrachten in het model als gevolg van de zwaartekracht ten opzichte van de werkelijkheid op schaal worden gerepresenteerd.

Ook de wrijvingskrachten moeten op schaal worden gerepresenteerd. Deze krachten veroorzaken ongelijkheid van snelheid over de verticaal in een punt van de rivier; immers, door wrijving langs de bodem of wand hebben de daar onmiddellijk aangrenzende waterlagen een kleinere snelheid dan de lagen erboven, of ernaast. Door de ongelijkheid van snelheid ontstaat er tussen twee opeenvolgende lagen een schuifkracht, in grootte afhankelijk van de viscositeit of taaiheid van de vloeistof. De vorm van de snelheidsverticaal zal in het model gelijkvormig moeten zijn met die in de werkelijkheid. Bovendien komt in de natuur doorgaans een turbulente stromingstoestand voor waarbij wervelbewegingen in het water optreden. Die turbulentie zal ook in het model moeten worden opgewekt. Bij deze stromingstoestand geldt de kwadratische weerstandswet van Chézy.

Wil men de wrijvingskrachten mechanisch gelijkvormig op schaal weergeven, dan moet het zogenaamde getal van Reynolds, dat de verhouding van de traagheidskrachten tot de wrijvingskrachten aangeeft, in het model hetzelfde zijn als in de werkelijkheid. Dit getal van Reynolds is gelijk aan het produkt van snelheid en lengteschaal gedeeld door de zgn. kinematische taaiheidscoëfficiënt. Nu blijkt dat turbulente stromen voorkomen bij grote getallen van Reynolds; om de gedachten te bepalen: groter dan 1000.

Uit de modelregel van Reynolds volgt ook een snelheidsschaal en dus een tijdschaal, evenals uit de voornoemde modelregel van Froude. Beide tijdschalen zijn echter niet dezelfde en dus moet er een compromis gezocht worden.

Het is een gelukkige omstandigheid dat volgens de ervaring bij grote waarden van het getal van Reynolds de weerstandscoëfficiënt C, uit de formule van Chézy, min of meer onafhankelijk wordt van het getal van Reynolds.

Als dus de bodemruwheid en daardoor de turbulentie in het model voldoende groot is, zijn de weerstandskrachten min of meer onafhankelijk van het getal van Reynolds, zodat de moeilijkheid van een verschillende tijdschaal komt te vervallen. Deze kan dan bepaald worden uit de modelregel van Froude, hetgeen noodzakelijk is omdat de zwaartekracht in de waterbeweging een hoofdrol speelt.

Bij modellen waarin grote gebieden moeten worden weergegeven, zoals zeegaten of rivieren, is men meestal gebonden aan een vrij kleine schaal om het model binnen redelijke grenzen te houden. Dan zou de waterdiepte echter vaak zo gering worden dat de beschikbare meetinstrumenten er niet meer in kunnen functioneren. In zo'n geval zal moeten worden afgezien van de geometrische gelijkvormigheid en worden verschillende schalen van hoogte en lengte toegepast, d.w.z. de diepte wordt op een grotere (t.o.v. een horizontale schaal overdreven) schaal weergegeven. In de zgn. samengetrokken modellen verkrijgt ment dus toch een voldoende waterdiepte voor het uitvoeren van snelheidsmetingen. Daar de snelheidsschaal evenredig is met de diepteschaal (volgens de modelregel van Froude) zijn in zulke modellen de snelheden relatief eveneens groter en dus nauwkeuriger te meten.

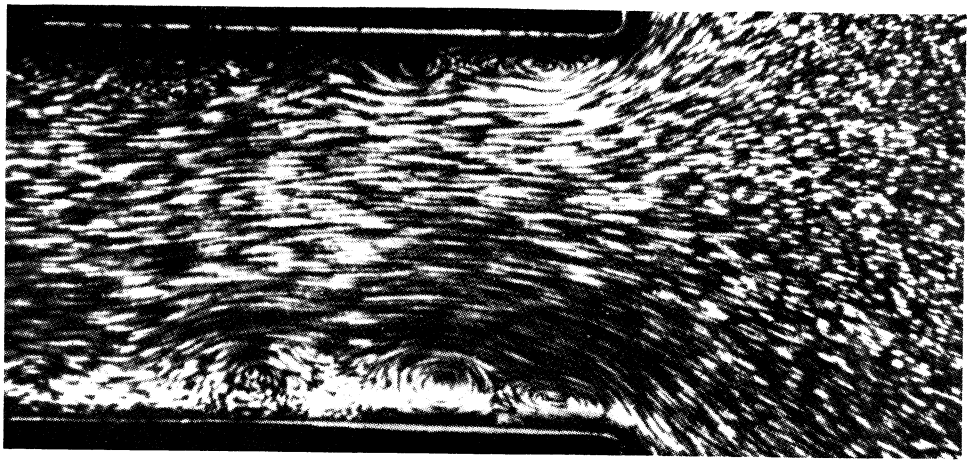
Vanzelfsprekend dient bijzondere aandacht te worden besteed aan de bodemruwheid. De ruwheidsschaal, dat is de schaal voor de weerstandscoëfficiënt C, moet als de modelregel van Froude geldt namelijk gelijk zijn aan de wortel uit het quotiënt van de schalen van de horizontale en verticale afmetingen: $n_c = \sqrt{\frac{n_p}{n_h}}$

Bij een gelijke schaal van de horizontale en verticale afmetingen zou dus $n_c = 1$ moeten zijn, dat wil zeggen dat de bodemoneffenheden in een niet-samengetrokken model op ware grootte moeten zijn. In een samengetrokken model moet derhalve de bodem extra ruw worden gemaakt. Daartoe legt men betonblokjes of metalen staafjes op de modelbodem. De stroomverdeling in verticale zin wordt dan echter niet meer op juiste wijze in het model weergegeven. Het model is nu niet langer een zuivere geometrische verkleining van de werkelijkheid, immers de horizontale en verticale schalen verschillen en er zijn concessies gedaan betreffende de volkomen juiste weergave van de stroming ter wille van model-technische overwegingen.

De problemen betreffende de schaalkeuze worden nog meer gecompliceerd als de bewegingen van het bodemmateriaal, veelal zand, in verband bijvoorbeeld met het optreden van ontgrondingen in sluitgaten, in het onderzoek worden betrokken. Modellen waarin deze onderzoekingen worden gedaan, worden modellen met beweeglijke bodem genoemd. Bij het vaststellen van de schaalwaarden voor een dergelijk model spelen niet alleen de wetten der hydrodynamica een rol, doch moet ook rekening gehouden worden met de aard van het bodemmateriaal dat in het model wordt toegepast. De moeilijkheid is, dat de wijze waarop bodemmateriaal door stromen en golven wordt verplaatst slechts in zeer beperkte mate theoretisch toegankelijk is, en dat dus sterk empirisch te werk gegaan moet worden. Opnieuw stuit men hier op de moeilijkheid, dat de eisen, die aan de schaalwanden gesteld worden, en dus de schaalregels, met elkaar in tegenspraak kunnen zijn, zodat compromis-oplossingen gekozen moeten worden. Soms zijn de tijdschalen van de zandbeweging pas definitief te bepalen, als het model reeds enige tijd in gebruik is. Verder zijn er technische moeilijkheden. Indien de afmeting van de deeltjes te klein wordt bestaat de kans dat de korrels geheel worden opgenomen in de grenslaag tussen bodem en volledig stromend water. In het model wordt die verhoudingsgewijs altijd te dik weergegeven. Het karakter van de stroom in deze overgangslaag is geheel anders dan in de volle stroom; de stroom transporteert hier het bodemmateriaal ook op andere wijze. Bovendien heeft zeer fijn materiaal niet meer hetzelfde karakter als zand. De korrels plakken aan elkaar, en zoals bij slib komt het materiaal dat zich op de bodem heeft vastgezet moeilijker in beweging. In verband hiermee wordt meestal niet de afmeting van de korrels verkleind, doch hun soortelijk gewicht. Men past dan bijvoorbeeld bakeliet of plastic toe.

Daar het wisselend karakter van getijstromen in dit soort modellen een ongewenste complicatie oplevert, worden de ontgrondingsmodellen vaak om praktische redenen als zogenaamde permanentiemodellen uitgevoerd, waarbij de variatie van de stroomsnelheid en -richting niet wordt gereproduceerd. Hier is het bepalen van de tijdschaal van het bodemtransport of de ontgronding een grote moeilijkheid. Door middel van vergelijking met situaties uit de werkelijkheid en toepassing van de geldende schaalregels is het wel mogelijk een inzicht te verkrijgen in de ontgrondingsschaal.

Samenvattend kan worden gesteld dat de keuze van de schaal voor een model een probleem is dat gezien moet worden tegen de achtergrond van het doel van het onderzoek, waarbij wordt nagegaan welke krachten een ondergeschikte betekenis hebben bij het probleem en welke belangrijk zijn en dus op juiste wijze moeten worden gereprodu-



ceerd. Bovendien moet de absolute grootte van het model zodanig zijn dat het betrokken verschijnsel met de beschikbare apparatuur in het model gemeten kan worden. Dit bepaalt onder meer de schalen van de verticale en horizontale afmeting. Het accepteren van onvolkomenheden betekent echter dat waar zulks mogelijk is hoge eisen gesteld moeten worden aan de ijking van het model. Ter ijking van een model wordt in de uitgangssituatie de weergave van de belangrijke verschijnselen in het model vergeleken met de werkelijkheid, zoals die met behulp van natuurmetingen is waargenomen.

Tenslotte volgt een opgave van de schaalmodellen die momenteel in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft en in de Noordoostpolder ten behoeve van de Deltawerken in bedrijf zijn, en het doel dat met de onderzoekingen in deze modellen wordt beoogd.

Tot voor kort bestond een waterloopkundig model, waarin de getijbeweging in het gehele Deltagebied kon worden gerealiseerd. De taak van dit model is nu overgenomen door de Deltar; dit analogon-model is beschreven in Driemaandelijks Bericht nr. 18 (november 1961). Voor het zuidelijk Deltagebied zijn overzichtsmodellen gebouwd in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst'. Door de afsluiting van het Volkerak worden immers noordelijk en zuidelijk Deltagebied volledig gescheiden.

Het overzichtsmodel voor het Brouwershavensche Gat heeft een horizontale schaal van 1 : 300 en een verticale schaal van 1 : 100. In dit model wordt de getijbeweging nagebootst. De plaats van de afsluiting is met behulp van de resultaten van dit model vastgesteld. Het model levert ook de randvoorwaarden voor de detailmodellen van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat, terwijl er tevens in onderzocht wordt op welke wijze de twee sluitgaten, in verband met de getijbeweging, elkaar zullen beïnvloeden.

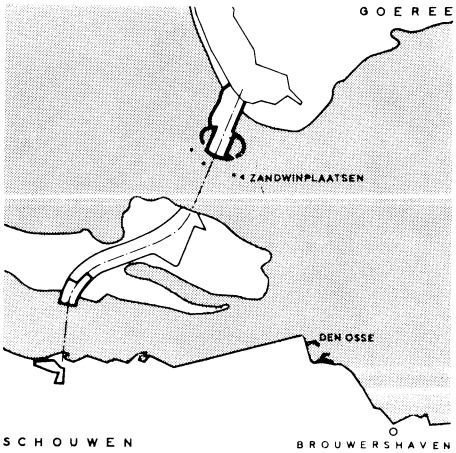
Van het zuidelijk sluitgat in het Brouwershavensche Gat bestaat een permanentiemodel, dus zonder getijbeweging, met een horizontale en verticale schaal van 1 : 60. De details van de waterbeweging in het sluitgat en de bodembescherming worden erin bestudeerd.

In het detailmodel van het noordelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat wordt ook de plaatsingsvolgorde van de caissons bestudeerd.

De Oosterscheldeproblematiek wordt voorlopig onderzocht in een overzichtsmodel met getijbeweging van een gedeelte van de Oosterschelde. De horizontale schaal hiervan is 1 : 300 en de verticale schaal 1 : 100. Dit model wordt binnenkort vervangen door een

uitgebreider getijmodel voor het gehele Oosterscheldegebied tot aan de dam in het Volkerak, met een horizontale schaal van 1 : 400 en een verticale schaal van 1 : 100. In een detailmodel voor het gehele tracé van de toekomstige dam, met permanente stroming en een horizontale en verticale schaal van 1 : 80, zullen alle sluitgaten van de Oosterschelde worden voorgesteld, zodat de sluitmethoden voor de verschillende gaten in hun samenhang kunnen worden bepaald.
Voor het Volkerak bestaat een groot permanentiemodel. De horizontale schaal is 1 : 150 en de verticale schaal 1 : 50. In dat model werden de randvoorwaarden gevonden voor het detailmodel van het tracé van de Volkerakdam en werd het tracé van de sluiting onderzocht. Het detailmodel van de Volkerakafsluiting heeft een horizontale en verticale schaal van 1 : 50. De vormgeving van de bodembescherming en van de landhoofden van het sluitgat werd erin onderzocht, alsook de stabiliteit van de drempel en de volgorde waarin de caissons geplaatst moesten worden. Bij het verschijnen van dit artikel is het Volkerak inmiddels afgesloten, zodat de resultaten van de studies in dit model aan de werkelijkheid kunnen worden getoetst.
Het overzichtsmodel voor de Haringvlietsluizen is ook een permanentiemodel, met een horizontale schaal van 1 : 150 en een verticale schaal van 1 : 50. Dit model levert de randvoorwaarden voor de detailmodellen, is een hulpmiddel bij de bepaling van de sluitingstracés en heeft ook gediend bij de vormgeving van de bouwput voor de uitwateringssluizen in aanbouw. In dit model worden de snelheden bepaald die in de verschillende fasen van de afsluiting in de onderscheiden geulen van het Haringvliet zullen optreden.
In een ander permanentiemodel, met een horizontale en verticale schaal van 1 : 60, worden de vormgeving van de bodembescherming, de te verwachten ontgrondingen en de meest wenselijke opbouw van de drempel en de beteugelingsdam in het Rak van Scheelhoek vastgesteld.
Tenslotte is er een aantal modellen, waarin niet een of ander bijzonder zeegat of riviergedeelte wordt afgebeeld, maar waarin men algemeen geldige condities kan scheppen voor het verrichten van proeven ten aanzien van de stroombestendigheid van bodembeschermingen, de stabiliteit van dammen bij verschillende opbouw, om maar enkele voorbeelden te noemen. De schaal van deze modellen ligt tussen 1 : 1 en 1 : 30.

Het damvak Springersdiep



In het jaar 1971 zal de noordelijke geul van het Brouwershavensche Gat, de 'Kous', met caissons worden afgesloten. De overwegingen die er toe geleid hebben een sluitgat van één km midden tussen de punt van Goeree en het damvak op de Kabbelaarsbank te situeren, vindt u beschreven in Driemaandelijks Bericht nr. 38 (november 1966). De juiste ligging van dit sluitgat is nader bepaald op grond van onderzoekingen in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst'.

Tussen het sluitgat en de noordelijk ervan gelegen duinen van Goeree-Overflakkee ligt nog een geul: 'het Springersdiep'; door dat water zal een damvak aangelegd worden van 1250 m lengte. In het jaar 1969 zal met de aanleg ervan worden begonnen; in het jaar daarop zal in het noordelijk sluitgat de bodembescherming worden aangebracht en een drempel voor de doorlaatcaissons worden opgebouwd.

Uit metingen en berekeningen blijkt, dat nabij de aansluiting van dit damvak op Goeree aanzanding is te verwachten door stroom, golven en wind. Dit is aanleiding geweest te besluiten het noordelijk gedeelte van het damvak uit te voeren als een duindam, dat wil zeggen een dam waarvan het zandlichaam niet wordt afgedekt met klei of asfalt, maar slechts met zand, beplant met struiken en helm, waarvan men verwacht dat ze in de jaren na de aanleg van de dam het door stroom, golven en wind aangevoerde zand zullen vasthouden. Op deze wijze zal een natuurlijk evenwicht ontstaan, zoals dat in grote delen van onze duinenkust bestaat. De duindam zal dan een verantwoorde overgang vormen tussen de strakke, beklede dam en het natuurlijke duinlandschap van Goeree-Overflakkee.

Het dwarsprofiel van de inmiddels reeds aangelegde damvakken op de Middelplaat en de Kabbelaarsbank is beschreven in de Driemaandelijkse Berichten nrs. 31 (februari 1965), 35 (februari 1966) en 40 (mei 1967). In dit profiel zijn binnentalud, damkruin, buitentalud en buitenberm met asfaltbeton bekleed. Omdat bij de duindam deze bekledingslagen worden weggelaten moet het dwarsprofiel van de duindam aanmerkelijk zwaarder worden dan dat van een beklede dam; er moet immers rekening mee worden gehouden dat bij storm een deel van het duindamlichaam wegslaat.

Uit metingen langs de kusten van het Deltagebied is gebleken dat de strandhelling beneden N.A.P. + 3 m in het algemeen 1 : 30 à 1 : 50 bedraagt en de duinhelling boven dit peil ca. 1 : 3. Wanneer het duin tijdens een zeer zware storm ten dele is weggeslagen loopt de strandhelling tot grotere hoogte door. De ervaring leert dat het voor het ver-

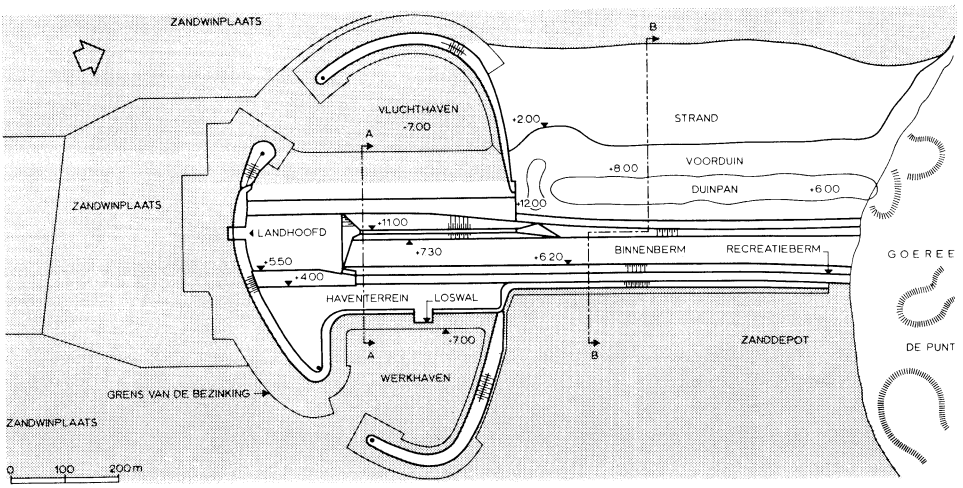
krijgen van voldoende veiligheid volstaat, de helling van 1 : 50 tot N.A.P. + 5,50 m doorgetrokken te denken. Het dwarsprofiel van de duindam moet daarom zo ruim worden genomen, dat ook bij ernstige aantasting nog een voldoende zwaar zandlichaam overblijft.

In de praktijk is het onder laagwater spuiten van zand onder een helling van 1 : 50 zonder bijzondere voorzieningen moeilijk te verwezenlijken, reden waarom bij de duindam voor dit laaggelegen gedeelte een beloop is aangenomen van ca. 1 : 15. De zee zal naar men mag aannemen, dan de rest van het werk doen. Na de sluiting van het Brouwershavensche Gat zal blijken in hoeverre de natuur het kunstmatig gevormde strand reeds heeft aangepast en in hoeverre daar nog correcties op nodig zijn. In overleg met een werkgroep die zich speciaal met het stimuleren van duinvorming bezighoudt zijn een dwarsprofiel en een daarbij behorend beplantingsschema vastgesteld. Figuur 3 geeft er een voorstelling van. De hoge duinregel aan de zeezijde, waarvan de top ligt op N.A.P. + 8,50 m, heeft tot taak het over het strand aanstuivende zand zoveel mogelijk op te vangen. De achter het voorduin gevormde duinvallei is van voldoende diepte om een luwtegebied te vormen waar zich een begroeiing van duinstruiken kan ontwikkelen. Voor de landschappelijke aankleding van de duindam is het advies ingewonnen van Staatsbosbeheer. Langs de binnen- of meerzijde van het duin is een brede berm ontworpen waarop een autosnelweg, een daaraan parallel lopende weg voor langzaam verkeer en een recreatieberm kunnen worden aangelegd. De binnenberm is, wat vorm en opbouw betreft, gelijk aan die van de damvakken op de Middelplaat en de Kabbelaarsbank.

Het zuidelijk gedeelte van het damvak heeft hetzelfde profiel en dezelfde opbouw als de damvakken over de Middelplaat en de Kabbelaarsbank, met uitzondering van de teenbescherming langs de buitenzijde van de dam, die met het oog op de lagere ligging van de grondslag anders moet worden geconstrueerd.

Tegen het zuidelijk kopeinde van het damvak wordt een landhoofd geplaatst, dat wordt opgebouwd uit drie eenheidscaissons op een bed van grind. Rondom dit landhoofd wordt een aanzet gemaakt waarop de in 1970 in het noordelijk sluitgat te maken bodembescherming en drempelconstructie kunnen worden aangesloten.

Fig. 2. Overzicht van het damvak door het Spingersdiep



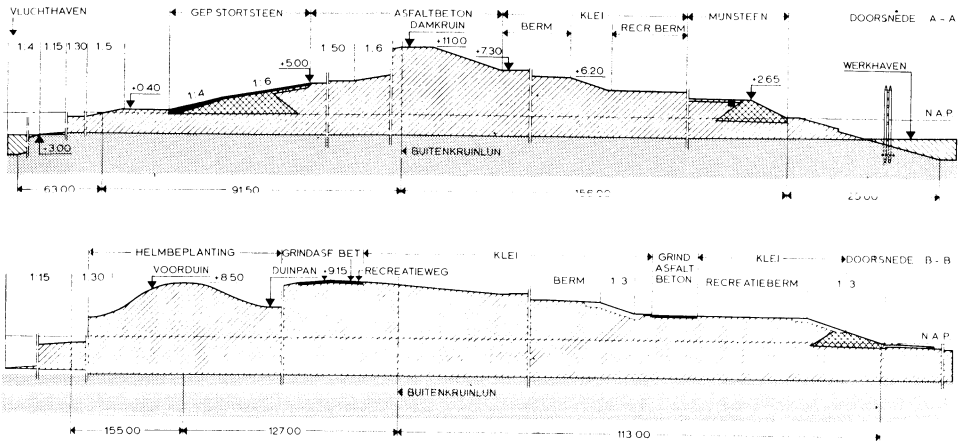


Fig. 3. Doorsnede volgens de lijn A–A en B–B

Uit voorafgaand waterloopkundig onderzoek is gebleken, dat aan de kop van het damvak een bijzondere, stroomgeleidende vorm moet worden gegeven, wil men langs deze kop een goed stroombeeld krijgen. De gekozen vorm leent zich bijzonder goed voor het maken van twee havens, een werkhaven aan de binnenkant en een vluchthaven aan de buitenkant van het damvak. Elk van de havens zal worden omgeven door havendammen welke tevens ten dele als stroomgeleiding fungeren. De havendam van de werkhaven wordt opgebouwd uit een kern van mijnsteen, afgedekt met stortsteen 10/300 kg; deze dam kan tevens beschouwd worden als een mijnsteen- en stortsteendepot voor werkzaamheden die na de sluiting nog moeten plaatsvinden. De havendam van de vluchthaven, die rechtstreeks is blootgesteld aan golfaanval uit zee, moet zwaarder worden geconstrueerd en wordt daarom opgebouwd uit een kern van stortsteen 10/300 kg, afgedekt met stortsteen 300/1000 kg. Beide havendammen worden aangelegd op kraag- en zinkstukken.

Het zand dat voor het opbouwen van het damvak nodig is wordt ten dele ontleend aan de ondiepten voor de kop van het damvak die opgeruimd moeten zijn voordat in het sluitgat met de aanleg van de bodembescherming en de opbouw van de drempel begonnen kan worden. Ook aan weerszijden van de bodembescherming zal het geulprofiel aanzienlijk verruimd moeten worden om een zo goed mogelijke aanstroming van het sluitgat te verkrijgen; het daar gewonnen zand zal eveneens voor het opbouwen van de dam gebruikt worden.

Bij de uitvoering zal begonnen worden met de bouw van het uit eenheidscaissons samen te stellen landhoofd. Daarachter zal dan een zandplateau opgespoten worden vanwaaruit met grote capaciteit verder gewerkt kan worden. Aldus zal van zuid naar noord een zandkade door het Springersdiep gelegd worden. Tijdens de aanleg van deze in het stromend water uit te bouwen zandkade zullen de eb- en vloedstromen veel zand meevoeren. Om nog zoveel mogelijk van dit meegevoerde zand binnen het uiteindelijke damprofiel te laten neerslaan, zal de zandkade ongeveer in het midden van het damvak gesitueerd moeten worden. Een grote zandverwerkingscapaciteit – men moet denken aan zo'n 300 000 m³ per week – is nodig om de geul snel te kunnen sluiten, waardoor de blijvende zandverliezen zo klein mogelijk zullen worden gehouden.

De toepassing van betonblokken bij geleidelijke sluitingen

In het Driemaandelijks Bericht nr. 42 (november 1967) komt een artikel voor getiteld: 'Waterloopkundige aspecten van betonblokken als stortmateriaal bij een geleidelijke sluiting'. Aan het slot ervan wordt vermeld, dat op grond van het in dit artikel beschreven modelonderzoek werd besloten zowel bij de geleidelijke sluiting van het Haringvliet – Rak van Scheelhoek – als die van het Brouwershavensche Gat – zuidelijk sluitgat – gebruik te maken van betonblokken met een stukgewicht van twee en een halve ton. Daarbij werd tevens medegedeeld, dat over de uit hydraulisch en praktisch oogpunt meest geschikte vorm van die blokken nog geen definitieve uitspraak was gedaan, omdat het daarover lopende modelonderzoek toen nog niet was afgesloten. Thans echter zijn vorm en afmetingen van de blokken bepaald, het voor de in 1970 uit te voeren sluiten van het Haringvliet benodigd aantal blokken is vastgesteld, en met de aanmaak ervan is al een begin gemaakt.

In dit artikel wordt aandacht geschonken aan een aantal facetten van het gebruik van betonblokken voor geleidelijke sluitingen die tot nu toe in het geheel niet of slechts terloops werden vermeld. Daarbij zal, voorzover het niet gaat om zaken van algemene strekking, in het bijzonder de situatie bij de in het nabije verschiet liggende geleidelijke sluiting van het Haringvliet worden besproken.

De voortzetting van het hydraulisch onderzoek naar de meest gewenste vorm van de te gebruiken blokken heeft voornamelijk betrekking gehad op de stabiliteit van de dam in zijn eindfase. Wanneer de dam volledig op hoogte is zal hij namelijk nog enige maanden bloot staan aan een combinatie van vervaldruk en golfaanval, totdat het zand waarin de beteugelingsdam wordt ingepakt, voldoende op hoogte is. Uit het onderzoek is gebleken dat de vorm van de blokken geen waarneembare invloed heeft op de stabiliteit. Dat wil dus zeggen dat de enigszins afgeplatte vorm (al dan niet met afgeschuinde hoeken) en de kubusvorm – de beide hoofdvormen waarmee het onderzoek werd verricht – uit hydraulisch oogpunt vrijwel gelijkwaardig zijn en dat derhalve andere overwegingen de keuze kunnen bepalen. Dan verdient de kubusvorm de voorkeur; allereerst al omdat het bekistingsoppervlak dan bij gelijkblijvende inhoud zo klein mogelijk is. Bovendien levert deze vorm de mogelijkheid op om het vers gestorte beton zowel met naaldtrillers als ook met kisttrillers gelijkmatig te verdichten, terwijl de kubussen ook bij het stapelen in de depots grote voordelen bieden.

Ook naar de invloed van het blokgewicht op de stabiliteit van de dam is een onderzoek

ingesteld. Hierbij werd overigens aan het mogelijke gewicht van één blok een bovengrens gesteld van 5000 kg; meer dan 5 ton tegelijk afwerpen van de kabelbaan werd te riskant geacht. Een uit grote blokken opgebouwde dam vormt een zeer doorlatende constructie, zodat er onder invloed van het waterstandsverschil aan weerzijden een sterke stroming plaatsvindt door de dam heen. Neemt het verval toe, dan kan de stromingsdruk op de blokken op het benedenstroomse talud tenslotte zo groot worden dat deze hun stabiliteit verliezen en worden weggedrukt. De kruin van de dam wordt dan lager en de dam wordt door het water overstroomd, zodat de aantasting verder gaat. Golven hebben, ook wanneer zij niet over de kruin van de dam slaan, een nadelige invloed op de stabiliteit doordat zij een tijdelijke vergroting van het verval en daardoor een sterkere stroming door de dam teweeg brengen. Een golf met een lange periode is in dit verband ongunstiger dan een met een korte periode. Blijkens de proeven heeft een vergroting van het blokgewicht van 2,5 ton tot 5 ton slechts een zeer geringe vergroting van de stabiliteit tot gevolg. Er zijn dus geen redenen om het stukgewicht van de blokken te verhogen.

De samenstelling van het betonmengsel is proefondervindelijk bepaald door het maken en beproeven van een 300-tal blokken op ware grootte. Reeds eerder was een 80-tal blokken van een afwijkende vorm gemaakt en beproefd op valbestendigheid. Aan de hand van de daarbij verkregen resultaten werden de driehonderd kubusvormige proefblokken voor het merendeel samengesteld uit 625 kg betonzand, 525 kg betongrind en 100 kg grofgrind 30/80 mm (tendele ook 30/150 mm), terwijl het cementgehalte varieerde van 75 tot 125 kg per m^3. Bij de 80 proefblokken was 125, 150 en 175 kg cement per m^3 gebruikt, waarna uit de valproeven bleek dat een hoog cementgehalte geen kwaliteitsverbetering gaf van dien aard dat het de grotere kosten rechtvaardigde. Bij de grote proevenserie bleek 100 kg cement per m^3 een nog goed verwerkbaar produkt op te leveren, terwijl de valbestendigheid aan redelijke eisen bleef voldoen. Het hoge gehalte aan grof grind geeft het hoge volumegewicht van 2,38 en verlaagt de benodigde hoeveelheid cement.

Wel stelt de toepassing van dit grind speciale eisen aan de menginstallatie. Om ontmenging te voorkomen is een vrije-valmolen die tijdens het kantelen bij het ledigen in dezelfde richting blijft draaien, het meest geschikt, zoals de ervaring in het buitenland bij het maken van stuwdammen van beton met grove toeslag heeft geleerd. Andere typen van molens, in ons land meer gangbaar, kunnen het mengsel alleen goed verwerken als de cementhoeveelheid wordt verhoogd; bij de benodigde grote hoeveelheid blokken stijgen de kosten daardoor echter onevenredig. Toevoeging van een plastificeerder komt wel de verwerkbaarheid ten goede, maar beïnvloedt de valbestendigheid niet noemenswaard. Toevoeging van meer water dan de 70 l – exclusief het vocht van de toeslagmaterialen – die voor de verwerking nodig is, doet de valbestendigheid sterk achteruit gaan.

Bij de valproeven van 8 meter hoogte werd geconstateerd dat door het afspringen van hoeken $\pm$ 6 % van het materiaal verloren kan gaan, terwijl ruwweg 15 % van het aantal blokken in stukken uiteenvalt, die echter grotendeels nog stroombestendig zijn. Bij benadering moet het verlies worden gesteld op 10 %.

Een theoretische verklaring van de breukverschillen is tot op heden niet gevonden. Aanvankelijk is verondersteld dat een blok meer valbestendig zou zijn naarmate het materiaal een kleinere elasticiteitmodulus zou hebben. Metingen op dit gebied hebben echter geen correlaties kunnen aantonen. Verder onderzoek op dit punt blijft nodig. Naast de voordelen die het gebruik van zware eenvormige betonblokken tegenover het gebruik van stortsteen van verschillende stukgrootte uit waterloopkundig oogpunt biedt, staan nog enkele belangrijke voordelen met betrekking tot de verwerking met behulp van een kabel-

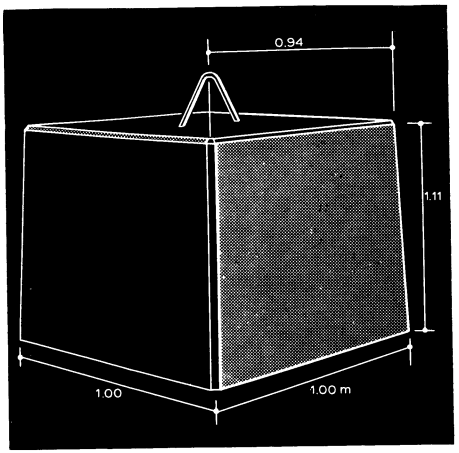


Fig. 1. Het betonblok, zoals het bij de afsluiting van het Haringvliet en het Brouwershavensche Gat zal worden gebruikt

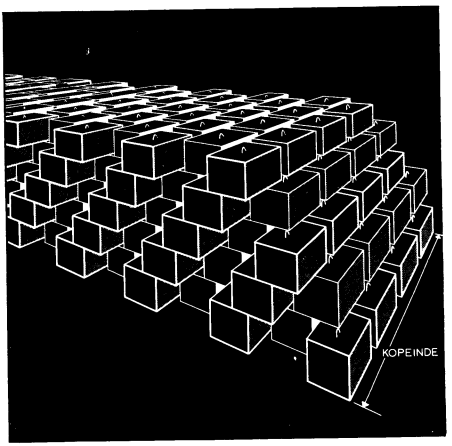
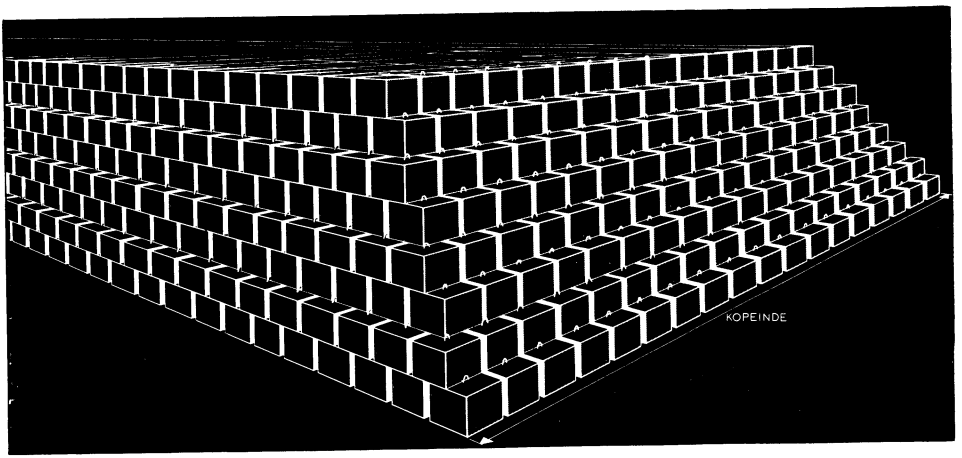
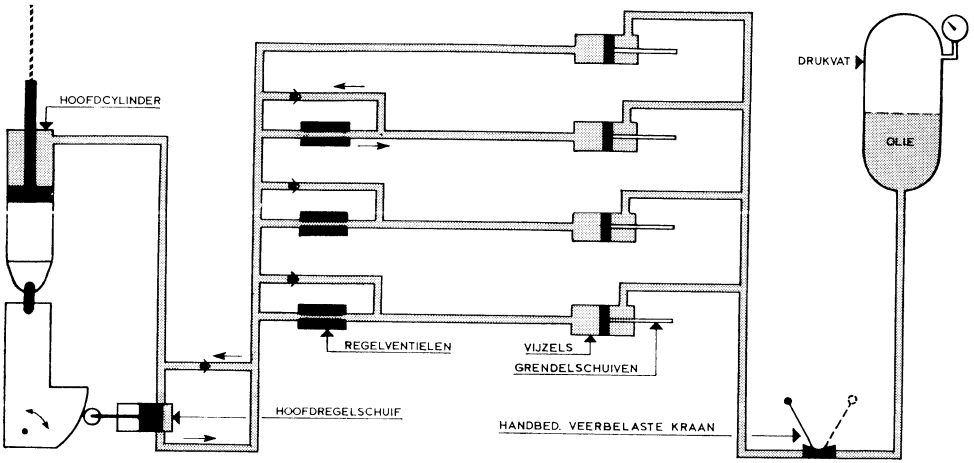


Fig. 2. Opslag van de betonblokken bij het Haringvliet

Fig. 3. Een andere methode van stapelen wordt toegepast bij het Brouwershavensche Gat

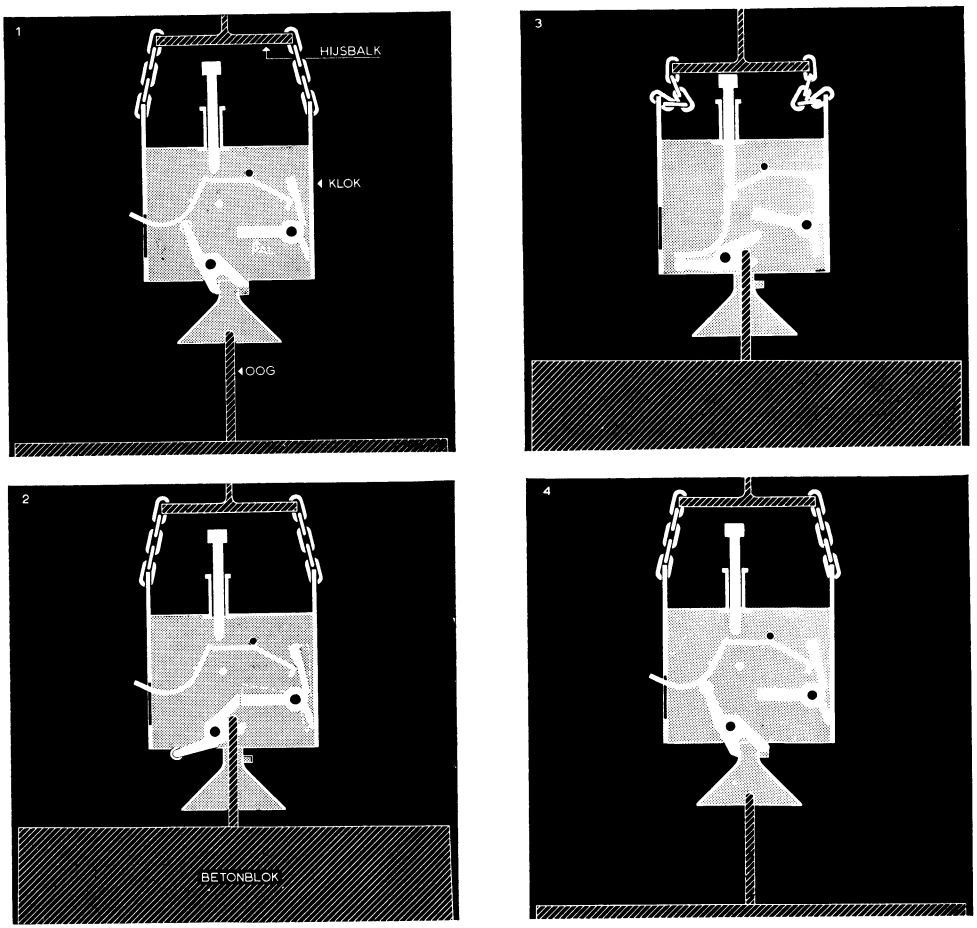




baan. Met name heeft bij de keuze tussen zware stortsteen of betonblokken de wijze van overslagtransport en de mogelijkheid tot het geleidelijk lossen van het stortmateriaal van de automoteurs in het sluitgat een belangrijke rol gespeeld. Het is bekend dat het laten vallen van een te grote last in één keer de kabels van de kabelbaan zodanig doet opslingeren dat de installatie te zwaar kan worden belast, terwijl de bemanning aan zeer onaangename versnellingskrachten wordt blootgesteld, die bij herhaling verschijnselen van zeeziekte kunnen oproepen. Daarom is nagegaan of het bestaande kettingnet geschikt zou zijn om de eventueel te gebruiken zware steen van 1 tot 3 ton stukgewicht te vervoeren en te lossen. Dit bleek niet het geval, de kans was te groot dat het net zich in éénmaal ledigde. Enkele proeven wezen uit dat misschien met een trapeziumvormig kettingnet betere resultaten te bereiken zouden zijn. Maar een ander bezwaar bleef bestaan, nl. dat het moeilijk viel het net met een afgepaste hoeveelheid van 10 ton steen te vullen. Men zou de steen steeds op het oog moeten sorteren om te voorkomen dat de installatie te zwaar zou worden belast. Om aan de veilige kant te blijven zouden de automoteurs gemiddeld minder dan 10 ton lading vervoeren, waardoor de capaciteit zou dalen. Een kostenvergelijking heeft, mede ten gevolge van de grotere complicaties die steen oplevert bij overslag en transport – en deze complicaties doen zich te sterker gelden naarmate er hogere capaciteiten moeten worden bereikt – dan ook uitgewezen dat betonblokken ook uit economisch oogpunt de voorkeur verdienen boven stortsteen. Zeer belangrijk voor het bereiken van een hoge produktie is het vinden van een methode waarmee de gondels van de kabelbaan de betonblokken snel en bedrijfszeker kunnen aanhaken en weer loslaten; dit laatste dan bovendien nog slechts met één of twee stuks tegelijk. Voor dit onderdeel is de volgende oplossing gevonden. Om de betonblokken uit de opslag snel en grijpklaar voor de automoteur op de transportmiddelen te zetten, is een hijsbalk ontworpen, waaraan vier blokken tegelijk kunnen worden opgehesen. Ieder blok is voorzien van een ingebetonneerd oog, waaraan het met behulp van een haak kan worden opgepikt. Op de opslagplaats staan de blokken tegen elkaar aan, maar hangende aan de gondels moeten ze voldoende onderlinge afstand hebben om te voorkomen dat ze tijdens het transport langs de kabel – helling op, helling af – tegen elkaar slaan. Daarom worden de hijsbalken uitgerust met vier aan kettingen hangende klokvormige huizen waarin als een klepel een vorkvormige haak kantelbaar ten opzichte van dit huis is gemonteerd. De onderlinge afstand van deze klokken corres-

Fig. 4. Hydraulisch systeem van de vergrendeling aan de stortbalk

Fig. 5. De werkwijze van de hijsbalk: 1. oppakken; 2. vergrendelen; 3. ontgrendelen; 4. neerzetten



pondeert met die op de aan de gondel hangende stortbalk die eveneens met vier van zulke klokken wordt uitgerust. Door hun klokvorm kunnen de hijselementen binnen een straal van 15 cm t.o.v. het midden van de haken altijd het oog van het blok vinden; dat is, in verband met de toelaatbare speling, ruim voldoende. De ophanging in kettingen maakt verplaatsing van de klokken ten opzichte van de balk en dus ook ten opzichte van elkaar mogelijk. Bij het oppakken stelt de voor het transport met de gondel nodige onderlinge afstand zich vanzelf in. De hijsbalk wordt op zijn beurt weer gehangen aan de hijsdraad van een dragline, waarmede het geheel op en neer kan worden bewogen. De trek- of sleepdraad wordt met een sprenkel eveneens op de balk vastgezet, waardoor de last ook in horizontale zin gestuurd kan worden. Nadat de blokken op het vervoermiddel zijn geplaatst, worden de haken automatisch ontgrendeld door de balk tot op de klokken te laten zakken. De hijsbalk kan nu weer worden geheven met achterlating van de blokkenlast. Bij en door deze beweging worden de haken automatisch weer in de oorspronkelijke stand gebracht en het systeem weer zodanig ingesteld dat opnieuw, zonder enige extra handeling, een nieuwe lading van vier blokken uit de opslag kan worden opgepikt.

Aan de gondels hangen, zoals reeds vermeld, stortbalken voorzien van 4 klokken. De ontgrendeling geschiedt hier evenwel op geheel andere wijze dan bij de hijsbalk. Het ontkoppelen van de hijsbalk vereist namelijk weinig kracht omdat de blokken dan staan en de haken dus onbelast zijn, terwijl bij de stortbalken moet worden ontkoppeld wanneer de blokken met hun volle gewicht in de haken hangen. In plaats van een vergrendelpal vindt men hier dan ook een op kogellagers draaiende en van loopwielen voorziene schuif die hydraulisch wordt bewogen. De olie voor de hydraulische vijzels bevindt zich in een hoofdcilinder die is opgenomen in een der ophangdraden van de hijsbalk en door het gewicht van de hieraan hangende betonblokken onder druk wordt gezet. Nu zijn de bij de Haringvlietsluiting te gebruiken gondels, die zoals bekend eerder bij de afsluiting van de Grevelingen hebben dienst gedaan, destijds geconstrueerd voor het gebruik van steenstortnetten die waren opgehangen aan vier draden die twee aan twee gelijktijdig en ook ten opzichte van elkaar kunnen worden bewogen. Van deze mogelijkheid tot onderlinge beweging wordt nu gebruik gemaakt om een kraan te openen die de onder druk staande olie toelaat op het tijdstip van het afwerpen der blokken tot de hydraulische vijzeltjes die de grendelschuiven bedienen. In de leidingen naar deze vijzels zijn regelventielen opgenomen waardoor het mogelijk is de vier blokken met de gewenste tussenpozen te laten vallen.

Zowel de hoofdcilinder als de vijzels zijn dubbel werkend. De bij de ontgrendelbeweging weg te dringen olie aan de achterzijde van de zuiger wordt geleid naar een drukvat waarin zich boven de olie een ingesloten hoeveelheid lucht bevindt. Door de terugstromende olie, die slechts één richting uit kan, wordt de druk van deze lucht vergroot. Is de gondel terug op de laadplaats, dan kan de olie door opening van een veerbelaste kraan in een omloopleiding onder invloed van de luchtdruk de vijzels weer in de uitgangspositie terugdrukken, zodat het proces opnieuw kan beginnen. Deze installatie is oorspronkelijk ontworpen voor en toegepast bij het openen en vergrendelen van de bodemkleppen van de bakken waarmede zandzakken en asfaltkluiten in de Grevelingendam werden gestort. De hiervoor omschreven constructies zijn in prototypen beproefd en onder meer gebruikt om een proefterp van blokken te storten. Aan deze proefterp werden de taludhellingen gemeten teneinde na te gaan of de bij modelproeven gemeten waarden konden worden aangehouden, hetgeen inderdaad het geval bleek te zijn.

Benodigde hoeveelheden in het Haringvliet

Voor het bepalen van de benodigde hoeveelheden betonblokken voor de afsluitdam in het Haringvliet is in het Waterloopkundig Laboratorium een uitgebreid beproevingsprogramma uitgevoerd. Daarbij bleek dat er, wanneer de uitwateringssluizen worden opengezet, geringere vervallen over het profiel van de sluitkade te verwachten zijn, zodat met een geringer profiel kan worden volstaan, dan wanneer de sluizen gesloten zouden zijn. Aangezien de stortebedden van de uitwateringssluizen op heen- en weergaande getijstromen zijn ontworpen kon zonder bezwaar een berekening worden opgezet op basis van de toestand bij open sluizen.
Voor de bepaling van het benodigde profiel van de sluitkade moest voorts nog een keuze worden gedaan ten aanzien van de vereiste ontwerpcriteria, zoals waterstanden en golfaanval. Hierbij zijn verschillende benaderingen mogelijk. Wanneer men er van uitgaat dat gedurende de sluitingsfase geen schade van betekenis mag optreden zullen randvoorwaarden met een lage frequentie van voorkomen moeten worden gekozen. Voor een dergelijke situatie is het gebruikelijk dat dan met extreme omstandigheden gerekend wordt die eens in de 50 à 100 jaar voorkomen. Voor de dam in het Haringvliet leidt dit uitgangspunt tot een zware dam met een brede kruin, 4 m boven N.A.P. Men kan er echter ook van uitgaan dat bij het opbouwen van een dergelijke beteugelingsdam best wat schade mag ontstaan, die dan natuurlijk na afloop van de storm hersteld moet worden. Hiervoor moet men dan een zekere hoeveelheid blokken als reserve aanmaken.
Bij deze benaderingswijze en in aanmerking nemende dat de blokkendam in het daarvoor meest gunstige seizoen wordt opgestort zou men als ontwerpcriterium een waterstand kunnen aanhouden met een overschrijdingsfrequentie van 0,1 per zomerhalfjaar, gekoppeld aan de daarbij te verwachten golfbeweging.
De ontwerpeisen leiden voor het Haringvliet tot een dam met smalle kruin, gelegen op N.A.P. + 4 m, waaraan blijkens de uitgevoerde proeven bij een zeewaterstand van N.A.P. + 2,5 m en een vloedverval van 1 m nog geen belangrijke schade wordt toegebracht. Bij een zwaardere aanval ontstaat dan wel schade van betekenis. Het aanvaarden van de kans op beperkte schade en het aanmaken van reserveblokken om deze schade te herstellen, is bij het Haringvliet ook nog daarom aantrekkelijk omdat de in reserve gehouden blokken in elk geval nog bij de afsluiting van het Brouwershavensche Gat in 1971 een nuttige bestemming kunnen vinden.
Het accepteren van de kans op beperkte schade biedt de mogelijkheid de voor de dam benodigde hoeveelheid blokken nader te preciseren in relatie tot verschillende schadecriteria.
De hieronder beschreven analyse heeft uiteindelijk geleid tot de bepaling van het gewenste aantal blokken.
Een lage dam met de kruin op N.A.P. + 2,50 m zal in eerste aanleg uiteraard goedkoper zijn dan een hoge dam met de kruin op b.v. N.A.P. + 4 m. In het laatste geval zal de bij een zomerstorm optredende schade echter belangrijk minder zijn. Gezocht is nu naar het economisch optimum, waarbij de som van de aanlegkosten van de dam en de kosten van herstel als vergelijkingscriterium kan gelden.
Ter vereenvoudiging is in de eerste plaats aangenomen dat de schade veroorzakende zomerstorm gedurende de sluitingsperiode slechts één keer optreedt, zodat met eenmalig herstel volstaan kan worden. In de tweede plaats is verondersteld, dat de kade in elk der onderzochte gevallen slechts tot N.A.P. + 2,50 m zal worden hersteld.
De hierbij veronderstelde waterstanden en vervallen komen overeen met een overschrijdingsfrequentie van respectievelijk 0,1 en 0,01 per zomerhalfjaar, terwijl een golfhoogte

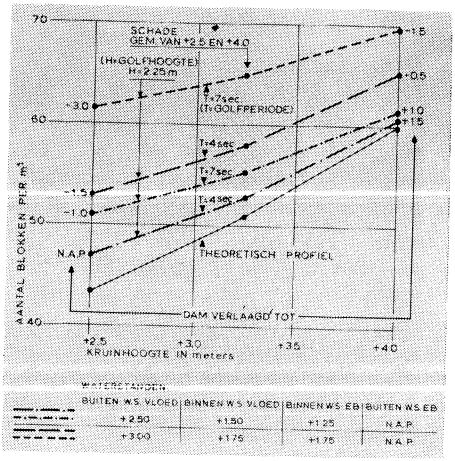


Fig. 6. Benodigd aantal betonblokken voor het opbouwen van de dam en voor herstel van schade bij stormen met een overschrijdingsfrequentie van 0,01 (bovenste twee lijnen) en 0,1 (de twee lijnen daaronder) per zomerhalfjaar

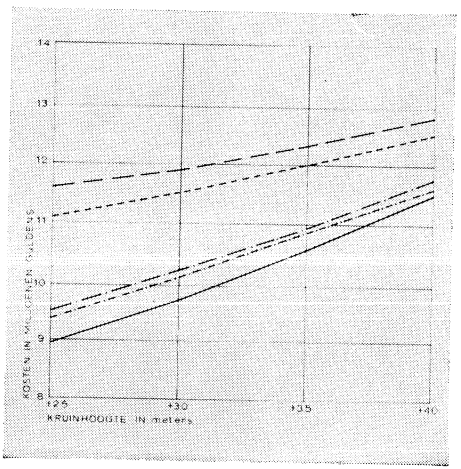


Fig. 7. Kosten van de opbouw en van herstel van schade aan de dam. De lijnen beduiden, van boven naar beneden:
1 Kosten van aanleg en herstel bij een storm met frequentie 0,01, inbegrepen de indirecte schade.
2 Kosten van aanleg en herstel bij een storm met frequentie 0,01 en golfperiode 7 sec.
3 Kosten bij niet optreden van schade.
4 Kosten van aanleg en herstel bij een storm met frequentie 0,1 en golfperiode 4 sec.
5 Kosten van de aanmaak der betonblokken.

van 2,25 m met golfperioden van respectievelijk 4 en 7 sec. werd aangenomen. Op deze wijze werd een viertal randvoorwaarden gevonden waarbij de schade kon worden vastgesteld.

Het totaal aantal benodigde blokken bestaat nu uit een hoeveelheid vereist voor het opbouwen van de dam tot het vereiste profiel, en een hoeveelheid benodigd voor het herstel van de eventuele schade. Voor ieder der vier ontwerpcriteria kan in een diagram een lijn worden geconstrueerd, waarbij op de horizontale as de kruinhoogte van de dam en op de verticale as het aantal blokken nodig voor de initiële bouw en voor eventueel herstel kan worden afgelezen. Figuur 6 laat zien tot wat voor diagram men dan komt. Hierbij is de schade aan een dam met kruin op N.A.P. + 3,25 m niet door proeven bepaald, maar is het gemiddelde aangenomen van de schaden aan kaden van 2,5 m en 4 m boven N.A.P.

Op de verticale as kan ook het geldbedrag worden uitgezet dat nodig is voor het maken, transporteren en verwerken van de blokken met de kabelbaan. In figuur 7 is dit gedaan voor een lage zomerstorm met golven van 4 sec. en een hoge storm met golven van 7 sec.

Bij de totale kosten moet nog de grootte worden gerekend van de te verwachten indirecte schade, voornamelijk wel de schade welke ontstaat door stilstand in het zandbedrijf. In het diagram kan ook de lijn nog worden uitgezet die de totale kosten aangeeft, indien de schade niet optreedt. De kans hierop is namelijk veel groter dan de kans op belangrijke schade. Als er geen schade optreedt moeten de kosten van het transport van de reserveblokken van het Haringvliet naar het Brouwershavensche Gat als kostenfactor in beschouwing worden genomen. Uit figuur 7 kan de conclusie worden getrokken, dat het onder de gedane veronderstellingen geen economische voordelen biedt de dam hoger dan 2,5 m boven N.A.P. op te trekken, omdat in alle gevallen de kosten zullen stijgen naarmate men de kruin hoger legt.
Bij een dam met een kruinhoogte van N.A.P. + 2,5 m wordt de hoeveelheid blokken in het theoretisch profiel berekend op 75 000 blokken. Daarbij is uitgegaan van taluds met een helling van 1 : 1 en een holle-ruimtepercentage van 40.
Het werkelijk nodige aantal blokken kan om een aantal redenen hoger liggen dan de hoeveelheid die uit het theoretisch profiel volgt. Men houdt namelijk rekening met de volgende praktische vermeerdering. Voor zetting 5 %, voor breuk 10 %, voor flauwere taluds 12 % en als onvoorzien – bijvoorbeeld een lagere aanlegbasis van de dam in het zuidelijk deel van het sluitgat, of afwijkende holleruimte-percentages – 10 %. Samen verhogen deze vermeerderingen de hoeveelheid van 75 000 blokken voor het theoretische profiel met 37 %, dus tot 105 000 blokken. Stelt men de schade bij een zomerstormvloedstand met een overschrijdingsfrequentie van 0,01 op 25 000 blokken, dan komt men bij een kruin op N.A.P. + 2,5 m tot een benodigde hoeveelheid blokken van 130 000 stuks. Daar de ervaring bij de uitvoering van Deltawerken heeft geleerd dat het werken aan een dam met een kruin op N.A.P. + 2,5 m toch wel moeilijkheden kan geven, bestaat er een zekere voorkeur om de kruin wat hoger op te trekken, b.v. tot N.A.P. + 3 m. Dan moet men rekenen op een benodigde hoeveelheid blokken van 140 000 stuks. Dat aantal vormt dan de definitieve uitkomst van de hoeveelheidsberekeningen voor de afsluiting van het Rak van Scheelhoek.

Het aanbrengen van een bodembescherming van asfalt in het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat

Het onderzoek dat bij de voorbereiding van de sluiting van het Brouwershavensche Gat werd ingesteld ter bepaling van de grootte en de samenstelling van de in het zuidelijke sluitgat aan te brengen bodembescherming, leidde tot de conclusie dat een deel van de bodem aldaar in plaats van met traditionele rijshouten zinkstukken zou kunnen worden beschermd met een laag gietasfalt. Op grond van waterloopkundige studies werd vastgesteld dat een bodemtapijt van gietasfalt hier 30 cm dik zou moeten zijn en zou moeten worden bestort met 300 kg stortsteen 10/60 kg per m^2. In dit artikel zal het aanbrengen van deze asfaltmastiekverdediging met behulp van het nieuw gebouwde asfaltschip 'Jan Heymans' worden besproken. Over het bovenbedoelde ontwerp alsook over het asfaltschip kan men lezen in de Driemaandelijkse Berichten nrs. 39, 40 en 43 (januari en mei 1967 en januari 1968).

Met de bouw van de 'Jan Heymans' was men medio mei 1968 gereed gekomen; op 20 mei werd het schip naar het Haringvliet gebracht. Daar zijn, nadat de apparatuur beproefd was, twee stroken asfalt gelegd; vervolgens werd een proefvlak gelegd in de Westerschelde op de slikken voor de Zimmermanpolder.

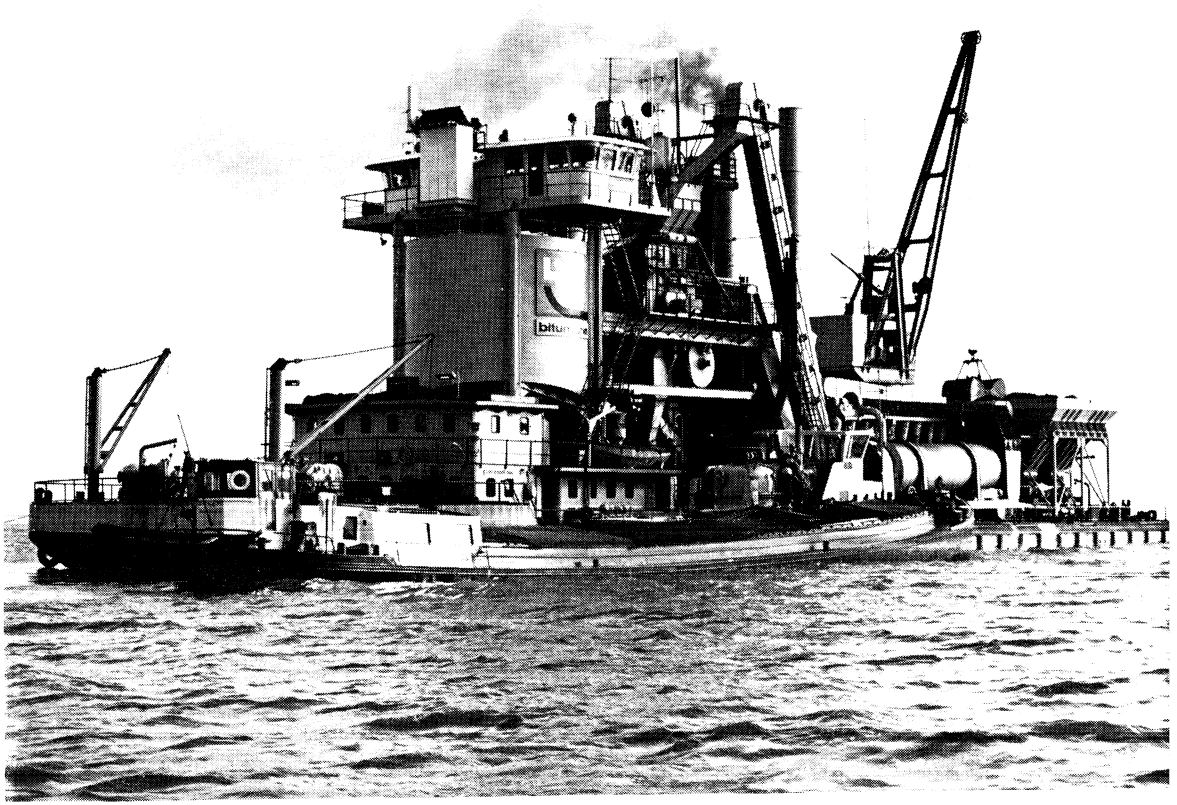
De 'Jan Heymans' was uitgerust met een elektronisch plaatsbepalingssysteem zoals beschreven in het Driemaandelijks Bericht nr. 41 (augustus 1967). Later werd besloten het schip bovendien te voorzien van tellurometers die de afstand tot een vast punt bepalen door de tijd te meten die verloopt tussen het uitzenden van een signaal en het daarna ontvangen van de door het vaste reflecterende punt teruggekaatste echo.

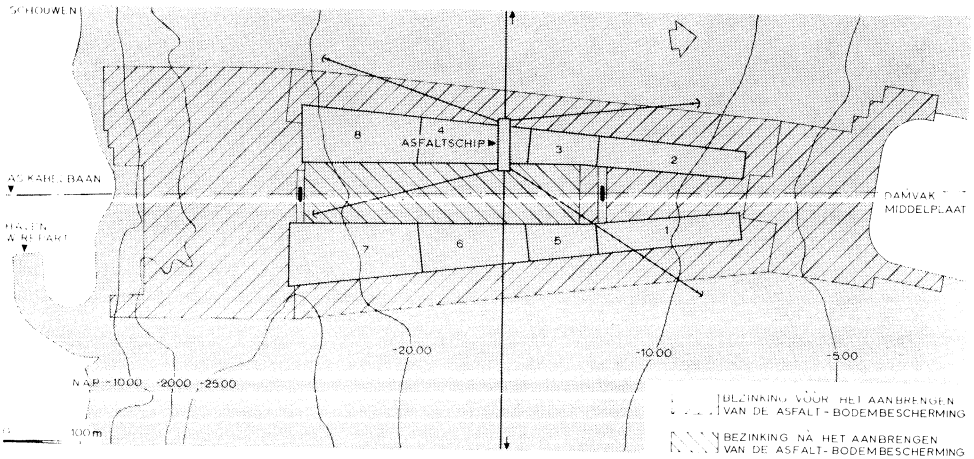
Gedachtig aan de in het Haringvliet opgedane ervaringen verzwaarde men de voor- en achterankers van het asfaltschip. Gedurende de werkzaamheden in het Brouwershavensche Gat bestond de zijverankering uit vier aangepaste klipankers van 2450 kg elk, en de voor- en achterverankering uit Danforth ankers van 4600 kg elk. Toen met het aanbrengen van de asfaltbodembescherming in het Brouwershavensche Gat werd begonnen, was de uit rijshouten zinkstukken bestaande bezinking langs de oevers van het sluitgat, langs de randen van het bezinkingsveld en op de noordelijke helft van de drempel reeds aangebracht. Op het zuidelijk gedeelte van de drempel werden de rijshouten zinkstukken pas aangebracht nadat de asfaltbescherming was gelegd, omdat dit gebied eerst moest worden gebruikt voor het uitzetten van de ankers van het asfaltschip.

De met een asfaltlaag te beleggen oostelijke en westelijke strook van het bezinkveld werden elk in de lengterichting in vakken verdeeld, zodanig dat elk vak zonder of met

minimale, weinig tijdrovende verplaatsing van de ankers kon worden bewerkt. Het asfalttapijt werd gelegd in banen van 5 m breedte en 15 cm dikte. Deze banen overlapten elkaar dakpansgewijs over 2,50 m, zodat ze uiteindelijk een aaneengesloten 30 cm dikke mat zouden vormen. De banen werden gelegd in de stroomrichting, waarbij het schip zich verplaatste van oost naar west. Wanneer dan de westelijke rand van een baan was bereikt werd het schip terugverhaald naar het oostelijk begin van de volgende baan. De banen in elk vak werden achtereenvolgend van zuid naar noord gelegd. Om een goede aansluiting te verkrijgen tussen de asfaltbescherming en de eraan grenzende zinkstukken werd voor een overlapping van 5 m gezorgd.
Ter vereenvoudiging van de afstandsmetingen met de tellurometer werden de banen gelegd volgens een zeer flauwe boog waarvan het middelpunt lag op het damvak Middelplaat, zodat de afstand tot dat punt in elke baan steeds dezelfde bleef. Het begin en

De 'Jan Heymans' in actie





einde van de banen werden aangegeven door verlichte bakens op de wal. Gezien de verhouding tussen de lengte van het schip – 70 m – en de lengte van de baan – 40 tot 80 m – werden de afstanden in de richting van de banen op het schip zelf gemeten, gebruik makend van de verlichte walbakens.

Om vast te kunnen stellen welk asfaltmengsel men gebruiken zou, werd een systematisch laboratoriumonderzoek ingesteld naar de holle ruimte van zandvulstofmengsels en naar de overvullingsgraad van dit mineraal aggregaat. Met behulp van deze gegevens, en rekening houdend met de ter beperking van de afvloeiing van het mengsel op een hellende bodem gewenste hoge initiële taaiheid, werd de samenstelling van het mengsel wanneer nodig steeds aangepast. Een belangrijk criterium daarbij was de verwerkingsviscositeit; deze moest 700 à 800 poises bedragen om goede doorstroming van de mastiek door het stortapparaat te garanderen.

Bij weinig met asfalt overvulde mengsels bestaat het gevaar dat door een herschikking van de korrels de kleine overvulling omslaat in een ondervulling, waarbij het mengsel zeer taai wordt en niet meer verwerkbaar is. Een ruimschoots overvuld mengsel met bitumen met een penetratiegraad van 180–210 is zeer vloeibaar. Om toch een overvuld mengsel te verkrijgen dat bovendien taai is werd overgegaan op een harder bitumen, nl. met een penetratiegraad van 80–100.

De gemiddelde mengselsamenstelling was: asfaltbitumen 17,2, zeer zwakke vulstof 20,8 en zand 62 gewichtsprocenten. In totaal moest 63 110 m² met asfalt worden bedekt.

Geruime tijd voordat met het aanbrengen van de asfaltmat werd begonnen, werd het voor de samenstelling van de mastiek benodigde zand in depot gespoten op het damvak Middelplaat. Daardoor was het mogelijk een goede ontwatering van het zand te bereiken voor het werd verwerkt in het mengsel.

Tijdens het werk werd het zand uit het depot met laadschoppen in bakken geladen van waaruit het door de op de 'Jan Heijmans' gemonteerde kraan in de zandsilo op het schip werd overgeslagen. De vulstof werd per binnenvaartschip aangevoerd en door een vulstofpompboot in de silo van het asfaltschip gepompt. Het bitumen werd met binnenvaarttankers aangevoerd en in de bitumentanks van het schip overgepompt.

Het werk is op 12 augustus 1968 begonnen in het zuid-oostelijk vak. De bodem ligt daar tussen 20 en 25 m onder N.A.P. Al spoedig bleken de schuiven van de uitstromingsopeningen en de binnendeksels van de vulopeningen in de stortpijp onvoldoende weer-

Overzicht van de aangebrachte bodembeschermingen in het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat

stand te bieden aan de hoge waterdruk die op deze diepte heerst. Het schip werd daarom verplaatst naar het noord-oostelijke vak, waar de diepte ca. N.A.P. – 8 m bedraagt, en waar dus minder hoge waterdrukken op de onderdelen van de stortpijp worden uitgeoefend. Gedurende de werkzaamheden in dit ondiepe gedeelte werden de ontstane defecten hersteld.

Al snel bleek het niet alleen tijdrovend maar praktisch onmogelijk de draad die nodig is voor de plaatsbepaling met het elektromagnetische aftastapparaat in de mastiek aan te brengen. Door de oneffenheden van de bodem werd de draad, die in verband met de vereiste nauwkeurigheid strak gespannen moet worden aangebracht, namelijk uit de nog warme, min of meer vloeibare asfaltmastiek getrokken. In het vervolg werd daarom alleen met de tellurometer gewerkt. Omdat deze meters niet berekend zijn op een continu gebruik, werden beurtelings twee ontvangers gebruikt. De aflezingen vonden plaats in een afzonderlijke, donker gemaakte ruimte, van waaruit doorlopend de nodige correcties aan de lierganger werden doorgegeven. Dat de lierganger op deze wijze indirect geïnformeerd werd over de plaatsbepaling, kwam de nauwkeurigheid van het werk niet ten goede.

Voor de nauwkeurigheid van het werk bleek het als gevolg van de slingeringen van het schip noodzakelijk te zijn geen zand in de silo's van het schip te laden tijdens het leggen van de banen, en dit alleen te doen tijdens het terugvaren. De laadcapaciteit van de kraan was hiervoor voldoende. Om dezelfde reden moesten ook de bitumentanks zo gelijkmatig mogelijk worden geledigd en gevuld.

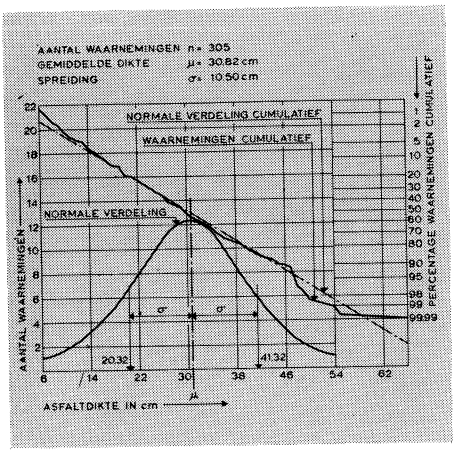
De vaarsnelheid van het schip, het bitumenniveau in de stortpijp en de temperatuur in de uitstroomopeningen werden voortdurend gecontroleerd. Ook de samenstelling van de uit de menginstallatie vloeiende asfaltmengsels, alsmede de gradatie van het zand, de temperatuur van het mengsel, de werkelijke viscositeit en de viscositeit op een standaardtemperatuur van 130° werden geregeld bepaald. Aan de hand van de uitkomsten van deze bepalingen werd de samenstelling van het mengsel, wanneer nodig, gecorrigeerd. Vele systematische waarnemingen en bepalingen zijn gedaan teneinde een beter inzicht te verkrijgen in de asfaltbitumentechnologie. Zo is bijvoorbeeld uit analyses van asfaltmonsters gebleken dat zelfs bij stagnaties van 45 minuten geen ontmenging van de mastiek in de stortpijp ontstaat en ook dat de samenstelling van stortlading, alsmede die van een aantal na elkaar volgende stortladingen vrij constant is.

Resultaten

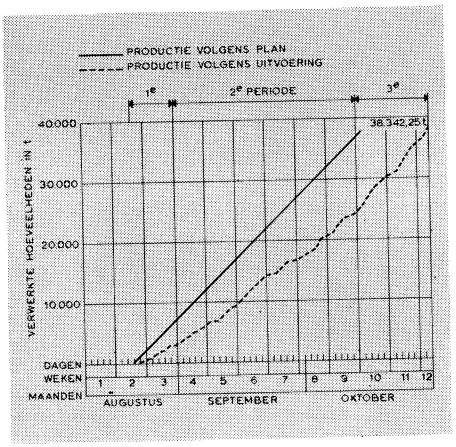
Bij de beoordeling van de ervaring bij het werken met het asfaltschip kan men globaal drie perioden onderscheiden: een aanloopperiode, waarin verschillende veranderingen aan het apparaat moesten worden aangebracht, zoals versterking van de binnendeksels van de vulopeningen van de stortpijp en verbetering van de schuiven van de uitstroomopeningen, terwijl van het gebruik van het elektromagnetisch plaatsbepalingssysteem werd afgezien; een periode zonder kinderziekten, maar waarin de maximale capaciteit van het asfaltschip nog niet werd bereikt omdat nog gewerkt werd met één droogtrommel; en een laatste periode, waarin gewerkt werd met twee droogtrommels en de maximale capaciteit werd bereikt.
De in de verschillende perioden behaalde prestaties zijn in onderstaande tabel weergegeven.
De werkbaarheidsgrens voor het aanbrengen van de asfaltbodembescherming bij ongunstige stroom- en weersomstandigheden bleek te liggen bij een golfhoogte van 80 à 100 cm en een stroomsnelheid van 2 m/sec. De verankering van het schip voldeed goed. Slechts eenmaal is een vooranker en eenmaal een zijanker doorgekomen.
De maximale afwijking in de plaats van de getrokken banen schommelt om een halve meter. De nauwkeurigheid van de tellurometer heeft een grootte-orde van een decimeter. Afhankelijk van de viscositeit en van de werkdiepte vloeide de mastiek ongeveer 25 tot 50 cm uit. Er bleek een verband te bestaan tussen viscositeit en werkdiepte. Dit verschijnsel wordt nog nader bestudeerd.
Ter bepaling van de dikte van de op de geulbodem gelegde asfaltlaag is een meetinstrument ontwikkeld dat gebruik maakt van het verschil in de weerstand die een conus ondervindt in asfaltmastiek en in zand. De conus van het meetinstrument wordt met constante kracht in de asfaltlaag gedreven, terwijl daarbij de verandering in snelheid tijdens de voortgang van de conus wordt gemeten. Deze snelheidsverandering is een maat voor het binnendringen in en het uittreden uit de asfaltmastieklaag; uit de tijd die de conus

Werkperiode	Duur v. d. periode in werkdagen	Gemiddelde produktie per werkdag in tonnen	Netto werktijd / Totale werktijd	Werktijd banen trekken / Totale werktijd	Gemiddelde produktie v. d. molen in ton/uur	Gemiddelde werkproduktie: totale werkproduktie / netto werktijd in ton/uur	Gemiddelde viscositeit (maximale viscositeit tot minimale viscositeit) in poises	Gemiddelde temperatuur in C.
1	8	395	0,48	0,10	145	34,8	740 (1340-450)	134
2	30	742	0,82	0,27	180	75,2	584 (1170-250)	149
3	12	1188	0,90	0,36	235	105,8	579 (1310-310)	161
Gemiddeld op het hele werk	(totale duur van het werk 50 werkdagen)	793,5	0,66	0,25	197	77,4	608	150

Onder netto werktijd wordt verstaan de tijd die nodig is voor het starten van de molen, het produceren van mastiek, het vullen van de stortpijp, het leggen van de banen, het terugverhalen van het schip, het verplaatsen van de ankers, alsmede het opruimen en schoonmaken van het schip aan het eind van de werkdag.



Resultaten van de diktemetingen van de asfaltlaag



Produktiegrafiek

nodig heeft om de asfaltmastieklaag te doorboren is de dikte van die laag af te leiden. In totaal werd de dikte op 466 plaatsen gemeten. Van deze waarnemingen waren er 305 geschikt voor een statistische bewerking. De gemiddelde dikte van de asfaltslab bleek 30,8 cm te bedragen; ongeveer een kwart van de waarnemingen geeft een dikte aan die minder is dan 24 cm. De verschillen in dikte zijn waarschijnlijk te verklaren doordat de asfaltmat niet altijd in twee lagen, maar op sommige plaatsen ook in drie of één laag is aangebracht; dat komt vermoedelijk door het weinig uitvloeien van de mastiek op grotere diepte en door de geconstateerde afwijkingen in plaats bij het leggen van de slab. Noch bij de veelvuldige door een duiker uitgevoerde inspecties, noch bij het meten van de dikte zijn openingen in de mastieklaag geconstateerd. Er is geen verband gevonden tussen de oorspronkelijke helling van de bodem die maximaal 1 : 5 bedroeg, en de dikte van de mastieklaag.

Na voltooiing van het asfaltwerk werd de bedekking afgestort met 300 kg stortsteen 10/60 kg per m².

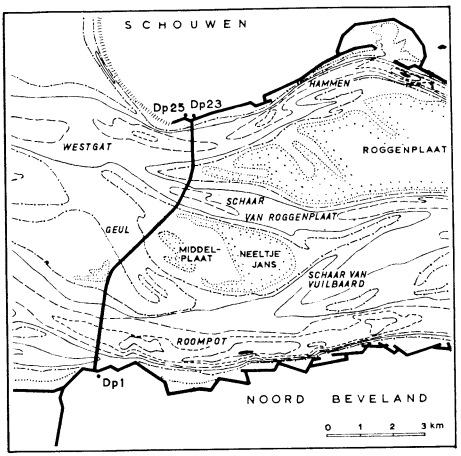
Uit recente proeven en berekeningen is gebleken dat de waterbel die veroorzaakt wordt door het toestromen van water naar het gedeelte waar de druk van de bovenliggende waterlaag het geringst is, bij het optreden van wateroverdrukken onder de dichte asfaltlaag slechts klein van afmetingen zal zijn en geen enkele ernstige consequentie voor de bodembescherming kan hebben. Wel kan wrijving tussen asfaltmastiek en zandbodem als gevolg van de wateroverdrukken over een bepaald traject opgeheven worden, zij het dan slechts gedurende een zeer korte periode van het getij en bovendien slechts bij getijden met een kans van voorkomen van de orde van 3 à 4 %. De dan optredende 'stroomwrijving' kan tot uitrekking van het tapijt leiden. Uit berekeningen uitgaande van de maximum te verwachten schuifkracht van het water en van de materiaaleigenschappen van asfalt zou blijken dat de grootst denkbare uitrekking voor de omstandigheden van het Brouwershavensche Gat aanvaardbaar is. Dit aspect wordt nog nader door middel van proeven bestudeerd.
Opgemerkt moet nog worden dat in de praktijk van de uitvoering als gevolg van zand- en slibafzetting tussen de opeenvolgend getrokken banen waarschijnlijk naden zijn ontstaan die niet altijd waterdicht zijn. Deze waterdoorlatende naden zullen de overdrukken onder de mat reduceren. Wegens de geringe stroomsnelheid van het hierdoor uittredende water behoeft niet gevreesd te worden dat zand van onder de slab wordt weggespoeld.
Geconcludeerd kan tenslotte worden dat het asfaltschip in het algemeen aan de verwachtingen heeft voldaan. Wat de prestaties betreft is de derde werkperiode goed te noemen.
Toch zijn er bij het werken met het schip nog enige punten die om verbetering vragen, zoals het plaatsbepalingssysteem, de nauwkeurigheid waarmee de banen op de juiste plaats kunnen worden gelegd en het geven van de vereiste dikte aan de asfaltbedekking. Verbeteringen zullen al verkregen kunnen worden door het tellurometerscherm direct voor de lierganger zichtbaar te maken, door de ankerdraden hoger te spannen teneinde gewenste plaatsveranderingen sneller te kunnen uitvoeren, en door te werken met verscheidene dunne elkaar overlappende lagen.

Koninklijk Besluit inzake de afsluiting van de Oosterschelde

In het vorige nummer van dit tijdschrift werd de gehele tekst van de 'Oosterschelde-nota' van de Rijkswaterstaat opgenomen. Aan het einde werd meegedeeld dat alle bevoegde instanties het in de nota vervatte plan voor de afsluiting van de Oosterschelde hadden goedgekeurd. Het Koninklijk Besluit waarin het plan definitief werd vastgesteld, verscheen in Staatsblad nr. 96 van 13 maart, als volgt:

BESLUIT van 22 januari 1969, houdende vaststelling van het plan tot sluiting van de Oosterschelde.

WIJ JULIANA, bij de gratie Gods, Koningin der Nederlanden, Prinses van Oranje-Nassau, enz., enz., enz.



Tracé van de dam door de Oosterschelde

Op voordracht van Onze Minister van Verkeer en Waterstaat van 20 januari 1969, no. RWW 3376, Hoofddirectie van de Waterstaat, Hoofdafdeling Waterstaatsrecht;

Na overleg met Gedeputeerde Staten van Zeeland;

Gelet op artikel 1 sub I en artikel 2, lid 3 van de Deltawet;

Hebben goedgevonden en verstaan:

Artikel 1. 1. Tot afsluiting van de Oosterschelde wordt tussen Schouwen en Noord-Beveland een dam aangelegd ongeveer volgens het tracé dat is aangegeven op de bij dit besluit behorende tekening, welke dam aan de noordzijde aansluit op de hoogwaterkerende dijk van het waterschap Schouwen-Duiveland tussen de dijkpalen 23 en 25 van de zeedijk van de Burgh- en Westlandpolder en aan de zuidzijde op de hoofdwaterkering van het waterschap Noord-Beveland ongeveer op de grens tussen de Onrustpolder en de Jacobpolder.
2. Aan het ontwerp van deze afsluitdam zal een maatgevende stormvloedhoogte ter plaatse van de noordelijke aansluiting van N.A.P. + 5,3 m en ter plaatse van de zuidelijke aansluiting van N.A.P. + 5,45 m ten grondslag worden gelegd.

Artikel 2. Langs de oostzijde van de dam zal een binnenberm worden aangebracht van zodanige afmetingen, dat daarop de nodige verkeersverbindingen kunnen worden aangelegd.

Onze Minister van Verkeer en Waterstaat is belast met de uitvoering van dit besluit, dat in het *Staatsblad* zal worden geplaatst.

Soestdijk, 22 januari 1969.

JULIANA.

De Minister van Verkeer en Waterstaat,
J. A. BAKKER.

Uitgegeven de *dertiende* maart 1969.

De Minister van Justitie,
C. H. F. POLAK.

Het verdichten van zand door middel van ontploffingen
Proeven aan de Noordbevelandse oever

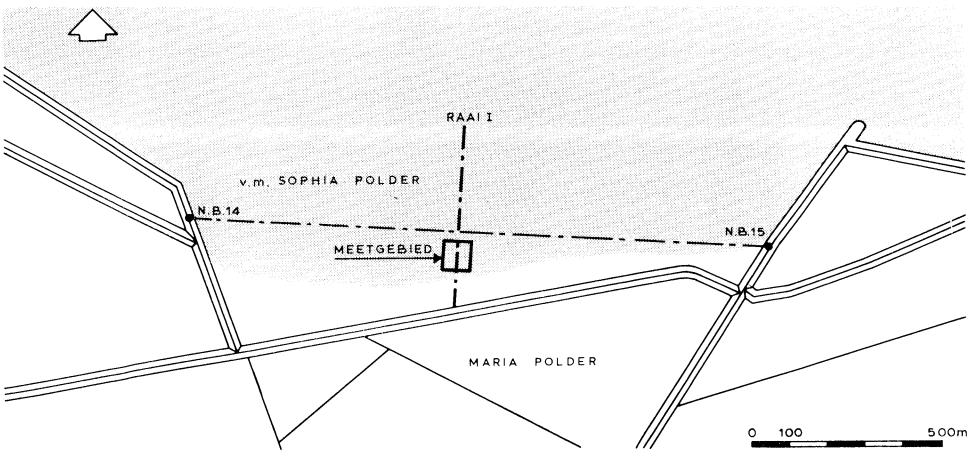
In maart 1968 werd in de voormalige Sophia-polder aan de Noordbevelandse oever een begin gemaakt met de aanleg van een werkhaven die ten dienste zal staan aan de afsluitingswerkzaamheden in de Oosterschelde. Aan de aanleg van deze haven is een uitgebreid grondmechanisch onderzoek voorafgegaan, waaruit bleek dat op vele plaatsen in het werkgebied losgepakt zand voorkomt, zodat het risico voor het optreden van een zettingsvloeiing er zeker niet denkbeeldig is. De waarschijnlijkheid van dit gevaar wordt bevestigd door de vele oevervallen die in het verleden aan de Noordbevelandse kust zijn voorgekomen. De inleiding tot een dergelijke vloeiing zou gevormd kunnen worden door zuig- of baggerwerkzaamheden die nodig zijn voor de aanleg van een werkhaven. Er waren dan ook in het bestek een paar beperkende bepalingen opgenomen ten aanzien van de wijze van uitvoering. Tevens was het ontwerp van de haven zo opgezet dat de inbaggering zo ver mogelijk van de zeewering kon beginnen. Het risico van zettingvloeiing zou in belangrijke mate beperkt, zo niet geheel tenietgedaan kunnen worden, indien men er in slaagde de zandbodem te verdichten. Om dit te bereiken wordt in de funderingstechniek veelvuldig gebruik gemaakt van de diepverdichtingsmethode. Hierbij wordt de weinig samenhangende grondmassa in trilling gebracht door een in de grond ingebrachte buis waarin een elektromotor met excentrieken zit. Door de werking van de excentrische gewichten worden horizontale trillingen uitgezonden, die het zand in de naaste omgeving van de buis verdichten.
Men kan de grond ook in trilling brengen door er springstoffen in te laten exploderen. De trillingen veroorzaken dan een verweking van de ondergrond, wat het geheel of gedeeltelijk wegvallen van de draagkracht van de bodem tot gevolg heeft. De korrelstructuur van de bodem wordt gedurende een heel korte dynamische periode die volgt op de ontploffing van de ladingen verbroken. Daarna zullen de zandkorrels gedurende een veel langere, quasi-statische fase een nieuwe ligging en stapeling vinden in een mogelijk dichtere pakking. Deze herstabilisering zal gepaard gaan met het uitdrijven van water uit de verweekte zone. Als het lukt het zand op deze wijze in belangrijke mate te verdichten, dan is daarmee een veel goedkoper procédé van verdichting gevonden dan de diepverdichtingsmethode. Met deze methode van verdichten is echter nog zeer weinig ervaring opgedaan. Wel zijn elders in Nederland enkele proeven uitgevoerd waarbij inderdaad verdichtingen zijn geconstateerd, maar dat wil nog niet zegggen dat eenzelfde resultaat bereikt kan worden bij het zand in de voormalige Sophia-polder aan de Noord-

bevelandse oever. Om daaromtrent zekerheid te verkrijgen dienden ook hier proeven uitgevoerd te worden, waartoe het uitgestrekte buitendijkse gebied zich bij uitstek leende. In nauw overleg met diverse instanties werd een proefprogramma opgesteld. De plaats, waar de springstoffen zouden worden aangebracht en de omvang van de ladingen werden zodanig vastgesteld, dat de in de grond opgewekte trillingen ter plaatse van de zeewering en de steile oever van de Roompot geen evenwichtsverstoringen konden opwekken. De afstand tot de hoogwaterkering bedroeg 120 m en tot het steile talud van de Roompot zelfs 600 m. Het maaiveld ligt in het proefgebied ongeveer op N.A.P., zodat bij het uitvoeren van de metingen rekening moest worden gehouden met de getijbeweging. Aan de metingen werkten mee het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft, het Shell Exploratie en Produktie Laboratorium te Rijswijk en de Rijkswaterstaat.

Het meetprogramma

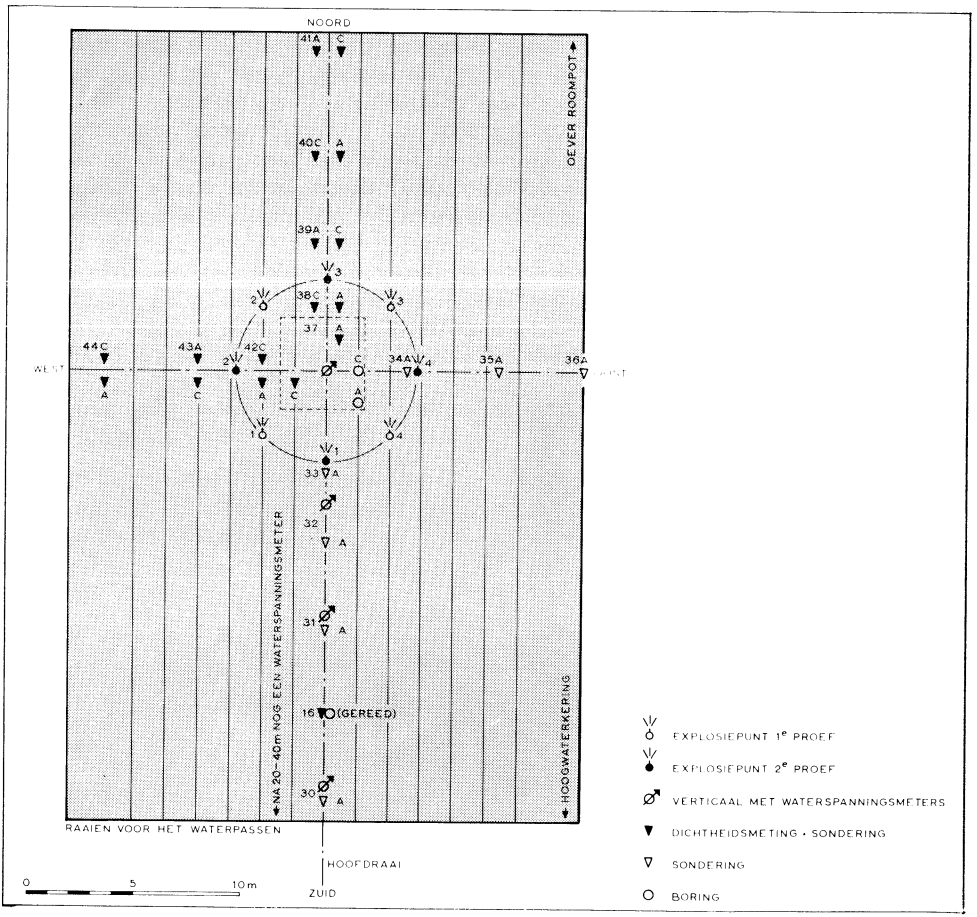
De dynamische verschijnselen die bij een ontploffing optreden spelen zich af in onderdelen van een seconde. De opnemers en de registratie-apparatuur die bij een proefneming als deze worden gebruikt moeten dan ook precies op het juiste ogenblik in werking gesteld worden. Mocht hierbij een enkel onderdeel haperen, dan zou althans voor wat betreft het vastleggen van de dynamische verschijnselen, de proef als mislukt moeten worden beschouwd. Om dit risico zoveel mogelijk te beperken, omvatte het programma twee proeven. De eerste proef werd vastgesteld op 8 november 1967 om ca. één uur 's middags tijdens laagwater. De tweede proef vond plaats op 15 november, een week later dus, eveneens tijdens het laagwater, dat toen omstreeks acht uur 's morgens viel. In de week die tussen de twee proeven verliep, was het mogelijk de resultaten van de eerste proef globaal te interpreteren en aan de hand daarvan de te volgen werkwijze voor de tweede proef vast te stellen. Tevens kon er dan nog een wijziging in de zwaarte van de springlading worden aangebracht, wanneer uit geringe zakking van het maaiveld mocht blijken, dat de lading van de eerste proef slechts een geringe verdichting had veroorzaakt.

Situatie van het meetgebied



Voordat met de eigenlijke proeven kon worden begonnen, moest de toestand waarin het terrein en ondergrond zich bevonden, nauwkeurig worden opgenomen. In een tweetal raaien over het centrum van het meetgebied, de een van noord naar zuid en de ander van oost naar west, zijn daartoe een groot aantal sonderingen uitgevoerd. Vanuit het centrum van de proefnemingen in noordelijke en in westelijke richting werden de sonderingen gecombineerd met dichtheidsmetingen volgens de methode die men beschreven vindt in Driemaandelijks Bericht nr. 41 (augustus 1967). Tenslotte werd er in het centrum ook nog een boring uitgevoerd. Zo snel mogelijk na afloop van de tweede proef werden de sonderingen en dichtheidsmetingen herhaald op nagenoeg dezelfde plaatsen als vóór de proevenseries. Ook werd opnieuw een boring uitgevoerd. Op de situatietekening waarop alle onderzoekpunten staan ingetekend, zijn de aan de proeven voorafgaande grondmechanische verkenningen aangegeven met een letter A, en die na afloop van de proeven met een letter C.

De explosie- en onderzoekpunten van het meetgebied



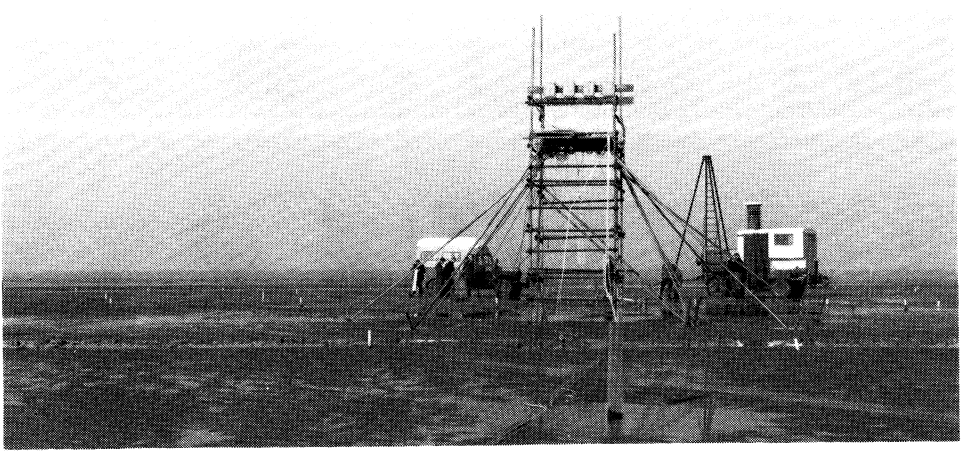
1 Opstelling van de auto's met meetapparatuur nabij de duinvoet

2 Het gereedmaken van de laatste waterspanningsmeters

1



2



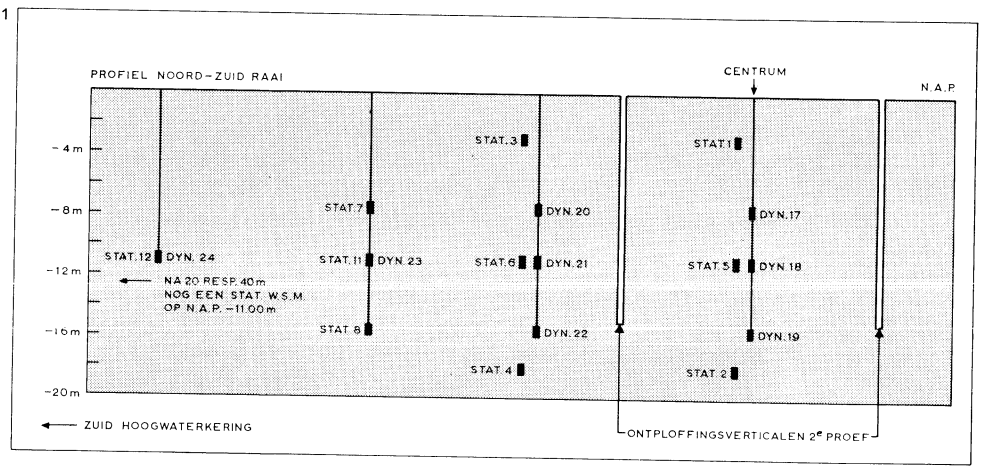
Het meetprogramma voorzag verder in een zeer uitgebreide waterpassing van het meetgebied. Dit diende zeer nauwkeurig te geschieden, daar de verdichting van de grond naar men aannam vooral zou blijken uit zakking van het maaiveld. Voor en meteen na afloop van iedere proef werd deze waterpassing met enige meetploegen uitgevoerd langs een groot aantal raaien, die met piketten waren aangegeven nog voordat het opkomend tij het terrein kon overspoelen.

In de grond werden in een aantal verticalen op verschillende diepte waterspanningsmeters aangebracht. De verticalen lagen in een raai die vanuit het centrum van de proefnemingen in zuidelijke richting naar de hoogwaterkering liep. Een aantal meters was voorzien van meetlichamen, die in staat waren de zeer snelle en grote drukfluctuaties die zich bij een ontploffing in de grond voordoen, op te nemen. Daarmee werd dus het

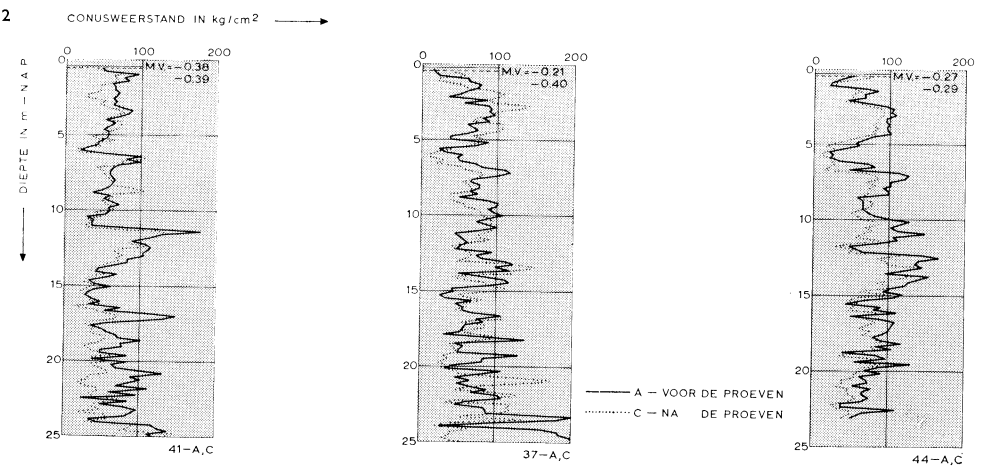
1 Plaatsing van de waterspanningmeters

2 Verloop van de conusweerstand met de diepte in een aantal verticalen, vóór en na de proeven

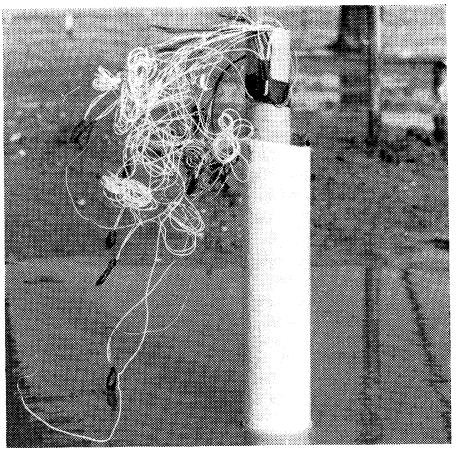
1



2



3

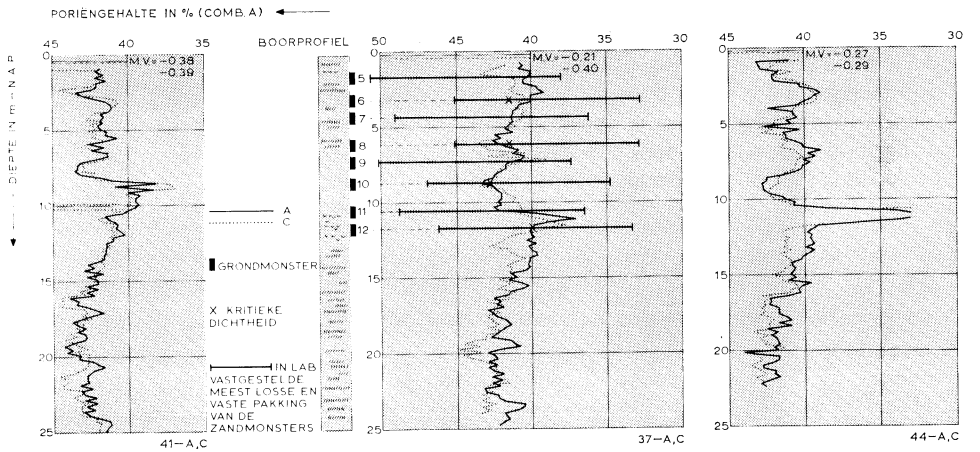


3 Een explosiepunt met erin aangebrachte lading

4 Poriëngehaltes en boorprofielen in een aantal verticalen

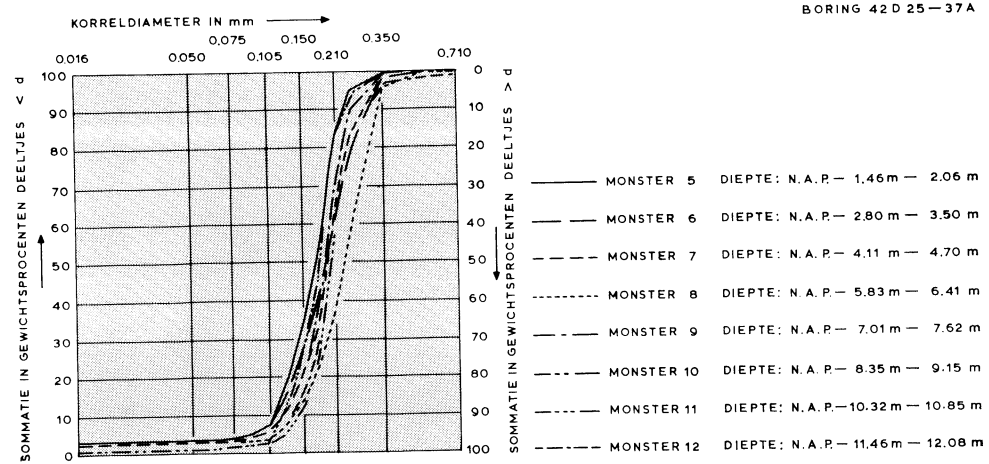
5 Korrelverdelingsdiagrammen

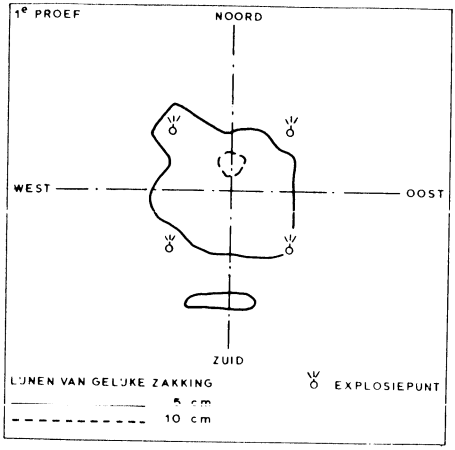
4

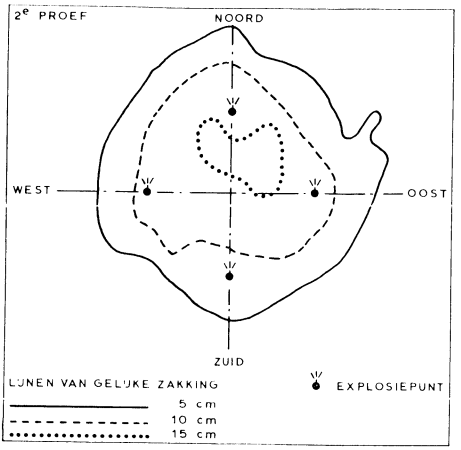


BORING 42 D 25 — 37 A

5





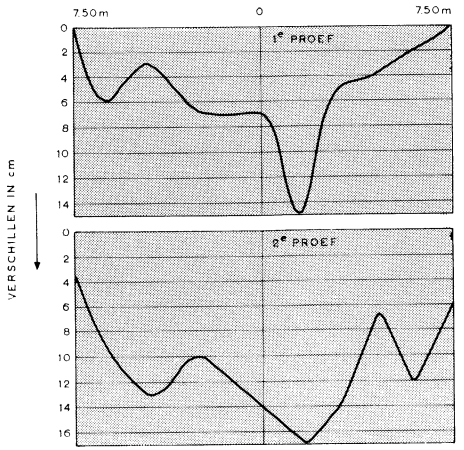


dynamische aspect van het verschijnsel waargenomen. Andere waterspanningsmeters registreerden de langzaam veranderende waterspanningen en legden daarmee de grootte van het gebied vast en de mate waarin de verweking zich voordeed.
Het grondonderzoek en de plaatsing van de meetinstrumenten kon alleen maar gedurende de laagwaterperiode worden uitgevoerd. Om alle onderdelen van het programma, die vóór het tijdstip van de eerste proef afgewerkt moesten zijn, tijdig gereed te krijgen, was het dikwijls nodig de werkzaamheden te verrichten gedurende een laagwater dat in de avond of nacht viel.

Het aanbrengen van de ladingen

De zwaarte van de ladingen voor de proeven werd vastgesteld in overleg met het Adviesbureau der Genie. Daar de werkhaven in de Sophiapolder plaatselijk een diepte krijgt tot N.A.P. – 10 m, is er bij de proeven van uitgegaan dat de verdichtende werking van de springstoffen in ieder geval tot enige meters onder dit niveau zou moeten reiken. De ladingen zijn dan ook aangebracht in een verticaal tussen één meter beneden het maaiveld en een diepte van N.A.P. – 14 m. In elke verticaal nam het ladinggewicht van boven naar beneden toe. In de eerste proef werd per verticaal in totaal 1250 gr. gelatine dynamiet aangebracht. Toen bleek, dat dit slechts een zeer geringe zakking van de bodem tot gevolg had, is het ladinggewicht voor de tweede proef vergroot tot 3600 gr. per verticaal. Bij iedere proef zijn in vier verticalen ontploffingen teweeg gebracht met een onderling zeer gering tijdverschil van 20 milliseconde. Hiermee werd bereikt, dat de grond viermaal kort achtereen heftig in trilling werd gebracht.
In het terrein werden voor iedere proef vier boorgaten gemaakt tot een diepte van N.A.P. – 15 m in de hoekpunten van een vierkant met een zijde van 6 meter. De boorgaten werden verbuisd met een plastic pijp met een diameter van 6 cm. Kort voor de aanvang van de proef werd in deze buis een dunnere plastic buis neergelaten, waarin de springladingen en ontstekers waren aangebracht. Deze werkwijze is zeer arbeidsintensief en tijdrovend; wil men op grotere schaal in de praktijk gaan verdichten door middel van explosieven, dan zal men werkmethoden moeten ontwikkelen, waarbij de ladingen door spuiten op gewenste diepte worden gebracht.

2



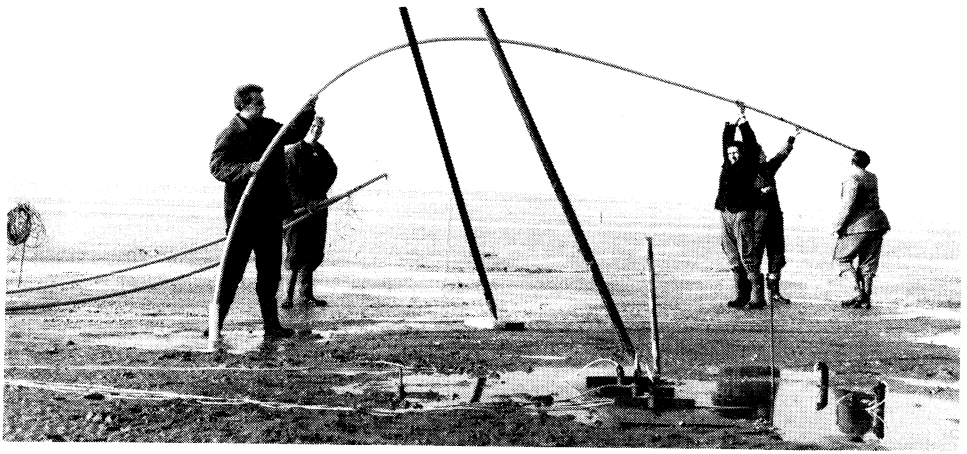
1 Zakking van het maaiveld na de eerste en de tweede proef

2 Doorsnede noord-zuid door het proefgebied na de eerste en na de tweede proef

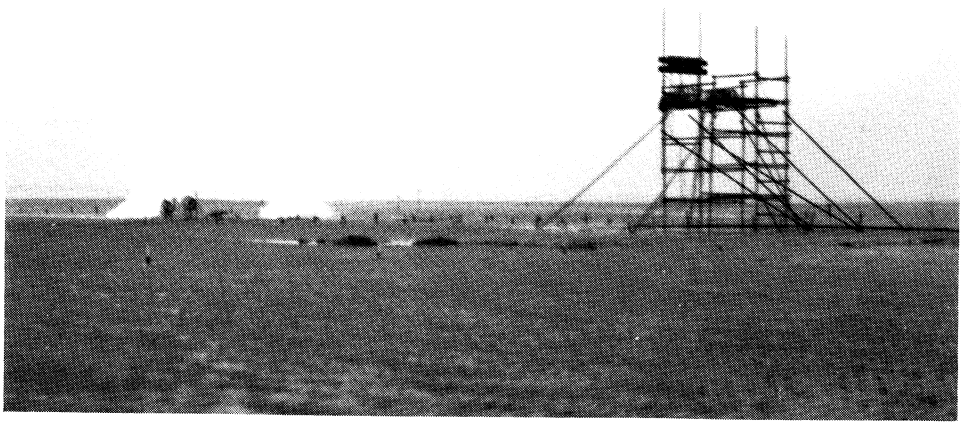
De verdichtingsresultaten

Uit het grondonderzoek dat vooraf was gegaan aan de eerste proef, was komen vast te staan dat de ondergrond over het gehele gebied zeer uniform van samenstelling was. De weerstand die de conus tijdens het indringen in de grond ondervond, bereikte nergens over de gehele verkende diepte tot N.A.P. – 25 m een hoge waarde. Het poriëngehalte varieerde met de diepte weinig; het lag overwegend tussen de 39 en 42%. Vlak boven N.A.P. – 10 m kwam echter een laag met hogere poriëngehaltes voor, terwijl onder dit niveau een vaster gepakte laag aanwezig was. De boring in het meetcentrum liet zien, dat de ondergrond uit zand bestaat, waarin plaatselijk enkele slib- of kleilaagjes voorkomen. Van een aantal monsters uit deze boring zijn korrelverdelingsdiagrammen gemaakt. De korrelgrootte van de verschillende monsters varieert zeer weinig, en het slibgehalte is gering. Ook zijn er een aantal laboratoriumproeven op deze monsters uitgevoerd, waarbij de kritieke dichtheid en de meest losse en vaste pakking van het zand werden vastgesteld. De meest vaste pakking wordt gevonden door middel van een proef waarbij het zand volgens een standaardmethode door trillen wordt verdicht. Vergeleek men het hierbij behorende poriëngehalte met de in het terrein gevonden waarden, dan was duidelijk dat het zand in situ nog zeer belangrijk verdicht kon worden.
Welk resultaat hebben de trillingen die opgewekt werden door de ontploffingen nu gehad? Een onderlinge vergelijking van de poriëngehaltes, die voor en na afloop van de proeven zijn gemeten, laat zien, dat de verschillen gering zijn. Om uit die waarnemingen conclusies te kunnen trekken werden de resultaten der diepte-sonderingen en dichtheidsmetingen statistisch bewerkt. Deze bewerking bestond uit het bepalen van de verschillen die voor en na de explosies tussen de conusweerstand en het poriëngehalte in bij elkaar behorende verticalen op overeenkomstige diepten werden gemeten. Van deze verschillen werden zowel de gemiddelde waarde als de spreiding vastgesteld, met behulp waarvan kon worden nagegaan of de genoemde grootheden significant waren veranderd; in andere woorden, of de gemeten verschillen met een grote mate van waarschijnlijkheid aan de explosies waren toe te schrijven. De lagen tot N.A.P. – 14 m, waarin de springladingen waren aangebracht, en de daaronder gelegen lagen werden hierbij afzonderlijk beschouwd. Ten aanzien van de conusweerstand werd geconstateerd dat deze in de bovenlagen, waarin de springladingen waren aangebracht, dus tot N.A.P. –

Het aanbrengen van de springlading



De ontploffing



14 m, was afgenomen en dat deze vermindering voor het merendeel van de onderzochte verticalen significant was. Voor de ondergelegen lagen was de verandering statistisch niet van betekenis. Uit de bewerking van de verschillen in poriëngehalte volgde, dat in de onderscheiden lagen het poriëngehalte significant was toegenomen in het gehele meetgebied. Uit deze metingen moet dan ook geconcludeerd worden, dat de explosies in dit geval eerder een losser maken van de korrelstapeling tot gevolg hadden dan een verdichting.
Niettemin werd enige zakking van het maaiveld gemeten. Na afloop van de eerste proef bedroeg de zakking voor een gebied met een straal van 3 m rond het centrum gemiddeld 7,5 cm. Neemt men aan, dat deze zakking in de ondergrond van dit gebied over de hoogte waar springladingen zijn aangebracht, dus tot N.A.P. – 14 m, tot een gelijkmatig verdeelde verkleining van het poriëngehalte heeft geleid, dan komt dit neer op een afneming van het poriëngehalte van 0,3%. Na de tweede proef – het ladinggewicht was toen driemaal zo groot – werd een gemiddelde zakking van 14 cm over hetzelfde gebied gevonden. Volgens dezelfde redenering leidt dit tot een veronderstelde verdichting van 0,6% in het poriëngehalte. Hieruit zou volgen dat het poriëngehalte in het centrum zelf bij beide proeven zou zijn afgenomen met ca. 1 %. Vanuit dit punt naar buiten gaande zou de vermindering overeenkomstig het totale zakkingspatroon snel geringer worden.
De zakking van het maaiveld en de verschillen in de voor en na de proeven gemeten poriëngehaltes lijken met elkaar in tegenspraak. Een verklaring wordt evenwel gevonden in de opgetreden verweking van het grondmassief rond de springladingen. De verweking wordt namelijk veroorzaakt door het hoog oplopen van de waterspanningen. Deze spanningen, tijdens de proeven waargenomen met behulp van de in diverse verticalen op verschillende diepte aangebrachte meters, oefenen vanuit het verweekte gebied in horizontale zin een druk uit op de omgeving. Dit leidt tot verplaatsingen in radiale richting, dus volgens de straal vanuit het middelpunt van het gebied waar de proefnemingen hebben plaatsgevonden. De verplaatsingen geven dan ruimte in het verweekte gebied, waardoor de grond zakt zonder dat dit afneming van het poriëngehalte impliceert.

Zelfs kan het zand in dit gebied in een lossere pakking geraken, wanneer de verplaatsingen dit toelaten. Kennelijk heeft dit verschijnsel zich hier voorgedaan. Men moet dan ook concluderen, dat het beoogde doel, namelijk een verdichting van de grond met door springstoffen opgewekte trillingen, niet is bereikt. Een toepassing op grote schaal in de praktijk is voor dit gebied dan ook niet verder in overweging genomen. Op andere plaatsen kan de besproken verdichtingsmethode echter wel gunstige resultaten opleveren. De grond dient op zulke plaatsen een zodanige samenstelling of laagopbouw te bezitten dat de hiervoor genoemde verplaatsingen worden verhinderd. Waarschijnlijk zal van geval tot geval door middel van proeven moeten worden vastgesteld of de grond in een zeker gebied aan deze voorwaarde voldoet, want er zijn geen onderzoekmethoden bekend die de hier geconstateerde verschijnselen kunnen voorspellen.
Reeds in het begin van dit artikel is een andere werkwijze genoemd, het zogenaamde diepverdichten, waarmee weinig samenhangende grond als zand verdicht kan worden. Ook met deze verdichtingsmethode zijn een aantal proeven in de voormalige Sophiapolder aan de Noordbevelandse oever uitgevoerd. Hierbij werd onder andere de onderlinge afstand van de punten waarin de verdichter al trillend werd neergelaten en weer opgetrokken, telkens veranderd. Ook tijdens deze proeven werden op verschillende diepten waterspanningen gemeten. In een volgend artikel in het Driemaandelijks Bericht zal op deze proeven nader worden ingegaan.

Verbetering van de hoogwaterkeringen van Delfland

De hoogwaterkering van Delfland langs de Noordzee is enkele eeuwen lang een punt van grote zorg geweest; de kust week, ondanks uitgebreide kustverdedingswerken, langzaam maar zeker terug. In onze eeuw moest op verscheidene plaatsen de duinvoet met een basalt- of asfaltglooiing worden verdedigd. Tussen Hoek van Holland en Kijkduin was het waterkerend vermogen van het duinprofiel in geval van hoge stormvloedstanden ontoereikend. In de rampnacht van 1953 kwamen in dit magere kustgedeelte waterstanden voor van N.A.P. + 3,85 m, bij Hoek van Holland, en N.A.P. + 3,97 m bij Scheveningen. De hoogste golfoploop bedroeg toen 2,55 m en er werden duinafslagen geconstateerd tot 32 m.

Onder de ongunstigste omstandigheden – bijvoorbeeld wanneer twee zware stormen vlak na elkaar optreden zonder dat er intussen gelegenheid is geweest om de schade te herstellen – zullen de golven in deze streek bij een stormvloedpeil van N.A.P. + 5 m op den duur aanlopen tegen een doorgaande helling van 1 : 20, dat is de natuurlijke helling van het droge strand, en daar een hoogte bereiken van 3 m boven de zeestand. Op basis van dit gegeven kon een plan worden opgesteld voor de verbetering van de zeewering van Delfland, dat in 1960 de goedkeuring verwierf van de Minister van Verkeer en Waterstaat. Er zou over het gehele gebied een deels verborgen stormhelling van 1 : 20 worden aangelegd over een breedte van 100 m, tussen de duinvoet op N.A.P. + 3,20 m en een kruin op N.A.P. + 8,20 m. De binnenberm zou een beloop krijgen van 1 : 3. Bij het dorp Ter Heyde, dat zeer dicht achter de duinregel ligt, zouden de beveiligingsmaatregelen aan de plaatselijke situatie worden aangepast, aangezien anders een groot deel van de huizen zou moeten worden afgebroken.

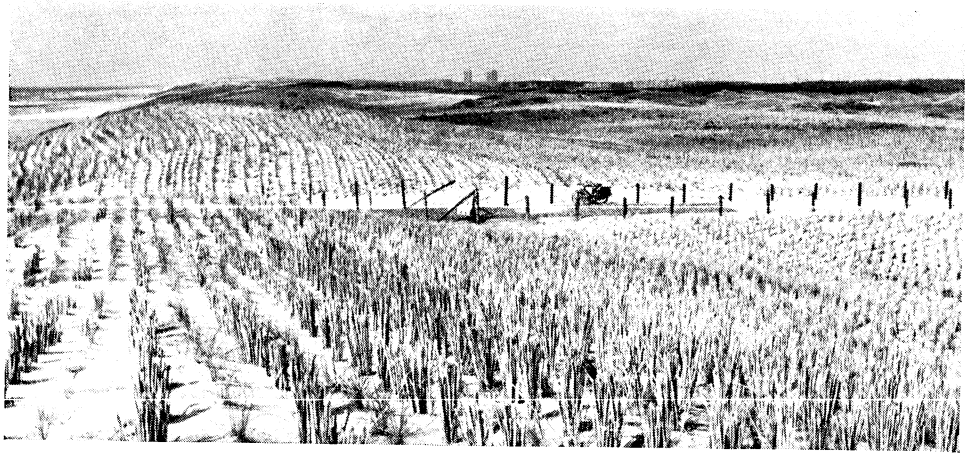
Tevens werden plannen gemaakt voor verbetering van de hoogwaterkering van Delfland langs de Rotterdamse Waterweg. Tussen de Westerhaven en de Spuihaven te Schiedam werd het verbeteringswerk wegens de onmiddelijke urgentie ervan reeds in 1955 tot 1958 uitgevoerd door de gemeente Schiedam, op wier verzoek het later als Deltawerk werd aanvaard. De overige delen van de verbetering zouden worden uitgevoerd volgens door het Hoogheemraadschap Delfland opgestelde plannen.

Voor een en ander wordt verwezen naar de beschrijving in Driemaandelijks Bericht nr. 19 (februari 1962).

Op een enkel onderdeel na zijn de werken voor verbetering van de zeewering in 1968 voltooid. Tussen Den Haag en Hoek van Holland is een verzwaring van het duinlichaam aangebracht, waardoor overal tenminste een profiel is verkregen met een buitentalud van 1 : 20 en een kruin op N.A.P. + 8,20 m met een breedte van 10 of 25 m, afhankelijk van de situatie ter plaatse.

Het benodigde zand voor de duinverbetering tussen Kijkduin en Monster is gedeeltelijk verkregen door het binnenwaarts afschuiven van de hoog gelegen smalle voorste zeereep, gedeeltelijk door afgraving van ongeveer 14 ha geestgrond. Door verlaging is dit terrein na aanvullende cultuurtechnische werken geschikt geworden voor tuinbouw, zodat er zich enkele tuinders konden vestigen die door de duinverzwaring bij Monster verdreven waren.
De specie voor de duinverbreding tussen Monster en Hoek van Holland is ontleend aan bestaande baggerbergplaatsen langs de noordoever van de Nieuwe Waterweg, die vooraf nog met 4 m zand uit de rivier waren opgespoten. De grond werd vervoerd door de N.V. Nederlandsche Spoorwegen over een daarvoor aangelegde spoorbaan van 20 km lengte, en met behulp van 50 voor dit transport gebouwde wagens, die elk vier kiepbakken hadden met een inhoud van 5 m³. De bakken waren zo geconstrueerd, dat de inhoud bij het lossen geheel naast het spoor terecht kwam. Er reden twee treinen, die elk per rit 500 m³ konden vervoeren. De ene trein werd beladen terwijl de andere reed en gelost werd. Op deze wijze werd in 2 jaar tijd 1 425 000 m³ specie vervoerd. Deze vorm van transport werd gekozen omdat over grote lengte een betrekkelijk smalle strook moest worden opgehoogd. Opspuiten van deze strook was bezwaarlijk omdat hij grensde aan een intensief gebruikt tuinbouwgebied, waarvan de waterhuishouding door opspuitwerkzaamheden vlakbij nadelen had kunnen ondervinden. Transport per vrachtauto zou een zeer intensief verkeer vereist hebben, waarop het bestaande wegennet niet berekend was, terwijl in de duinen rijstroken gemaakt hadden moeten worden. Tot in de bezettingstijd heeft in de duinen echter een spoor gelegen ten behoeve van het onderhoud van de zeewering. Een nieuwe spoorbaan kon grotendeels op de voormalige spoorbaan worden aangelegd. De sporen moesten voortdurend enigszins worden verlegd; daarbij kwamen ze op de laadplaats soms te liggen op kort te voren opgespoten terrein, en bij de stortplaats op de gestorte specie. Dat vereiste voortdurende aandacht voor de ligging van de sporen die uiteraard niet op een ballastbed werden gelegd en werden bereden door zwaar belaste treinen. In natte perioden moest het transport op gedeelten met veel slibhoudende specie dan ook wel eens tijdelijk worden stopgezet; dit heeft niet tot ernstige vertraging geleid omdat dan meestal op andere plaatsen verder kon worden gewerkt.

Bij de duinverzwaring is ernaar gestreefd het te maken dwarsprofiel niet strak uit te voeren, maar het in harmonie te brengen met het bestaande duinlandschap. De verzwaring werd tegen verstuiving bepoot met riet en beplant met helm.
Bij Ter Heyde, dat zeer dicht onder de kust ligt, was duinverbreding niet mogelijk zonder afbraak van een groot deel van de bebouwing. Hier is dan ook een andere techniek toegepast bij het verbeteren van de zeewering. De basaltglooiing die al aanwezig was is hoger doorgetrokken en naar het zuiden uitgebreid. Aan weerszijden van de bebouwing is de glooiing door schenkeldijken verbonden met de landwaarts van Ter Heyde gelegen slaperdijk. Het in de kuststrook ten noorden van Ter Heyde gebruikte opslagterrein van basalt, puin en klei is afgewerkt tot een 7 ha groot parkeerterrein ten behoeve van de recreatie.
In de kuststrook bij Den Haag waren voorzieningen nodig ter plaatse van de Keizerstraat te Scheveningen en bij de uitmonding van het Verversingskanaal in zee. Bij het uitvoeren van het zeeleidingsproject door de gemeente 's-Gravenhage, waarbij via het Verversingskanaal een nieuwe rioolpersleiding in zee is getrokken, is het Verversingskanaal tegelijkertijd bij de mond afgedamd; de afdamming werd van een basaltglooiing voorzien. Ter vervanging van de vroeger in het kanaal aanwezige spuisluis is de schutsluis naar de



De duinverzwaring tussen Monster en Kijkduin

Vissershaven voorzien van een hefdeur, waarmee gespuid kan worden en die tevens als stormvloedkering dient.
Voor de versterking van de zeewering langs de laaggelegen Keizerstraat, die nog moet worden uitgevoerd, zal één rijbaan van de boulevard ter plaatse omhoog worden gebracht, en aan de zeezijde worden afgeschermd door een tot N.A.P. + 9 m reikende keermuur. De bestrating zal waterdicht worden gemaakt.

De rivierwaterkering

Van de nieuw ontworpen waterkering langs de Rotterdamse Waterweg tussen Hoek van Holland en de Westerhaven te Schiedam is in 1967 het gedeelte in Schiedam over een lengte van 2 km van de Westerhaven tot aan de Zoomweg bij de Beneluxtunnel gereedgekomen. Zoals uit de luchtfoto blijkt, ligt de dijk tussen het industriegebied langs de rivier en de stedelijke bebouwing. Over grote lengte was daar reeds een groenstrook aanwezig. Als gevolg van de uitvoering van de werken hier moesten enkele wegen worden opgehoogd, en werden vele kabels en leidingen verlegd.
De Zoomweg passeert de hoogwaterkering boven kruinhoogte. De maatgevende waterstand is te Schiedam N.A.P. + 4,20 m; de kruin van de dijk ligt hier op N.A.P. + 5,50 m. De dijk bestaat uit een zandkern, afgedekt met 1 m klei aan de buitenzijde en 80 cm op het binnentalud. De klei is aangevoerd uit Lith, waar Delfland 400 000 m³ klei heeft aangekocht, die vrijkomt bij een zand- en grindwinning langs de Maas.
Binnenkort zal een aanvang worden gemaakt met de aanleg van een dijkvak te Hoek van Holland, aansluitend aan de zeewering. Ten behoeve van dit werk is in 1964 een depot van 300 000 m³ zand in het tracé van de dijk gespoten, waarvan de specie is gewonnen bij het Oranjekanaal bij de aanleg van een baggerdepot door de gemeente Rotterdam.
Met de gemeenten Maassluis en Vlaardingen vindt nog overleg plaats over de waterkeringen door deze gemeenten. Het bestek van een tweetal in Maassluis te maken keersluizen, in de haven en in de voorboezem van Delflandsgemaal aan de Boonervliet, wordt thans voorbereid.

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput

Het wegbaggeren van de kwadranten, waarmee in het vorige kwartaal een aanvang werd gemaakt, werd voortgezet. Nadat het noordoostelijk kwadrant was opgeruimd werden de taluds daar onder profiel gebracht. Het gebaggerde zand werd in het Rak van Scheelhoek geklapt ter plaatse van de daar te vormen drempel.
Vervolgens werd het zinkwerk voortgezet en voor wat het noordoostelijk kwadrant betreft voltooid.
Er werd 307 000 m³ zand gebaggerd en geklapt, 20 000 m² zinkstuk gezonken en ongeveer 15 500 ton grind en 32 000 ton stortsteen verwerkt.

Afsluiting van het Noord-Pampus; aanleg van de buitenhaven

Verdergegaan werd met het opspuiten van het damlichaam en de twee plateau's, een aan de oost- en een aan de westzijde. Het zand, dat met de profielzuiger 'Bergambacht' uit de rivier en met de baggermolen 'Rocker' uit de toeleidingsgeulen van de spuisluis werd gewonnen, werd door de bakkenzuiger 'Ammerstol' in het werk geperst. Ook met de cutterzuiger 'Demer' werd zand gezogen uit de toeleidingsgeul aan de zeezijde van de uitwateringssluizen en in het westelijk plateau geperst.
Voortgegaan werd met het ontgraven van de buitenhaven door de cutterzuiger 'Linge' en de baggermolen ''s-Gravenhage'; de cutterspecie werd in een stort ten zuiden van de vissershaven geperst terwijl de baggerspecie in het Haringvliet werd geklapt.
Nadat een gedeelte van de toegangsgeul tot de buitenhaven was gemaakt, werd het cunet voor de grondverbetering onder de te maken havendam gecutterd. Vervolgens werd dit cunet gedeeltelijk met goed zand volgeklapt en werd de eerste slag van de mijnsteenkade deels door middel van klappen en deels met behulp van een drijvende kraan aangebracht.
Ook het uitbouwen van de mijnsteenkade rondom het te maken westelijk plateau werd voortgezet; op 12 maart werd deze kade gesloten zodat het zand in een gesloten stort kon worden gespoten. Aan de noordzijde van dit plateau werd de mijnsteenkade geprofileerd en met kraagstukken verdedigd. Boven deze kraagstukken werd de glooiing, bestaande uit

stortsteen 10/60 kg en stortsteen 1000/2000 kg aangebracht tot N.A.P. + 2,60 m. Het opbreken en afvoeren van de asfaltbekleding en de teenconstructies van de ringdijk rond de schutsluis en van de waterkering ter plaatse van de aansluiting van de havendam vond verdere voortgang. Eveneens het aanbrengen van de teenconstructie van de azobé-damwand van de waterkering op het haventerrein ten zuiden van de buitenhaven en het maken van de aanvulling tegen het zuidelijk landhoofd van de uitwateringssluis. In de verslagperiode werd 1 680 000 m³ zand in het werk geperst. Uit de grondverbetering werd 41 000 m³ gecutterd ter-

Het afgesloten Noord-Pampus, waarin het dijklichaam verder wordt opgespoten; op de voorgrond de uitwateringssluizen



wijl uit de buitenhaven en toegangsgeul 525 000 m³ werd gebaggerd en gecutterd. Verwerkt werden voorts 126 800 ton mijnsteen, 52 900 ton grind, 16 000 m² kraagstuk, 48 500 ton steen en 10 000 m² kunststofweefsel en azobémat.

Uitbreiding van de binnenhaven

Ten behoeve van de uitbreiding van de haven is een hoeveelheid specie met behulp van een cutterzuiger ontgraven en in depot geperst. Voorts werd ± 450 m² glooiing van betonblokken gemaakt en is 1700 ton grof grind en 800 ton grind 3/8 mm verwerkt.

Bodembescherming in het Rak van Scheelhoek

Het opklappen van de drempel in het zuidelijk deel werd voortgezet. Tot half januari werd hiervoor zand gebruikt uit de te baggeren toeleidingsgeul van de spuisluis. Dit zand bleek echter minder geschikt en daarom werd besloten grover zand uit de rivier te winnen waarvoor werden aangevoerd de sleepzuiger 'Vlaanderen XIV' en de profielzuiger 'M.C. Vaarwater'. Half februari was het werk zover gevorderd dat kon worden begonnen met het opklappen van de drempel tot N.A.P. – 8 m. Begin maart kon het zinkwerk worden aangevangen.
Op de reeds bestaande bezinking in het noordelijk deel werd een beschermingslaag van steen gestort.
In deze periode werd in totaal 1 296 000 m³ zand geklapt. Voorts werden verwerkt ongeveer 38 600 m² zinkstuk, 5200 ton zinksteen en ruim 30 000 ton stortsteen.

Terreinen en aanvoerwegen voor betonblokken

Ten zuiden van de vissershaven in Stellendam en op het plateau van Voorne werden terreinen verhard door middel van een zand-cement-stabilisatie van 17 cm dikte. Genoemde terreinen dienen voor de opslag van de betonblokken, die naderhand met behulp van de kabelbaan in het sluitgat gestort zullen worden.
De fundering van de aan- en afvoerwegen werd eveneens in een zand-cement-stabilisatie uitgevoerd en daarna afgewerkt met een 3,5 cm dikke open asfaltbetonlaag. In totaal werd 63 000 m² gestabiliseerd.

Vervaardiging van betonblokken voor de sluiting van het 'Rak van Scheelhoek'

Op 7 februari werd het vervaardigen en in depot afleveren van de 140 000 betonblokken, bestemd voor het sluitgat in het Rak van Scheelhoek, opgedragen aan Lodewikus Bouw Maatschappij N.V. te Raamsdonksveer voor een bedrag van f 7 250 000,–. 48 000 van deze betonblokken zullen worden vervaardigd op een werkterrein aan de werkhaven in Hellevoetsluis en 70 000 op een werkterrein nabij de vissershaven in Stellendam.
In Oosterhout is inmiddels een begin gemaakt met het vervaardigen van de eerste blokken, terwijl in Stellendam is aangevangen met het inrichten van het werkterrein, het maken van een tijdelijke loswal en het opbouwen van een betonweeginstallatie.

Montage van de kabelbaan

Begonnen is met het monteren van het laadstation van de kabelbaan op het plateau aan de Voornese oever. Gebruikt worden hiervoor de geconserveerde delen van de kabelbaan die destijds bij de afsluiting van de Grevelingen dienst deed. Ten dienste van een vlotte verbinding tussen de noordelijke en de zuidelijke oever van het sluitgat tijdens de montage van de kabelbaan is nabij het plateau van Voorne een loopsteiger gemaakt. De totale lengte hiervan bedraagt 141,5 m bij een breedte van 1,5 m. In totaal werden hiervoor 60 dennepalen en 20 hardhouten palen geslagen.

Brouwershavensche Gat

Bodembescherming in de zuidelijke stroomgeul

De afgelopen winter werd voortgegaan met het nabestorten van zinkstukken. De asfaltbodembescherming werd geheel met steen 10/60 kg bestort. In januari werd een begin gemaakt met de laatste fase in de bouw van de drempel, bestaande in het storten van 47 000 ton fijn grind. Deze werkzaamheden waren 1 april gereed. Rest nu nog het bezinken en afstorten van dit drempelgedeelte met 38 000 m² zinkstuk en 32 000 ton steen.

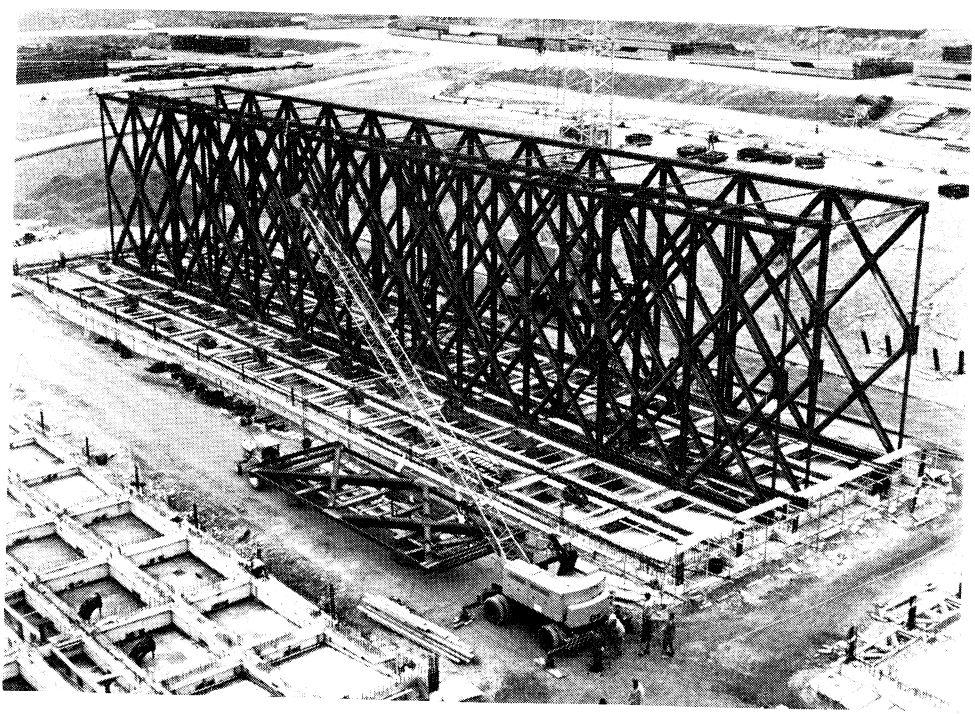
Werk- en opslagterrein bij West-Repart

Medio maart kwam het werk aan het opslagterrein in de laatste fase. Na de winterperiode werd allereerst het profileren van het terreinoppervlak ter hand genomen. Begin april zal men dan beginnen het terreinoppervlak met cement te stabiliseren.

Fundering van de kabelbaan

Half december begon de aannemer met de funderingen voor de kabelbaan. Aan de Schouwense zijde van het zuidelijk sluitgat zijn de ontgraving voor de tunnel onder het werkterrein en die voor de funderingsplaat van de oeverpyloon inmiddels voltooid. De funderingsplaats is reeds onderheid en gestort. Ook zijn de drie moten van de tunnelvloer van wapening voorzien; twee delen van de vloer zijn gestort.
Aan de Middelplaatzijde zijn de ontgravingen voor de funderingen van de kabelbaanjukken, van de draaischijf, van het verankeringsblok en van de oeverpyloon gereed. De 24 palen voor de oeverpyloon zijn reeds geheid. Een begin is gemaakt

Opbouw van een caisson in het bouwdok te Nieuw-Bommenede



met het stellen van de wapening. Ook het prefabriceren van de gewapend betonnen jukken voor het vaste-railgedeelte is op gang gekomen.

Oosterschelde

Werkhaven 'Schelphoek'

Ten behoeve van de komende werkzaamheden werden de volgende materialen aangevoerd en in depot opgeslagen: 85 000 ton Nederlandse mijnsteen, 60 000 ton Belgische mijnsteen, 85 000 ton Duitse mijnsteen en 80 000 ton stortsteen.
De totale voorraad in de werkhaven 'Schelphoek' is thans: 340 000 ton zink- en stortsteen, 310 000 ton mijnsteen en 60 000 bossen rijshout.

Oeververdediging van Noord-Beveland

In april 1969 zullen de werkzaamheden ten behoeve van de oeververdeding van Noord-Beveland worden voortgezet. In totaal zal nog 190 000 ton grof grind en fosforslakken vanuit de werkhaven 'Sophia-polder' verwerkt worden. In de verslagperiode werd in deze werkhaven een depot van 50 000 ton grof grind aangelegd. De resterende hoeveelheid stortmateriaal zal rechtstreeks op het werk worden aangevoerd.

Werkhaven 'Sophia-polder'

In de verslagperiode kwam het zandbedrijf gereed en werden de zuigers afgevoerd. Ook de werkzaamheden aan de glooiing en de loswallen werden voltooid; het heiwerk kwam eveneens klaar. Een groot gedeelte van de terreinen werd met een 5 cm dikke kleilaag afgedekt. Begonnen werd met het aanbrengen van het grindasfaltbeton voor de wegverharding.

Inrichting van haven en terreinen te Burghsluis

De werkzaamheden kwamen in de verslagperiode gereed. Het werk werd op 13 maart 1969 voor de eerste maal opgeleverd.

Werkeiland 'Roggenplaat' in de mond van de Oosterschelde

Dit werk werd in het vorige Driemaandelijkse Bericht beschreven. Op 18 maart 1969 vond de aanbesteding plaats. De laagste inschrijver was de N.V. Aanneming Maatschappij 'Dijksbouw' voor de somma van f 10 474 000,–. Het werk werd nog niet opgedragen.

Bouw van de doorlaatcaissons

Men kwam gereed met de aanleg van de drainagebedden, zowel voor de twaalf doorlaatcaissons als voor de twee landhoofdcaissons. Van zes caissons werden in de verslagperiode de vloeren gestort, zodat nu totaal negen vloeren gereed zijn. Voor twee caissons kwam men gereed met het stellen van de tralieramen en de schuifgeleidingen. De bekisting voor het tweede stort, van 1,45 m tot 3,50 m boven het grondvlak, werd gereedgemaakt, terwijl begonnen werd met het vlechten van de wapening.
Voortgegaan werd met het aanbrengen van een grindbestorting op de taluds van het bouwdok. Door moeilijkheden bij de aanvoer van het benodigde grind ondervonden deze werkzaamheden nogal wat stagnatie.

Eenheidscaissons voor de afsluitingswerkzaamheden in het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde

Eind augustus 1968 werd het maken van 28 gewapend-betonnen eenheidscaissons met bijbehorende opzetstukken opgedragen aan de Combinatie Brug Oosterschelde, voor de somma van f 888 500,–. De elementen werden gemaakt op het werkterrein bij de voormalige veerhaven nabij Kats op Noord-Beveland, waar in 1965–1966 soortgelijke elementen werden gemaakt. Tijdens de uitvoering werden nog twee extra eenheidscaissons bijgemaakt.

Door de vrij gunstige weersomstandigheden gedurende de winterperiode kon een hoog tempo worden volgehouden, zodat het laatste betonstort al begin maart plaats vond. Er werden reeds 24 caissons vanaf het werkterrein naar de opslagplaats in het Veerse Meer gebracht.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en Fiemel

De verhoging van de zeedijk tussen Heveskes en Oterdum, een lengte van 2200 m, werd voltooid. In verband met de te verwachten zettingen van de ondergrond zal het dijkvak pas over enige jaren op definitieve hoogte worden gebracht.
De werken voor de verbouwing en de verhoging van de sluis en van de aansluitende dijkvakken van het waterschap Duurswold te Farmsum kwamen gereed.
De aanleg van de onderhoudsweg op de binnenberm van de zeedijk tussen Farmsum en Heveskesvalge is gereed gekomen en opgeleverd. Besteksgereed is de tweede fase van de verzwaring van de zeedijk en de aanleg van een onderhoudsweg op de binnenberm tussen Termunterzijl en Fiemel. Hetzelfde geldt ten aanzien van de voorgenomen bouw van een nieuwe keersluis met aansluitende dijkvakken buitendijks te Termunterzijl.

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en de Oostpolder

De eerste fase van de verzwaring van het dijkgedeelte tussen Delfzijl en Nansum werd voltooid. De gemeente Groningen heeft het dijkgedeelte ter plaatse van het persriool ten noorden van Delfzijl aangepast. In uitvoering kwam de verzwaring van de zeedijk tussen Nansum en de Oostpolder.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De werkzaamheden aan het dijkvak op de Zuidwal werden voltooid. De hoogteligging van de drempel in het sluitgat werd, als aanvulling op de vele reeds verrichte lodingen, gecontroleerd met het peilvaartuig 'Krabbe' van de Deltadienst. De vlakheid van het caissonbed bleek zeer bevredigend te zijn. Aan de Groninger zijde van het sluitgat is een gedeelte van de drempel niet geheel op hoogte gekomen. Daar zal nog enige bazaltstortsteen worden bijgebracht.
De aanpassing van een achttal caissons om het zinken bij hoogwaterkentering mogelijk te maken is nagenoeg voltooid. De laatste voorbereidende maatregelen voor de sluitingsoperatie worden thans getroffen.
Een gedeelte van de stenen dammen die straks de verbinding moeten vormen tussen de beide dijkkoppen en de landhoofdcaissons, werd aangebracht. Hierop werden de peilers voor de overbruggingen tussen de dijkkoppen en landhoofdcaissons gesteld.
Het Nieuwe Robbengat, de geul die aan de zuidzijde evenwijdig aan de afsluitdijk loopt en die als vaarweg voor de caissons dienst zal moeten doen, werd met een cutterzuiger plaatselijk verbreed en verdiept. De geul heeft thans een minimale diepte van 5 m beneden N.A.P. bij een bodembreedte van 80 tot 120 meter. De cutterzuiger ligt thans gereed om een doorvaartopening in de bouwpunt van de caissons te maken.
Enkele eenvoudige voorzieningen zijn getroffen om ook het publiek de sluiting te kunnen laten gadeslaan. Een gedeelte van het centrale bedieningsgebouw is tijdelijk ingericht als ontvangcentrum voor de vele te verwachten bezoekers en de pers.
De schutsluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen is geheel voltooid.

Het sluitgat in de Lauwerszeedijk gezien van noord naar zuid. Het is hoogwater. De banen van de ebstroom tekenen zich duidelijk af



Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de Lauwerszeewerken gesloten onderhandse

Nummer van de/het overeenkomst/bestek	Datum	Omschrijving van het werk
LAW 614	18 oktober 1966	Vervangen van de motor in het rijksvaartuig 'Babbelaar' met bijkomende werken
LAW 620	6 oktober 1966	Leveren van betonklinkerkeien ten behoeve van de bouw van een nieuwe schutsluis nabij Dokkumer Nieuwe Zijlen
LAW 621	19 mei 1967	Maken van een verzwaring van de zeedijk van de Anjumer- en Lioessenser-polder met bijkomende werken, het uitvoeren van zinkwerken in het sluitgat en het maken van werken op het werkeiland van de Lauwerszee
LAW 622	29 november 1966	Leveren van rijsmaterialen en riet
LAW 623	14 oktober 1966	Leveren van rijsmaterialen en riet
LAW 624	14 oktober 1966	Leveren van rijsmaterialen
LAW 625	18 oktober 1966	Leveren van rijsmaterialen
LAW 626	5 januari 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 627	13 januari 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 628	11 april 1967	Leveren van koperslakblokken
LAW 629	5 april 1967	Leveren van stortsteen
LAW 630	25 april 1967	Leveren van basaltstortsteen
LAW 631	6 april 1967	Leveren van grof grind
LAW 632	6 april 1967	Leveren van betonklinkerkeien en groenstenen
LAW 633	25 januari 1967	Leveren van rijsmaterialen en riet
LAW 634	26 januari 1967	Leveren van rijsmaterialen en riet
LAW 635	26 januari 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 636	3 februari 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 637	14 september 1967	Verrekening van kosten voor het verharden van de Kleine Weg onder Paesens
LAW 638	5 juni 1967	Huur van een onbemand motorvaartuig
LAW 639	18 april 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 640	18 april 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 641	18 april 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 642	25 april 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 643	18 april 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 644	25 april 1967	Leveren van gorsriet
LAW 645	2 mei 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 646	25 april 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 647	12 juni 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 648	11 december 1967	Maken van een dijkvak in de Lauwerszee en werken op het werkeiland en in het sluitgat met bijkomende werken
LAW 649	9 juni 1967	Leveren van rijsmaterialen en riet
LAW 650	6 juni 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 651	19 juni 1967	Leveren van gorsriet
LAW 652	16 juni 1967	Leveren van rijsmaterialen

overeenkomsten en gegunde bestekken

Aannemingssom	Aannemer
f 23 960,03	Scheepswerf en Machinefabriek Tj. Barkmeyer te Stroobos
eenheidsprijzen	N.V. Schokbeton te Kampen
f 6 731 730,—	Kombinatie Lauwerszee te 's-Gravenhage
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruiter c.v., Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	N.V. J. de Jong Bzn, Sliedrecht
eenheidsprijzen	Fa. Gebr. Hakkers, Werkendam
eenheidsprijzen	N.V. T. en P. de Klerk, Werkendam
eenheidsprijzen	G. J. Versluis, Lexmond
eenheidsprijzen	Fa. P. de Koning, Papendrecht
eenheidsprijs	Mavotrans N.V., 's-Gravenhage
eenheidsprijs	de Smidt en Weynen N.V., Terneuzen
eenheidsprijzen	N.V. Basalt Rotterdam, Rotterdam
eenheidsprijs	N.V. 'Utroma' te Arnhem
eenheidsprijzen	N.V. Schokbeton te Kampen
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne, Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. v/h T. W. Volker en Zn, Sliedrecht
eenheidsprijs	Fa. T. den Otter, Meerkerk
eenheidsprijzen	N.V. T. en P. de Klerk, Werkendam
bijdrage regeling	Eastergoa's Sédiken Dokkum Gemeente Oostdongeradeel te Metslawier
f 245,—/week	G. Postma te Kollumerpomp
eenheidsprijs	Fa. T. den Otter, Meerkerk
eenheidsprijs	N.V. Gebr. van Noordenne, Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijs	N.V. T. en P. de Klerk, Werkendam
eenheidsprijs	G. J. Versluis, Lexmond
eenheidsprijs	Fa. T. den Otter, Meerkerk
eenheidsprijs	Fa. v/h T. W. Volker en Zn, Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. T. en P. de Klerk, Werkendam
eenheidsprijzen	Fa. T. den Otter, Meerkerk
eenheidsprijzen	N.V. T. en P. de Klerk, Werkendam
f 17 968 850,—	Kombinatie Lauwerszee, 's-Gravenhage
eenheidsprijzen	N.V. J. de Jong Bzn, Sliedrecht
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruiter, Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijs	C. H. Schuller, Drimmelen
eenheidsprijs	N.V. Gebr. van Noordenne, Hardinxveld-Giessendam

Nummer van de/het overeenkomst/bestek	Datum	Omschrijving van het werk
LAW 654 (bestek)	dienst 1968-1969	Aanleg van weg nr. 3 van het provinciaal wegenplan Friesland 1965, Dokkum-Metslawier-Anjum-de Bant-Lauwerszeesluizen; gedeelte Anjum-Banthuis, met verbetering van de toegangsweg naar Anjum met bijkomende werken in de gemeente Oostdongeradeel
LAW 655	14 september 1967	Leveren van riismaterialen
LAW 656	12 september 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 657	14 september 1967	Leveren van rijsmaterialen en riet
LAW 658	18 september 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 659	12 september 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 660	18 september 1967	Leveren van rijsmaterialen
LAW 661	22 april 1968	Leveren van mijnsteen
LAW 662	4 april 1968	Leveren van stortsteen
LAW 663	22 april 1968	Leveren van basaltstortsteen
LAW 664	12 februari 1968	Leveren van loodslakken
LAW 665	18 december 1967	Leveren van koperslakblokken
LAW 666	22 april 1968	Leveren van grof grind
LAW 667	6 december 1967	Leveren van koperslakblokken ten behoeve van de schutsluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen
LAW 669	25 januari 1968	Leveren van rijsmaterialen en riet
LAW 670	14 maart 1968	Maken van een gedeelte van de geleide- en remmingwerken voor de schutsluis in de afsluitdijk van de Lauwerszee, met bijkomende werken
LAW 671	22 april 1968	Tot aanvulling en wijziging van bestek nr. ZW 3605 (LZW nr. 9) dienst 1966-1968, voor het bouwen van een schutsluis in de uitmonding van het Dokkumerdiep nabij Nieuwe Zijlen (Lauwerszee) met bijkomende werken
LAW 672	8 mei 1968	Leveren van graskeien en betonklinkerkeien ten behoeve van de bouw van een schutsluis in de uitmonding van het Dokkummerdiep nabij Nieuwe Zijlen (Lauwerszee)
LAW 673	29 juli 1968	Beschikbaar stellen van arbeiders ten behoeve van het verrichten van onderhoudswerkzaamheden aan de installaties van het sluizencomplex in de Lauwerszee en de nieuwe sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen
LAW 674	4 juli 1968	Leveren van Nicolon zinkstukkenweefsel
LAW 675	22 april 1968	Leveren van rijsmaterialen
LAW 676	6 mei 1968	Leveren van rijsmaterialen
LAW	6 mei 1968	Leveren van rijsmaterialen
LAW 678	6 mei 1968	Leveren van rijsmaterialen
LAW 679	6 mei 1968	Leveren van rijsmaterialen
LAW 680	1 mei 1968	Leveren van rijsmaterialen
LAW 681	6 mei 1968	Leveren van riet
LAW 683	23 september 1968	Bouwen van twee bedieningsgebouwtjes op de schutsluis te Nieuwe Zijlen
LAW 687	9 juli 1968	Leveren van rijsmaterialen
LAW 689	10 september 1968	Leveren van fijn gelders griendhout
LAW 690	10 september 1968	Leveren van gelders griendhout
ZW 3608 (LZW nr. 10)	4 juli 1966	Maken van de betonspanten van de bovenbouw van de uitwateringssluizen in de afsluitdijk van de Lauwerszee met bijbehorende werken.

Aannemingssom	Aannemer
	Kombinatie Lauwerzsee, 's-Gravenhage
eenheidsprijzen	N.V. T. en P. de Klerk, Werkendam
eenheidsprijs	Fa. Gebr. Hakkers, Werkendam
eenheidsprijzen	Fa. Adr. Volker Lzn, Rotterdam-6
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruiter c.v., Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne, Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	N.V. J. de Jong Bzn, Sliedrecht
laadkosten f 0,70/ton	N.V. Nederlandse Staatsmijnen, Heerlen
eenheidsprijzen	de Smidt en Weynen N.V., Terneuzen
eenheidsprijs	N.V. Basalt Rotterdam te Rotterdam
eenheidsprijs	Handel Maatschappij Arnold-Maassen N.V., Maastricht
eenheidsprijs	Mavotrans N.V., 's-Gravenhage
eenheidsprijs	N.V. Utroma te Arnhem
eenheidsprijs	Mavotrans N.V., 's-Gravenhage
eenheidsprijzen	N.V. T. en P. de Klerk, Werkendam
f 147 700,—	Kombinatie Lauwerszee, 's-Gravenhage
f 128 000,—	N.V. Aannemingsmaatschappij v/h Hillen en Roosen te Amsterdam
eenheidsprijzen	N.V Schokbeton te Kampen
f 8,70/manuur	Kombinatie Lauwerszee, 's-Gravenhage
f 3,88/m2	Nicolon N.V., Enschede
eenheidsprijs	Fa. T. den Otter en Zn, Meerkerk
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruiter, Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijs	N.V. J. de Jong Bzn, Sliedrecht
eenheidsprijs	N.V. Gebr. van Noordenne, Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. T. den Otter en Zn, Meerkerk
eenheidsprijs	Fa. Adr. Volker, Lzn, Rotterdam-6
eenheidsprijs	Fa. C. H. Schuller, Drimmelen
f 46 443,—	N.V. Aannemingsmaatschappij v/h Hillen en Roosen te Amsterdam
eenheidsprijzen	Fa. Gebr. Dubbeldam Bzn., Lage Zwaluwe
eenheidsprijs	N.V. Gebr. v. Noordenne, Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijs	Fa. T. den Otter en Zn, Meerkerk
f 765 400,—	Kombinatie Lauwerszee, 's-Gravenhage

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Aerophoto Eelde	443					
Delfland	436					
Koninklijke Luchtmacht	394					
Mastboom	396	438				
Rijkswaterstaat	417	427	429	432	440	
Waterloopkundig Laboratorium	398	399	402			

Inhoud nr. 49

A. De werken van het Deltaplan

450 De afsluiting van het Volkerak

468 Operationele begeleiding van de Deltar bij de afsluiting van het Volkerak

478 Toetsing van de voorspelde veranderingen van de verticale getijbeweging in het Deltagebied als gevolg van de afsluiting van het Volkerak

483 De 'Krabbe'

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

488 De sluiting van de Lauwerszeedijk

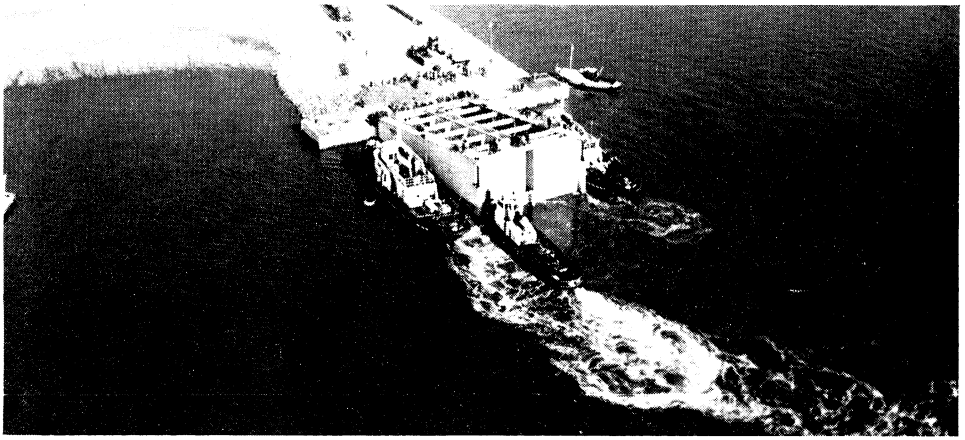
505 **Vorderingen**



De afsluiting van het Volkerak

In de periode van 8 tot 25 april 1969 is het wintersluitgat van het Volkerak met behulp van caissons dichtgezet. Daarmee werd de afsluiting van deze rivierarm voltooid, en werden het noordelijk en het zuidelijk Deltagebied in waterloopkundig opzicht van elkaar gescheiden. Om vast te stellen in welke maand van het jaar de sluiting zou moeten worden voltrokken is een vergelijking getrokken tussen de maanden april, mei en juni. In maart is er nog te weinig daglicht, en is ook het weer nog te ongunstig voor een werk als dit. Uit het onderzoek naar de te verwachten getij-omstandigheden, de kansen van optreden van stormen en hoge waterstanden en van hoge rivierafvoeren kwamen de maanden mei en juni als marginaal gunstiger naar voren dan de maand april. Toch is april voor de afsluiting gekozen, omdat het overblijvend werkseizoen dan langer is: vóór 1 november moet de rij caissons immers veilig voor de najaarsstormen onder het zand en de taludbekleding geborgen liggen, zodat er zonder enig risico mee kan worden overwinterd.





Zoals reeds in voorgaande nummers van het Driemaandelijks Bericht is uiteengezet kunnen ontgrondingen een groot gevaar vormen voor het welslagen van een afsluiting. De afsluitdammen moeten worden gefundeerd op de doorgaans zandige bodem van de geulen, die in een labiel evenwicht verkeren met de getijstromen. De aanwezigheid van de drempel waarop de caissons worden geplaatst, en in sterkere mate de caissons zelf verstoren de getijbeweging, waardoor het evenwicht verloren gaat en de bodem plaatselijk wordt uitgeschuurd; de stabiliteit van de hele constructie kan daardoor in gevaar komen. Hoe beter de stroomgeleidende vorm van het sluitgat is, en hoe sneller er wordt gewerkt, des te geringer zullen de ontgrondingen zijn. De ervaringen met onder andere de afsluiting van het Veersche Gat hebben geleerd dat de sterke wervelstraten die worden opgewekt door de verticale wanden van de landhoofden van het wintersluitgat, zeer gevaarlijk zijn. Daarom zijn de landhoofden in het Volkerak vervangen door een stroomgeleidende dam met een taludhelling van 1 : 5. De vormgeving van deze dam is bepaald in het Waterloopkundig Laboratorium met behulp van het hydraulisch model van het Volkerak. Om de doorlaatcaissons te doen aansluiten op de geleidedam moesten toen speciale landhoofdcaissons worden ontworpen om de opening op te vullen. Na plaatsing van deze caissons ontstaat dan alsnog een verticale begrenzing, maar de wervelstraat die daardoor wordt opgewekt, is maar 2 à 3 weken actief.

Bij het vaststellen van het plaatsingsprogramma der twee landhoofdcaissons en twaalf doorlaatcaissons werd ervan uitgegaan dat zoveel mogelijk gewerkt zou moeten worden bij daglicht, dat de caissons bij de hoogwaterkentering zouden worden afgezonken, en dat de laatste plaatsingen zouden geschieden in een periode van doodtij. Om tegenslagen tijdens de werkzaamheden op te vangen werd een aantal inhaaldagen in het tijdschema opgenomen. Uitgaande van het plan om de laatste caisson te plaatsen op het doodtij van 25 april, en voor de hele operatie een periode van 20 dagen nemende, 14 afzinkdagen en 6 inhaaldagen, kwam men ertoe, de aanvang der werkzaamheden te plannen omstreeks de vijfde april. Dat was echter vlak voor Pasen, en daarom werd besloten pas op dinsdag 8 april de eerste caisson op zijn plaats te brengen; 26 en 27 april zouden dan nog als reserve-dagen worden beschouwd bij mogelijke tegenslag. In de periode van 8 tot en met 25 april moesten dus 14 caissons worden afgezonken onder zo gunstig mogelijke omstandigheden van tij en licht, zo gelijkmatig mogelijk in de tijd verdeeld, en als het kon met vrijlating van de zondagen. Bruikbaar waren op de

Plaatsing van een landhoofdcaisson

Overzicht van het bouwdok, de stroomgeleidende dam en het sluitgat



overgebleven dagen alleen die hoogwaterkenteringen waarbij het mogelijk was de caissons bij daglicht een uur vóór hoogwater uit het bouwdok te laten vertrekken, en waarbij een caisson minstens één uur voor zonsondergang kon worden afgezonken, omdat een binnen het uur na afzinken invallende duisternis een aantal noodzakelijke werkzaamheden onmogelijk zou maken. In het bijgevoegde plaatsingsschema vindt men behalve de planning tevens weergegeven wat er in feite van is terecht gekomen.
De doorlaatcaissons die in het geïnundeerde bouwdok wachtten op overbrenging naar hun plaats van bestemming werden twee dagen voor het zover was, gesloten door het dichtdraaien van de afsluiters in de bodem, en vervolgens leeggepompt, zodat ze begonnen op te drijven. Er waren dan twee sleepboten bij de hand, die het gevaarte zonodig wegsleepten naar een parkeerplaats in de bouwput, gelegen tussen de reservecaissons en de laatst te plaatsen caisson. Met het 'aankleden' van een caisson was ongeveer een heel etmaal gemoeid. Generatoren werden aan boord gebracht voor de eigen elektriciteitsvoorziening, klokpompen, schijnwerpers, kapbijlen, werplijnen, E.H.B.O.- en reddingsuitrustingen enz.
Om de sleepboten tijdens de manoeuvres in open water in de gelegenheid te stellen langzij de caissons aan te leggen moesten per caisson zes drukschotten worden aangebracht en afgesteld. Er werden sleepdraden bevestigd aan de drijfschotten, waarmee ze na het zinken van de caisson konden worden weggetrokken en bordessen aangebracht van waaraf men de navigatie van de caisson in het sluitgat nauwkeurig zou kunnen dirigeren. Ook werden de opzetstukken van de bovenvergrendeling der drijfschotten aangebracht, en werden de onderste vergrendelingshaken verwijderd. Waren alle voorbereidende werkzaamheden voltooid, dan werd de elektrische verbinding met de wal verbroken.

Vaarschema

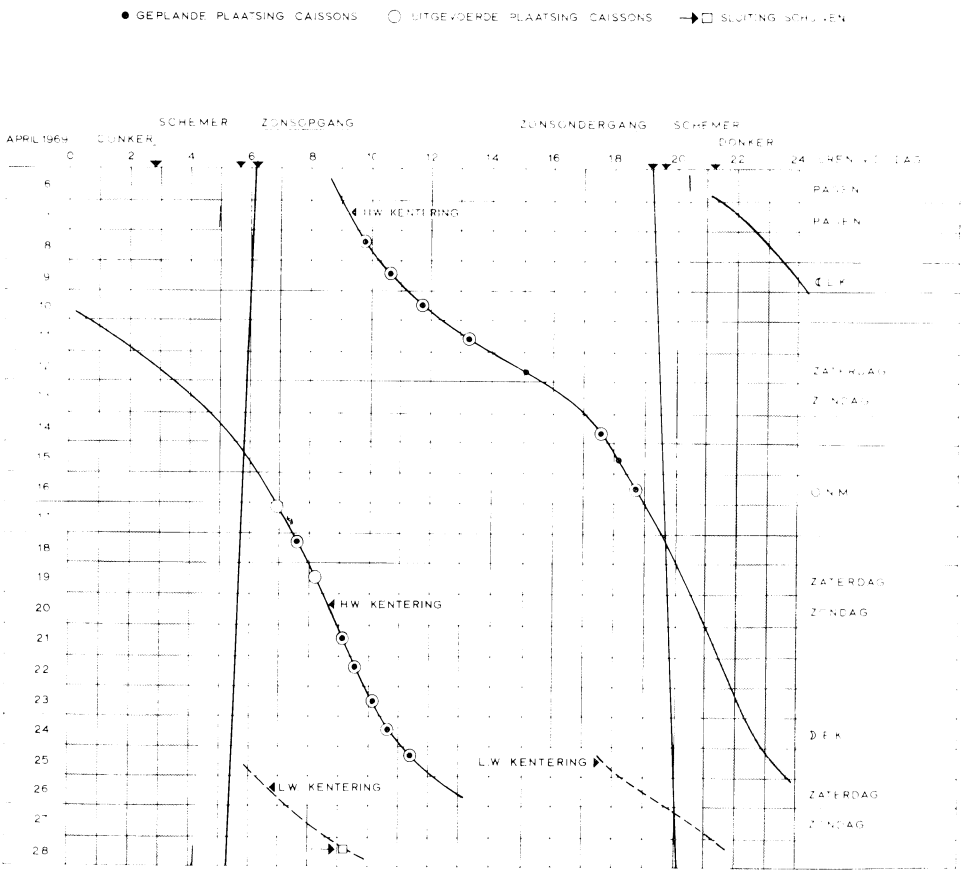
Bij het plaatsen van de caissons in het sluitgat van het Volkerak was een aantal belangrijke tijdstippen te onderscheiden, en wel het ogenblik van vertrek uit het bouwdok naar de afwachtingsopstelling benedenstrooms van de drempel, het moment waarop van de parkeerplaats werd opgevaren naar het sluitgat, het moment waarop de caisson indraaide, en tenslotte het ogenblik waarop de afsluiters werden geopend. Wanneer het ogenblik waarop een caisson aan de grond moet staan nauwkeurig bekend is, en men ook een schatting heeft gemaakt van de tijd die de voorbereidende manoeuvres vergen, dan kan men terugrekenend het ogenblik bepalen waarop met varen moet worden begonnen om op tijd alle voorbereidende fasen te doorlopen en juist op tijd de drempel te raken. Bij het plaatsen van de caissons in het Volkerak werd gerekend dat de vaart vanuit het bouwdok naar de parkeerplaats 20 minuten zou duren, het opvaren van de parkeerplaats tot bij de drempel eveneens 20 minuten, het formeren van het scharnierpunt met de vorige caisson en het indraaien 50 minuten, en het afzinken tenslotte 6 minuten. De caisson zou dus ruim anderhalf uur voor de kentering uit het bouwdok moeten vertrekken. Aangezien de kentering in het Volkerak als regel twee uur na hoogwater viel, zou de caisson het bouwdok moeten uitvaren bij vallend water. Daarbij moest een smalle en ondiepe uitvaargeul worden gepasseerd; het was niet onmogelijk dat een caisson daar aan de grond zou raken. Wanneer zoiets gebeurt bij vallend water, is de kans klein dat de caisson snel kan worden vlotgetrokken. Om dat risico te vermijden werd gesteld dat de caissons het bouwdok ongeveer één uur voor

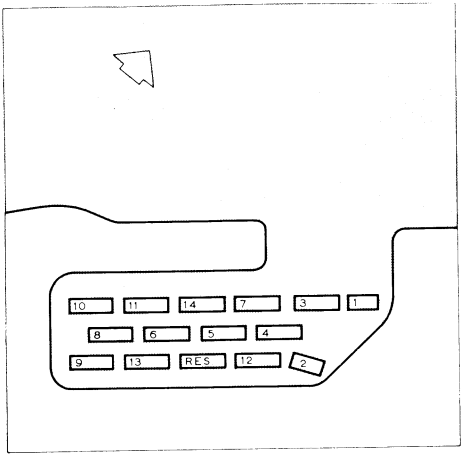
hoogwater moest verlaten. Liepen ze dan vast, dan konden ze bij stijgend water allicht weer vrij komen. Om dit te verwezenlijken werd het noodzakelijk dat de caissons anderhalf tot twee uur geparkeerd bleven in diep water op enige afstand van de drempel. Al met al moesten de caissons dus niet één uur, maar drie uur vóór de voorspelde kentering uit het bouwdok vertrekken. Op de voorspelling op lange termijn die ten aanzien van het moment van kentering door de Deltar was gedaan op grond van het berekende astronomische getij, moest doorgaans een correctie worden aangebracht, daar het in de werkelijkheid optredende getij ten gevolge van meteorologische omstandigheden pleegt af te wijken van het astronomische. Een eerste correctie werd gegeven bij het uitvaren van de caisson uit het bouwdok, een tweede ongeveer één uur voor het verwachte kenteringsmoment.
Vanaf het uitvaren van de caisson werden alle gegevens betreffende waterstanden, stroomsnelheden, windsnelheden en -richtingen, als ook de correcties op de vooraf gegeven Deltar-voorspellingen doorgegeven aan de centrale post op de caisson.
Het aantal minuten dat nog restte vóór de kentering en de stroomsnelheid op de drempel werd aangegeven op een bord dat goed zichtbaar was voor allen die direct bij de plaatsingsmanoeuvre waren betrokken. Op grond van de gegevens op dit bora werd het vaarplan afgewerkt en het moment van openen van de sluiters vastgesteld. Hieronder volgt, als voorbeeld, het tijdschema van de plaatsing van de achtste doorlaatcaisson, die op 21 april aan de zuidzijde van het sluitgat werd afgezonken.

	tijd	stroomsnelheid op de drempel
vertrek uit het bouwdok	6.15 uur	2.17 m/sec.
caisson geparkeerd op stroom	6.35 uur	
begin opvaren, afstand tot de drempel 350 m	8.13 uur	2.12 m/sec.
voorzijde caisson ter hoogte van de drempel	8.26 uur	1.70 m/sec. 1.37 m/sec.
scharnierpunt gereed, caisson 60° ingedraaid	8.32 uur	1.20 m/sec.
caisson 90° ingedraaid	8.37 uur	1.07 m/sec.
sein afsluiters opendraaien	8.59 uur	0.30 m/sec.
caisson aan de grond	9.04 uur	kentering

Om afwijkingen van de Deltar-voorspellingen te kunnen vaststellen heeft er gedurende de gehele sluitingsperiode een meetvlet boven de drempel gelegen op de plaats waar de laatste caisson moest worden afgezonken. Ieder half uur werd op dit vaartuig de gemiddelde stroomsnelheid over de verticaal gemeten. Werd er een caisson geplaatst, dan werd vanaf het ogenblik van uitvaren uit het bouwdok gemeten op een diepte van 2,5 meter beneden het wateroppervlak, dat is de helft van de diepgang van de caissons. De snelheid daar is representatief voor de stromingsdruk op de caisson, en geeft dus aanwijzingen, welke krachten de sleepboten zullen moeten leveren. Om de tweeëneenhalve minuut werd de gemeten waarde doorgegeven aan de caissons, en vanaf 15 minuten voor de kentering zelfs iedere minuut.

Het plaatsingsschema der caissons en de uitvoering ervan in de praktijk





Plattegrond van het bouwdok met de caissons. De caissons zijn genummerd naar de volgorde van uitvaren

Vooral bij de eerste plaatsingen was de afstand tussen de zinkplaats en de meetvlet nogal groot; daarom werd gebruik gemaakt van een tweede meetvlet, die zo dicht mogelijk bij de af te zinken caisson op dezelfde diepte en met de dezelfde tijdinterval de snelheden registreerde. Deze vlet werd alleen ingezet tijdens een plaatsing, en wel vanaf drie uur vóór de kentering. Uit vergelijking der metingen bleek dat er aanzienlijke verschillen voorkwamen tussen het midden van het sluitgat en nabij de landhoofden, zowel wat betreft de snelheden als het tijdstip van kentering. Tevens bleek dat de metingen ernstig kunnen worden verstoord door het schroefwater van de sleepboten, zelfs nog op afstanden van 75 à 100 meter.
Nadat de twee landhoofdcaissons en drie van de doorlaatcaissons waren geplaatst, was het overblijvende sluitgat zo nauw geworden dat de posities van de beide meetvletten elkaar te dicht naderden om nog belangrijke verschillen te registreren. Daarom werd de opstelling gewijzigd: de tweede vlet werd nu ongeveer 80 meter bovenstrooms van de meetvlet in het sluitgat gelegd. Op die manier wilde men het verband bepalen tussen de stroomsnelheden in deze twee punten. Zodra de laatste caisson zijn zinkplaats naderde zou de meetvlet die op die plek lag immers moeten verdwijnen, en men wilde dan toch een indruk hebben van de snelheden op de drempel.
Een zelfde werkwijze werd gevolgd met de meetbordessen die aan de reeds geplaatste caissons aan weerszijden van het overblijvende sluitgat waren opgehangen. Deze opstelling, waarmee de snelheid op de drempel in verscheidene punten tegelijk kon worden waargenomen, heeft zijn nut overtuigend bewezen. Als gevolg van defecten in de apparatuur of door verstoringen van het beeld door de sleepboten werd zo nu en dan één der meetpunten uitgeschakeld; dat heeft bij deze meetopstelling nimmer tot moeilijkheden geleid.

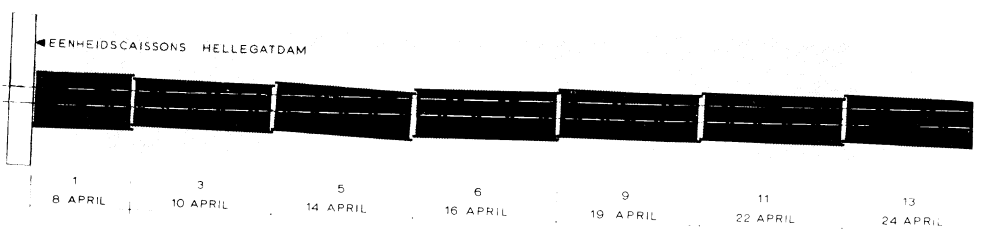
Het plaatsingsschema in de praktijk

De ongunstige weersomstandigheden hebben belet dat de plaatsing der caissons de gehele sluiting door verliep overeenkomstig de volgorde en het tijdplan die het vooraf opgestelde plaatsingsschema aangaf. Aanvankelijk werd met goed weer gewerkt, zodat, te beginnen met de plaatsing van de landhoofdcaissons op 8 en 9 april, de caissons volgens het tijdschema en om en om aan de noord- en de zuidzijde van het sluitgat werden afgezonken.

Weersverwachtingen voor het Deltagebied gedurende de sluitingsperiode (opgesteld één dag tevoren)

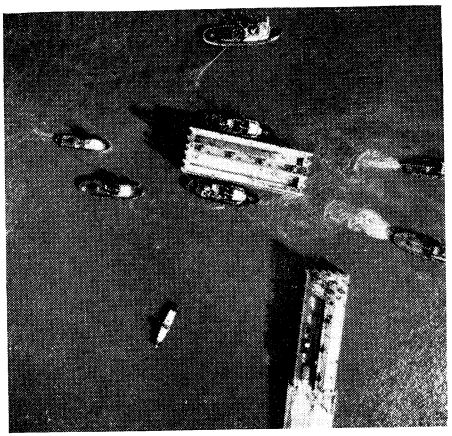
Datum	Wind		Zicht	Neerslag	Temp.		Afwijking waterstand
	richting	sterkte			max.	min.	
di. 8/4	ZO	1—3 B	1—3 km	geen	23	6	± 1 tot — 2 dm
wo. 9/4	ZO	2—3 B	4—8 km	geen	23	6	0—3 dm verlaging
do. 10/4	Z	1—2 B	1—3 km kans op mistbanken	weinig of geen	18	6	—
vr. 11/4	ZW—W	2—5 B	matig, kleine kans op mist	weinig of geen	16	8	— 1 tot + 2 dm
za. 12/4	ZW—W	5—7 B	matig tot goed	enkele buien	12	8	4 tot 7 dm verhoging
ma. 14/4	Z—ZW	2—4 B	matig 3—8 km	weinig of geen	10	0	—
di. 15/4	ZW—W	5—7 B	2—5 km	af en toe regen	9	4	3—6 dm verhoging
wo. 16/4	W—NW	4—6 B	goed	enkele buien	7	3	3—6 dm verhoging
do. 17/4	W	2—3 B	matig tot goed	mogelijk enkele buien met windstoten	9	1	2—5 dm verhoging
vr. 18/4	N	3—5 B	goed	een enkele bui	8	2	2—5 dm verhoging
za. 19/4	NW	3—5 B	goed	een enkele bui	7	0	1—4 dm verhoging
ma. 21/4	O—ZO	2—4 B	2—5 km	af en toe een bui	9	1	—
di. 22/4	O	3—4 B	3—6 km	af en toe enige regen	8	5	+ 1 tot — 2 dm
wo. 23/4	W—NW	2—4 B	matig tot goed	regen	9	5	1—4 dm verhoging
do. 24/4	Z	2—3 B	matig 1—5 km enkele mistbanken	tijdelijk enige regen	10	3	—
vr. 25/4	ZW	3—5 B	goed behalve tijdens buien	enkele buien	11	7	0—3 dm verhoging

In de loop van vrijdagmorgen 11 april stak de wind echter snel op; aangezien de weersverwachting voor de volgende dag een toenemen van de wind inhield, zelfs tot 7 Beaufort, werd besloten noch zaterdag noch zondag een caisson te plaatsen. De eerste week had, met de plaatsing van vier caissons, al met al een goed resultaat te zien gegeven. Op maandag 14 april kon weer een caisson worden afgezonken. Maar alweer stak de wind op, en gelet op de weersverwachting voor de volgende dag, werd ook voor dinsdag 15 april geen caissonplaatsing voorgenomen. Het was intussen ook veel kouder geworden, vooral in de vroege ochtend. Dat begon juist nu te hinderen, omdat de tijden van hoogwaterkentering, die tot dan toe midden op de dag hadden gelegen, nu in de avond of in de vroege ochtend begonnen te vallen. Het moment naderde waarop moest worden overgesprongen van de hoogwaterkentering in de avond naar die op de vroege

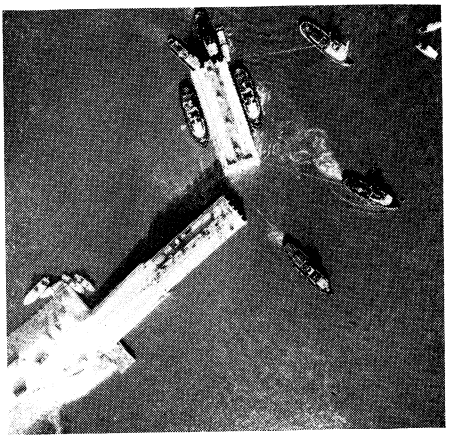


Overzicht van de plaatsing der caissons op de drempel

1.



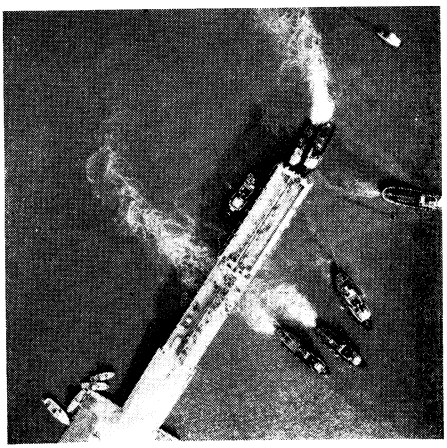
2.



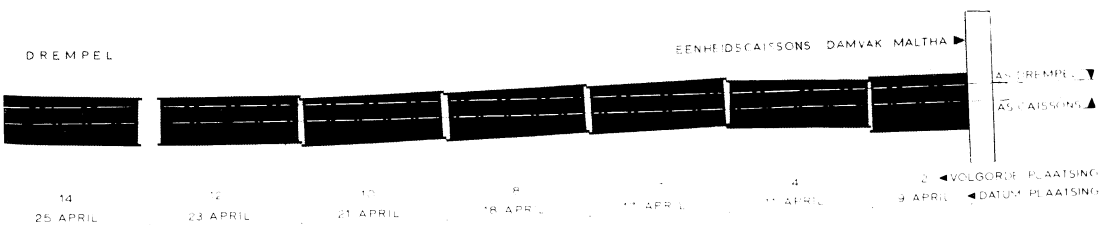
3.



4.



Sleepbootmanoeuvres bij het plaatsen van een doorlaatcaisson



VERONDIEPING 1 - 10 dm

" 10 - 20 dm

" 20 - 40 dm

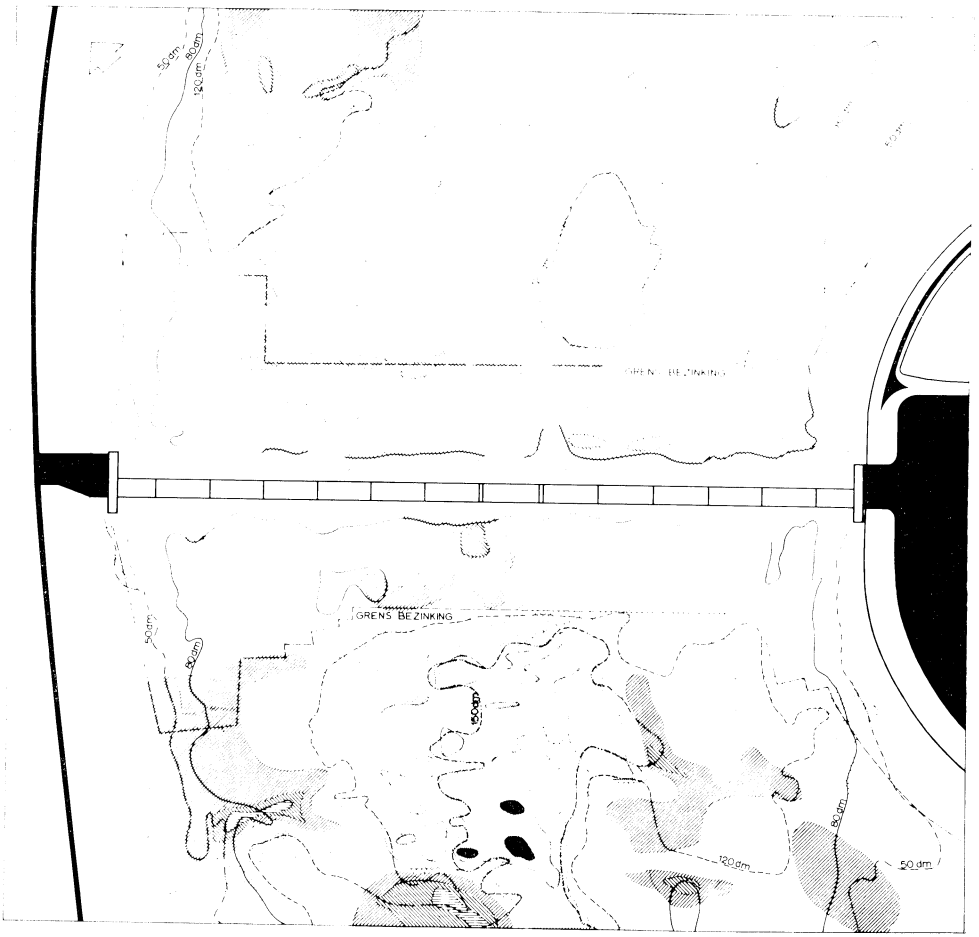
VERDIEPING 3 - 10 dm

" 10 - 20 dm

" 20 - 40 dm

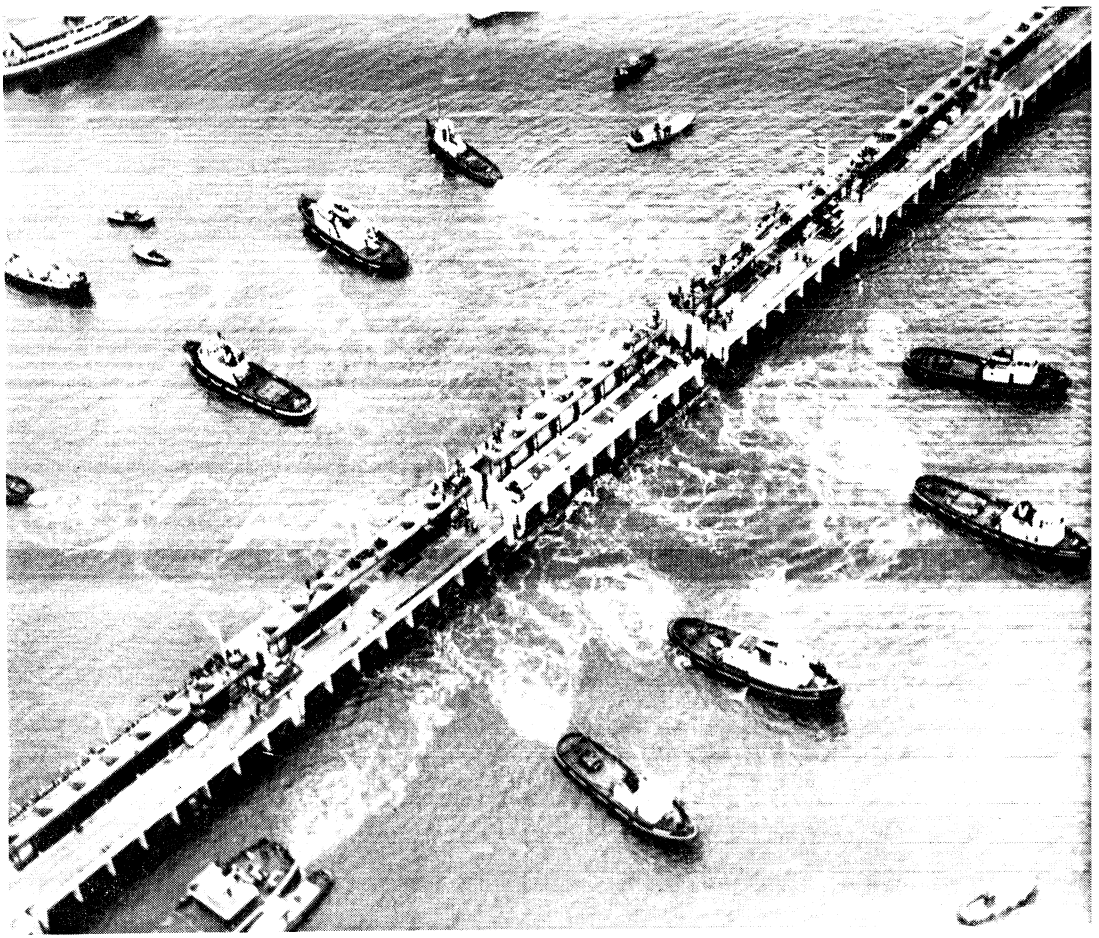
" 40 - 60 dm

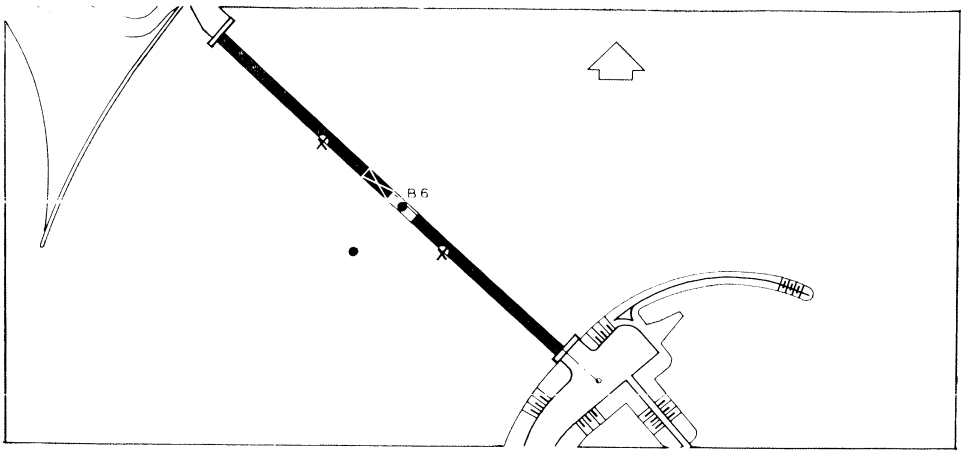
Verdiepingen en verondiepingen in het gebied van de afsluiting in de periode 2 tot 25 april 1969



ochtend. Aangezien er enige achterstand op het schema viel in te lopen, zouden dan twee caissons binnen 13 uur moeten worden afgezonken. Hoewel de weersverwachting voor 16 april niet erg gunstig was, werd besloten die dag toch een caisson af te zinken. Om minder last te hebben van de straffe wind, zou de plaatsing echter niet, zoals het schema aangaf, aan de Brabantse zijde, maar aan de kant van de Hellegatdam geschieden, in de luwte van die dam. Aan de Brabantse oever was de vloedstroom sterker, en bij de wind die er stond was dit tevens lage wal. Deze ongunstige omstandigheden wilde men bij het slechte weer liever vermijden. Op donderdag 17 april werd in de vroege ochtend opnieuw een caisson afgezonken, minder dan een halve dag na de vorige plaatsing. Dit stelde hoge eisen aan het personeel, met name aan de ploegen die belast waren met het vaarklaar maken van de caissons in het bouwdok. Alles verliep echter naar wens, en na donderdag 17 april lag het werk op schema; en het bleef erop, want de overige caissons werden geheel overeenkomstig de plannen geplaatst. Op vrij-

Overzicht van de laatste plaatsing

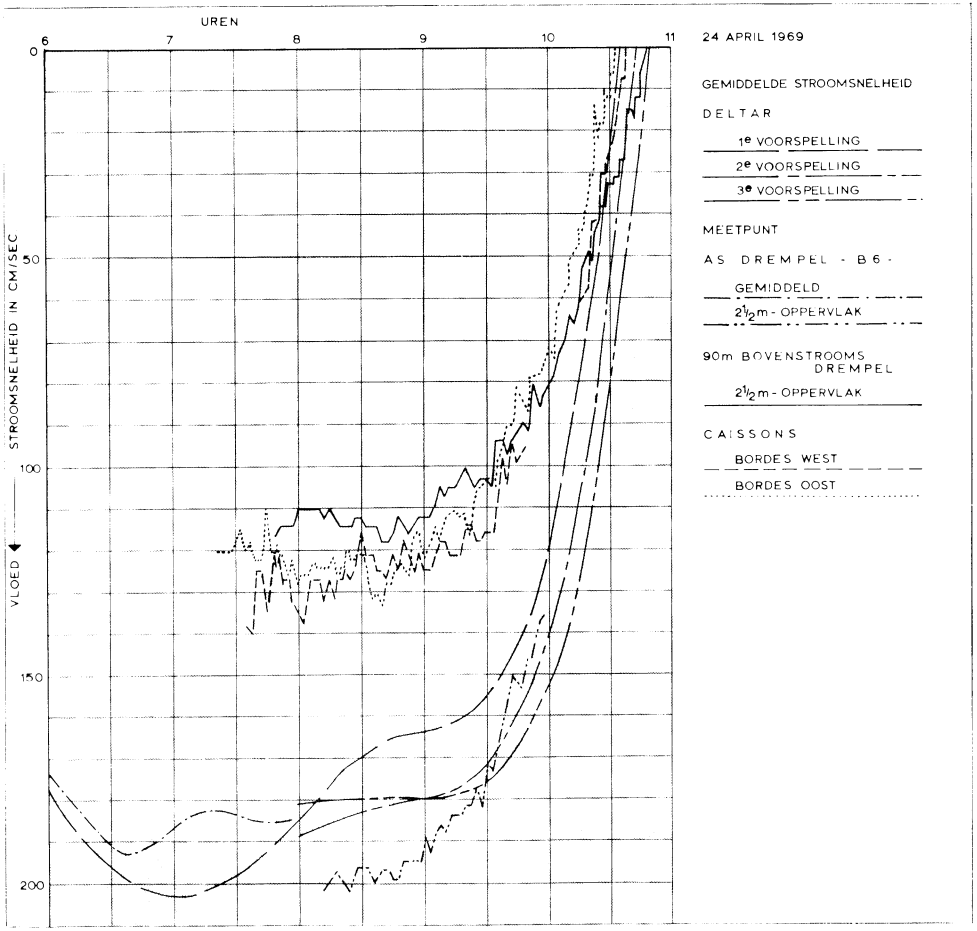




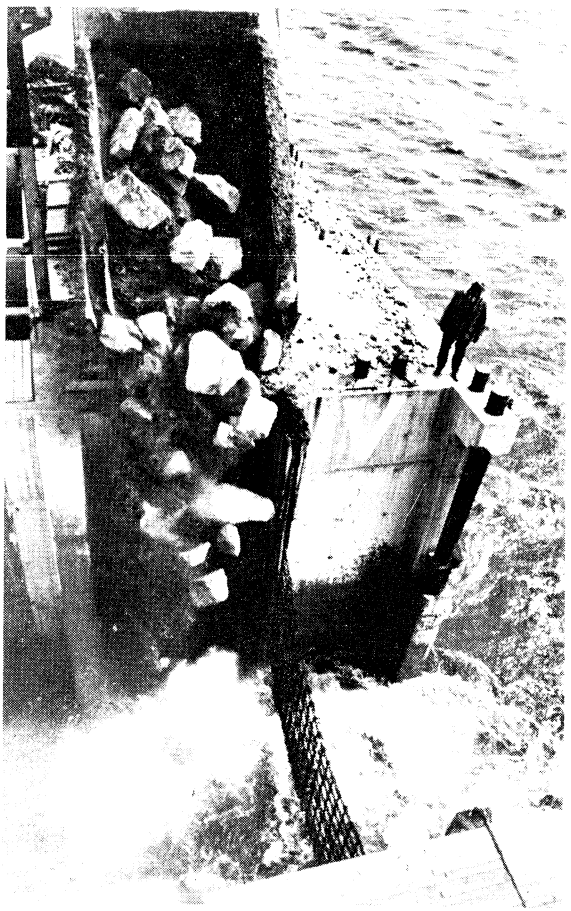
dag 25 april om 11.27 uur zakte de laatste caisson op de drempel. Men kan wel zeggen dat allen die een aandeel hebben gehad in de sluiting die tijd onder hoogspanning hebben gewerkt en geleefd, in het bijzonder de operationele staf van directie en aannemers. In een eindeloos aantal besprekingen vooraf waren de kleinste details van de operatie besproken en uitgewerkt. Niettemin moesten de meest vitale beslissingen, die het welslagen van de hele operatie konden beïnvloeden, onmiddellijk voorafgaand aan elke afzonderlijke caissonplaatsing worden genomen.
Er was voortdurend contact met de Deltarzaal te Den Haag en met het weerkundig station van het K.N.M.I. voor het Deltagebied te Zierikzee. Achteraf, nu blijkt dat de Deltar de hoogwatertijdstippen wonderbaarlijk accuraat heeft voorspeld, en men weet dat de depressieve storingen niet ontaard zijn in een serie voorjaarsstormen die het weer absoluut onwerkbaar maakten, is het moeilijk zich nog de spanning van die dagen, toen dat alles onzeker was, voor de geest te halen.
Voor het manoeuvreren met de caissons werd een vloot ingezet van zeven sleepboten, met een gezamenlijk vermogen van 7100 pk. Waarom men sleepboten verkoos boven vaste lieropstellingen vindt de lezer geargumenteerd in Driemaandelijks Bericht nr. 47 (februari 1969). De schema's die bij het artikel van februari werden gegeven van de dispositie der boten rond een caisson kunnen nu worden vervangen door een kleine fotoserie, die de opeenvolgende manoeuvres met een caisson laat zien.
Het grootste verschil tussen de voorgenomen sleep- en afzinkprogramma's en de werkelijkheid lag wel in het tijdplan. Wegens gebrek aan ervaring was het tijdschema vooraf tamelijk ruim opgezet, en waren de verschillende fasen van de manoeuvre sterk geschematiseerd. In de praktijk liepen de fasen ongemerkt in elkaar over. Nog vóór het scharnierpunt met de vorige caisson gereed was, lag, om een voorbeeld te noemen, de caisson meestal al 20° à 30° ingedraaid. Daardoor kon het tijdschema niet onbelangrijk worden verkort. Tengevolge van de versnelde afwikkeling waren ook de optredende krachten enigszins lager dan waarmede was gerekend en konden de boten in het algemeen wat makkelijker manoeuvreren. Alle sleepboten bleken overigens voor het werk onmisbaar. Bij de plaatsing van de laatste caisson besloot men zelfs met acht boten te werken, omdat het nu niet meer mogelijk zou zijn, wanneer de stroom van richting veranderde, om te varen naar de andere kant van de caisson. De gehele plaatsingsmanoeuvre verliep zonder uitzondering steeds soepel en vlot.

Plaats van de meetboten (●) en meetbordessen (x)

Voorspelde en gemeten stroomsnelheden in het sluitgat op 24 april



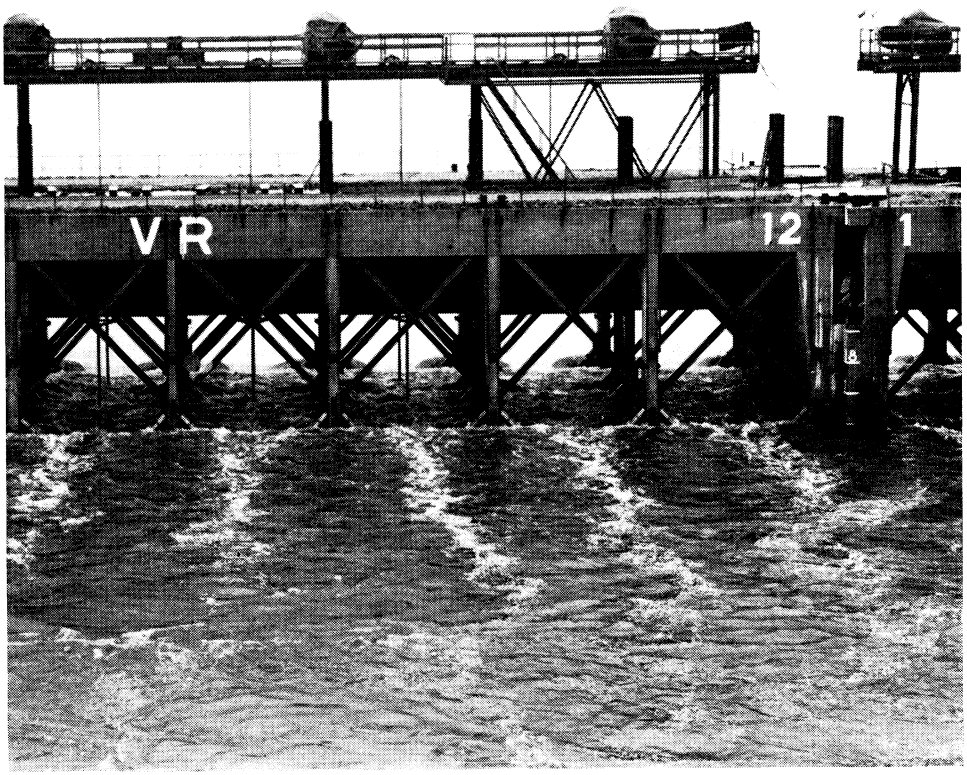
Voor het vormen van het scharnierpunt tussen de laatste aan dezelfde zijde afgezonken caisson en de nog af te zinken caisson werd een lierdraad gebruikt die op een vaste, van te voren bepaalde spanning van 4 of 6 ton kon worden afgesteld. Hierdoor werd een flexibel vasthoudpunt gevormd dat uitermate goed heeft gefunctioneerd en waarmee draadbreuk kon worden voorkomen.
Behalve bij het afzinken van de laatste caisson is de speling die in het tijdschema voorkwam om eventuele vertragingen te kunnen opvangen, steeds ongebruikt gebleven, en moest tussen het moment dat de caisson was ingedraaid en het sein 'afsluiters open' ongeveer tien minuten worden gewacht. De caisson mocht pas met de kentering aan de grond komen ten einde tijdens de zinkweg zo weinig mogelijk zijwaarts drukkende krachten te ontmoeten, maar de reservetijd moest niettemin steeds in acht worden genomen, om te voorkomen dat een gehele plaatsing bij onverwachte tegenslag zou moeten worden uitgesteld.
Het afzinken op de juiste plaats bleek het beste te verwezenlijken door de drijvende caisson zo hard mogelijk tegen de reeds afgezonken caisson te drukken. Daartoe duwden

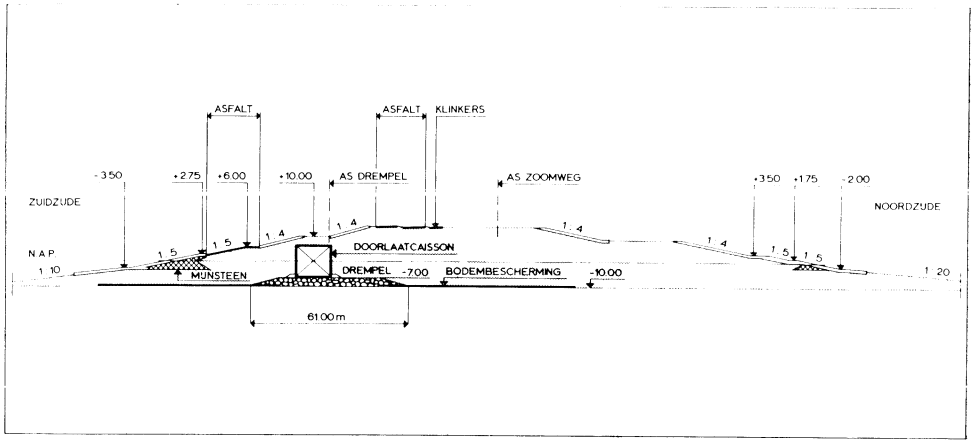


Stortsteen vult het laatst overgebleven gat

De stroom trekt door de nog openstaande doorlaatcaissons

de sleepboten 'Groenland' en 'Independent' voluit tegen de vrije kopwand van de drijvende caisson gedurende de gehele tijd dat die dwars op stroom lag. Alleen bij de laatste plaatsing kon bij gebrek aan ruimte niet op deze doeltreffende manier voor juiste plaatsing boven de drempel worden gezorgd. Daar waar de twee caissons tegen elkaar werden geduwd, kon de hoek waaronder de nieuwe caisson tegen de vorige aansloot, zo nodig worden gevarieerd door verschil aan te brengen in de dikte van de hardhouten opvullingen tussen de steunberen. De vrije zijde van elke nieuwe caisson moest echter worden 'ingezicht', dat wil zeggen door optische waarneming precies in de raai 'as der caissons' worden gebracht. Deze plaatsbepaling werd zeer bemoeilijkt door het feit dat elke caisson wel enige slagzij maakte. Hierdoor lag het midden van de bovenkant van de caisson, waar de waarnemer voor het inzichten stond, nimmer recht boven het midden van de onderkant, waar het bij de plaatsbepaling om begonnen was. Een eenvoudige berekening leert, dat de horizontale verschuiving op 15 meter – de afstand tussen de onderkant en de bovenkant der caissons – bij één graad slagzij 35 cm bedraagt. Met behulp van een hellingmeter en een schaalverdeling





van 35 cm per graad slagzij, kon de afwijking worden gecorrigeerd. De laatste caisson vormde ook in dit opzicht een uitzondering: hier werd aan beide einden het midden van de onderkant ingezicht. Het resultaat van deze eenvoudige methode van plaatsbepaling heeft goed voldaan.

Onmiddellijk nadat een caisson op de drempel was afgezonken, dienden in korte tijd nog een groot aantal handelingen te worden uitgevoerd. De langs- en kruisdraden waarmee de caisson aan de vorige was vastgemaakt, moesten worden verwijderd; zo ook de lieren waarmee de draden tijdens het zinken op spanning gehouden waren. Hierdoor werd vrij baan gemaakt voor auto's die de nu weer overbodige hulpstukken van de pas afgezonken caisson afvoerden. Zo spoedig mogelijk werd voor elektrische aansluiting gezorgd. Sleepboten zorgden voor de afvoer van de 16 drijfschotten, die door het losdraaien van de bovenvergrendeling – de onderste vergrendelingshaken waren al vóór het afzinken verwijderd – vrij waren gekomen. De drukschotten waren eveneens reeds vóór het afzinken afgevoerd.

Leuningen en bordessen werden afgebrand, de afsluiters in de bodem werden weer gesloten en ook tot de bodem van de ballastbak afgebrand. Nadat de caisson op deze manier was ontmanteld werden er, teneinde onderloopsheid te voorkomen, aanstortingen tegen de bodembak aangebracht; de naden tussen de caisson werden gevuld, en de bovenbak werd met zand volgestort.

De naden tussen de caissons werden als regel gevuld met loodslakken en steen 80/300 kg, soms ook zwaarder. Na het plaatsen van de laatste doorlaatcaisson bleef aan de oostzijde een naad over van 5 meter, gemeten tussen de uitstekende steunberen van de caissons. Deze ruimte werd afgeschermd met een paar torpedonetten, en vervolgens gevuld met 1815 ton loodslakken, 990 ton steen en 7 torpedonetten. De aanstortingen tegen de bodembak van elke afgezonken caisson werden zo spoedig mogelijk na het afzinken door de steenstorters 'Steenbok' en 'Ram' aangebracht. Ze werden opgebouwd uit loodslakken en steen 80/300 kg, in een hoeveelheid van 8 ton loodslakken en 3 ton steen per strekkende meter. Elke steenstorter kon voor 30 meter aanstortingsmateriaal meenemen.

De landhoofdcaissons en de ballastbakken van de doorlaatcaissons werden met zand gevuld vanuit depots, gelegen aan weerszijden van het sluitgat. Het zand in de ballastbakken werd met behulp van een trilslee afgetrild, waarna een 20 cm likke laag hoog-

Dwarsprofiel van de dam door het Volkerak ter plaatse van het sluitgat

ovenslakken werd aangebracht, geëgaliseerd en droog en nat ingewalst. Op die manier ontstond een ruwe weg over de caissons.

Toen op vrijdagmorgen 25 april te 11.27 uur de laatste doorlaatcaisson was afgezonken moest aan elke kant van de caissonrij nog 60 meter aanstorting worden aangebracht en gecontroleerd. In vorige gedeeltes waren inmiddels door verkenningen met de 'Krabbe' dunne plekken aan het licht gekomen, die nog dienden te worden aangevuld alvorens de schuiven van de doorlaatcaissons konden worden neergelaten. Teneinde daarenboven volledig zeker te zijn dat er geen onderloopsheid zou kunnen optreden, werd het veiliger geacht na het aanbrengen van alle aanstortingen nog een volledige controle te houden langs de gehele caissonrij. Op de laagwaterkentering van maandagmorgen 28 april omstreeks 9.15 uur werden de 192 schuiven van de 12 doorlaatcaissons neergelaten, en was de afsluiting van het Volkerak een hydraulisch feit. Onmiddellijk hierna werd begonnen met zandspuiten.
Van de Brabantse oever perste de 'Queen of Holland' en van de zijde van de Hellegatdam de 'Concorde' en de 'Versde' zand tegen de caissons. De onderslag van de opspuiting werd uitgevoerd als een vrij stort, terwijl het bovengedeelte werd opgespoten tussen perskaden van schraal zandasfalt. Binnen drie weken was de eerste miljoen m^3 zand van de totaal te verwerken hoeveelheid van 5,6 miljoen opgespoten.
In alle opzichten is de sluiting een succes geweest. Zowel de stroomgeleidende dam als de landhoofdcaissons hebben bijzonder goed voldaan. In de aan de eigenlijke sluiting voorafgaande periode zijn ontgrondingen opgetreden tot maximaal 5 meter, wat in vergelijking met de 12 à 13 m van het Veersche Gat gering is. Tijdens de plaatsing van de caissons is de verdieping nabij de landhoofden beperkt gebleven tot 1 à 2 m. In het middendeel van het sluitgat is, met name als gevolg van ebstroom, een verdieping opgetreden van maximaal 4,5 meter. Deze ontgronding is veroorzaakt door de hoge snelheden in het steeds verder vernauwde sluitgat, en niet door wervelstraten. De aanzethelling van de ontgrondingskuil bleef dan ook betrekkelijk flauw – 1 : 4 –, en er ontstond geen enkel gevaar voor de stabiliteit van de rand van de bodembescherming. De opgetreden ontgrondingen vertonen een goede overeenkomst met de voorspellingen die op basis van modelonderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium waren gedaan.

Operationele begeleiding van de Deltar bij de afsluiting van het Volkerak

Reeds vanaf 1962 is het elektrisch analogon 'Deltar' in gebruik bij het onderzoek naar de getijbeweging in het Deltagebied en de veranderingen die daarin optreden tengevolge van waterstaatkundige ingrepen, zoals de afsluiting van zeearmen. Bij de afsluiting van de zuidelijke Grevelingen in 1962, evenals bij de afsluiting van het Volkerak in april van dit jaar, werd de Deltar bovendien operationeel ingeschakeld. Het is de bedoeling in dit artikel de betekenis van de Deltar toe te lichten bij het opstellen van getijprognoses voor en tijdens de afsluiting van het Volkerak.
Men kan het werk dat de Deltar in dit verband heeft verricht in twee fasen verdelen. Allereerst voerde het analogon een voorspelling op lange termijn uit van de getijbeweging tijdens de sluitingsperiode van het Volkerak. Deze prognose werd geruime tijd voor de eigenlijke afsluiting verstrekt, ten behoeve van het op te stellen tijdschema voor de plaatsing van de doorlaatcaissons. Uitgangspunt bij deze voorspelling was de voorspelling van het astronomisch getij ter plaatse van de getijstations op de rand van het te beschouwen gebied te Stavenisse, Hellevoetsluis en Hoek van Holland, berekend uit 115 componenten, en de gemiddelde Rijn- en Maasafvoer over de maand april. Vervolgens werd de Deltar in meer eigenlijke zin operationeel ingezet tijdens de sluiting van het Volkerak, waarbij dan rekening gehouden moest worden met de afwijkingen die normaliter optreden tussen het berekende astronomische verticale getij ter plaatse van de genoemde getijrandvoorwaardestations en het aldaar in werkelijkheid optredende en geregistreerde getij. Deze afwijkingen worden eensdeels veroorzaakt door de windrichting en de windkracht, andersdeels door onvolkomenheden in de berekeningsmethode van de astronomische getijden. Verder kunnen er verschillen optreden doordat de Rijn- en Maasafvoer afwijkt van het gemiddelde waarvan voor de voorspelling op lange termijn werd uitgegaan, en door onvoldoende kennis van de afvoer- en verliescoëfficiënten van het sluitgat en de caissons. In het navolgende wordt de voorspellingstechniek meer in detail behandeld.

De opzet van de Deltar-proeven

Het gebied waarvan de Deltar de getijbeweging met elektrische stromen nabootst, omvat de wateren van het Deltagebied met inbegrip van de bovenrivieren Lek-Nederrijn,



De Deltar-zaal aan de Boorlaan te Den Haag

Waal en Maas, doch zonder het Oosterscheldegebied en het Grevelingenbekken. De zeewaartse begrenzingen van het gebied liggen ter plaatse van de registrerende peilschaalstations Stavenisse in de Keeten, Hellevoetsluis in het Haringvliet, en Hoek van Holland in de Nieuwe Waterweg. De verticale getijden te Stavenisse, Hellevoetsluis en Hoek van Holland, verder aan te duiden als de getijrandvoorwaarden, samen met de bovenafvoeren van Lek, Waal en Maas, en de rivierfiguratie van het betrokken gebied, met inbegrip van de daarmee samenhangende weerstandscoëfficiënt, zijn voldoende gegevens voor de nabootsing van de getijbeweging in het Deltagebied. In het hier besproken geval moesten aan deze gegevens nog de verlies- en afvoercoëfficiënten van het sluitgat in het Volkerak en van de te plaatsen caissons worden toegevoegd.

Om de rivierfiguratie te kunnen invoeren in de Deltar, werd het beschouwde Deltagebied met inbegrip van de genoemde bovenrivieren opgedeeld in een groot aantal vakken van een beperkt aantal kilometers. De gemiddelde diepte, die met behulp van peilkaarten was bepaald, en de stroomvoerende en bergende breedte van elk vak werd in een sectie van de Deltar als functie van de waterhoogte voorgesteld. Op de juiste geografische wijze met elkaar verbonden stellen de 120 secties van de Deltar ertoe in staat, de gevraagde getijbeweging elektrisch na te bootsen, mits de getijrandvoorwaarden en de bovenafvoeren gegeven zijn. In iedere sectie kunnen energiehoogten, waterstanden, stromen en snelheden – en wel de gemiddelde snelheden in het stroomvoerende dwarsprofiel – gemeten worden. Een getij in de Deltar duurt ongeveer $7\frac{1}{2}$ minuut. Teneinde de waterbeweging in het sluitgat en door de caissons met de Deltar te kunnen voorstellen werden een paar bijzondere secties bijgebouwd. In de bijzondere secties moeten de verlies- en afvoercoëfficiënten van het sluitgat en de doorlaatcaissons, nadat ze uit hydraulisch modelonderzoek zijn verkregen, worden ingesteld. Voor de caissons konden vaste gemiddelde waarden worden ingevoerd, terwijl de waarden van de beide coëfficiënten voor het sluitgat telkens na plaatsing van een caisson opnieuw moesten worden ingesteld. De mogelijkheid bleef overigens bestaan ze zo nodig gedurende de operatie zelve nog aan de hand van snelheidsmetingen op de drempel van het sluitgat te corrigeren. Een moeilijkheid daarbij was echter dat gedurende de operatie slechts in één punt op de drempel continue snelheidsmetingen konden worden verricht, en wel in het

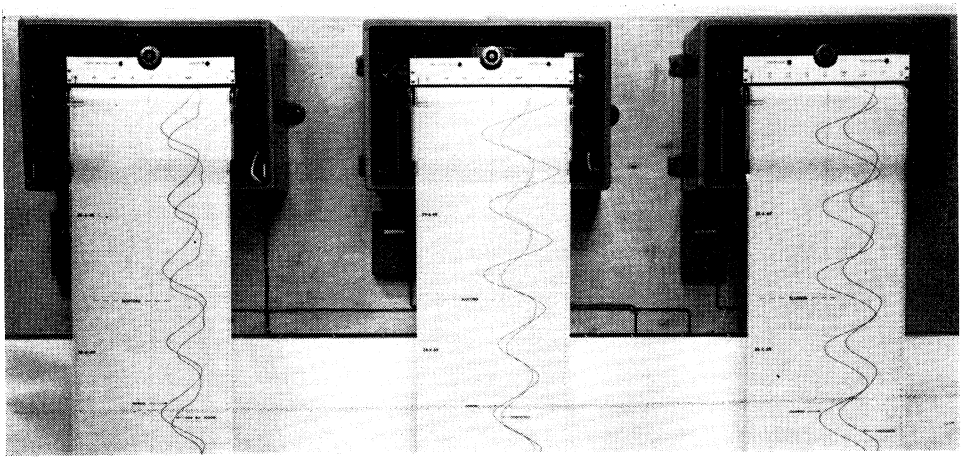
midden van de toekomstige plaats van caisson B6. De Deltar werkt echter steeds met gemiddelde snelheden in het effectieve stroomprofiel, zodat beide snelheden niet geheel vergelijkbaar zijn.
Daar de snelheid – het horizontale getij– in het sluitgat gedurende het getij verandert, waarbij de waterstanden – het verticale getij – mee veranderen, zullen ook de afvoer- en verliescoëfficiënten variëren. Vanwege de onvoldoende informatie die men op dit punt heeft is in de Deltar voor beide coëfficiënten gedurende de eb- en vloedperiode een gelijke, constante waarde ingevoerd.
Wanneer later, bij een eventuele nacontrole, de beschikbare gegevens uit de natuur bestudeerd zijn, zal er meer inzicht komen in de variabiliteit.

IJking van de Deltar

Evenals een hydraulisch model moet ook de Deltar aan de hand van natuurmetingen geijkt worden. Voor het ijken waren de resultaten van een aantal stroommetingen in het Volkerak ter plaatse van de ontworpen afsluitdam beschikbaar, en bovendien de simultaan gemeten verticale-getijkrommen van een groot aantal peilschaalstations.
Om de uitkomsten van de Deltar nogmaals te controleren, vooral ten aanzien van de tijdstippen van de H.W.-kenteringen – waarop immers de caissons zouden worden geplaatst – werd de getijbeweging in het beschouwde Deltagebied nagebootst voor de maand april 1968. Hierbij werd onder meer uitgegaan van de werkelijke getijden ter plaatse van de getijrandvoorwaarden en de dagelijkse Rijn- en Maasafvoeren in de maand april 1968. In deze maand waren namelijk continue metingen verricht van de stroomsnelheid en de stroomrichting met behulp van fotografisch registrerende apparatuur, die was opgesteld in de onmiddellijke omgeving van de toen nog in aanleg zijnde drempel van het sluitgat. Vergelijkt men de geregistreerde tijden van de hoogwaterkentering met de uitkomsten die de Deltar voorspelde op basis van de werkelijke randvoorwaarden en bovenafvoeren, dan zijn de Deltar-uitkomsten redelijk te noemen. Bij vergelijking van deze Deltar-uitkomsten met de resultaten die de Deltar kreeg op basis van een uit 115 componenten berekend getij en een over 25 jaar gemiddelde bovenafvoer voor de maand april, was het verrassend, dat de verschillen in de tijden van hoogwaterkentering zo gering zijn, terwijl er toch afwijkingen voorkwamen tussen de geregistreerde getijden te Stavenisse, Hellevoetsluis en Hoek van Holland en de voor diezelfde punten voorspelde getijden op basis van 115 componenten, zoals hiervoren is vermeld.

De voorlopige voorspelling voor de Volkerakafsluiting

De getijcomponenten bij de randstations werden als volgt bepaald.
Uit een jaarwaarneming van de waterstanden over 1968 te Stavenisse, Hellevoetsluis en Hoek van Holland werd een harmonische getijanalyse gemaakt volgens de methode der kleinste kwadraten. Hiervoor werden 115 componenten beschouwd. Bij eerder uitgevoerde voorspellingen was gebleken dat men met minder componenten niet toekon, omdat anders de specifieke vorm van de verticale getijkrommen omstreeks laagwater te Hoek van Holland en te Hellevoetsluis, en van de hoogwaterkop te Stavenisse bij de latere samenvoeging der componenten niet geheel tot zijn recht kwam.



Registratie in de Deltar-zaal van het verticaal getij in verschillende peilschaalstations

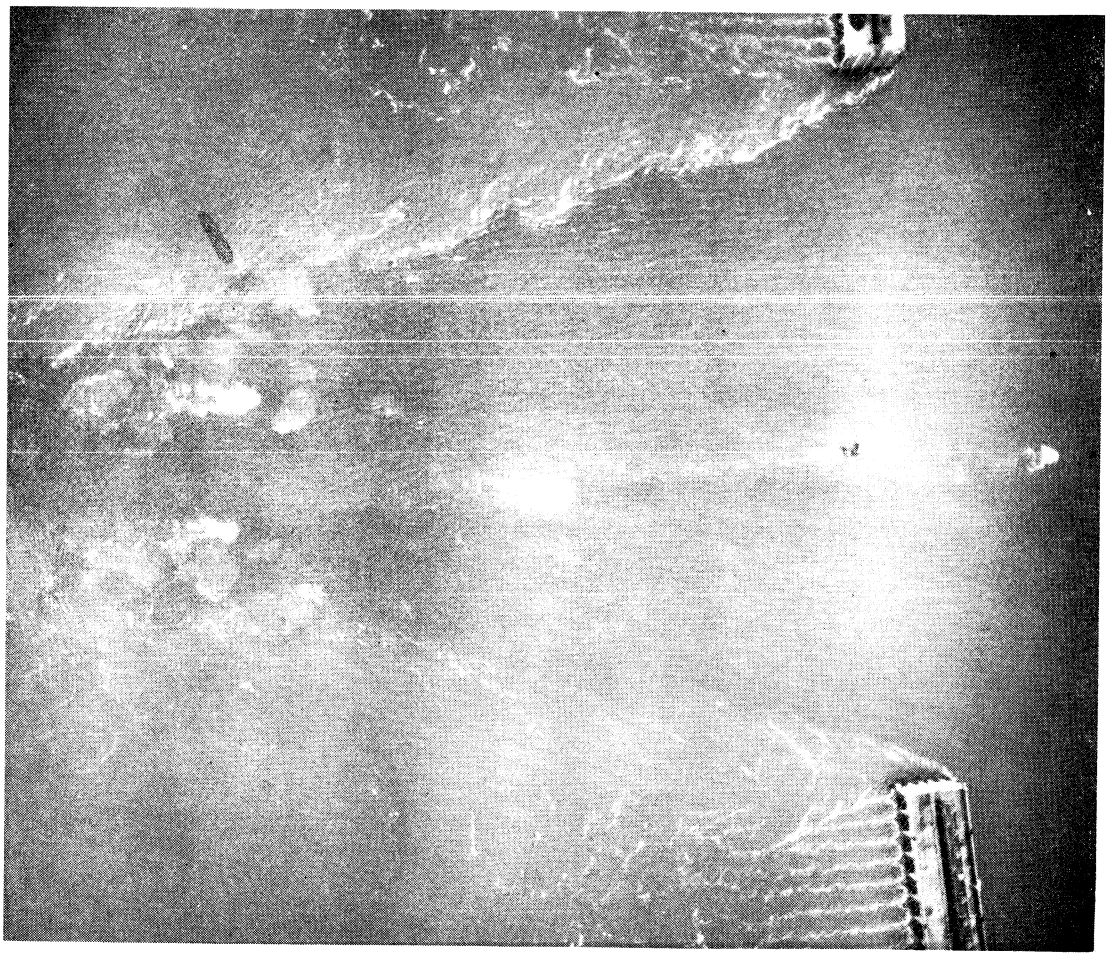
Een verder noodzakelijk gegeven was de te verwachten afvoer van de Rijn en van de Maas gedurende de maand april 1969. Voor de Rijnafvoer te Lobith werden de aprilmaanden beschouwd van de voorafgaande 25 jaren. De gemiddelde afvoer van de Rijn in april kan over die periode worden gesteld op 2450 m^3/sec, die van de Maas op 350 m^3/sec. Met de aldus verkregen informatie betreffende de te verwachten verticale-getijrandvoorwaarden en de berekende Rijn- en Maasafvoer werd voor de maand april 1969 met de Deltar de getijbeweging in het Volkerak nagebootst, waarbij een van te voren ingediend voorlopig programma voor de plaatsing van de caissons ten tijde van de hoogwaterkenteringen werd aangenomen.

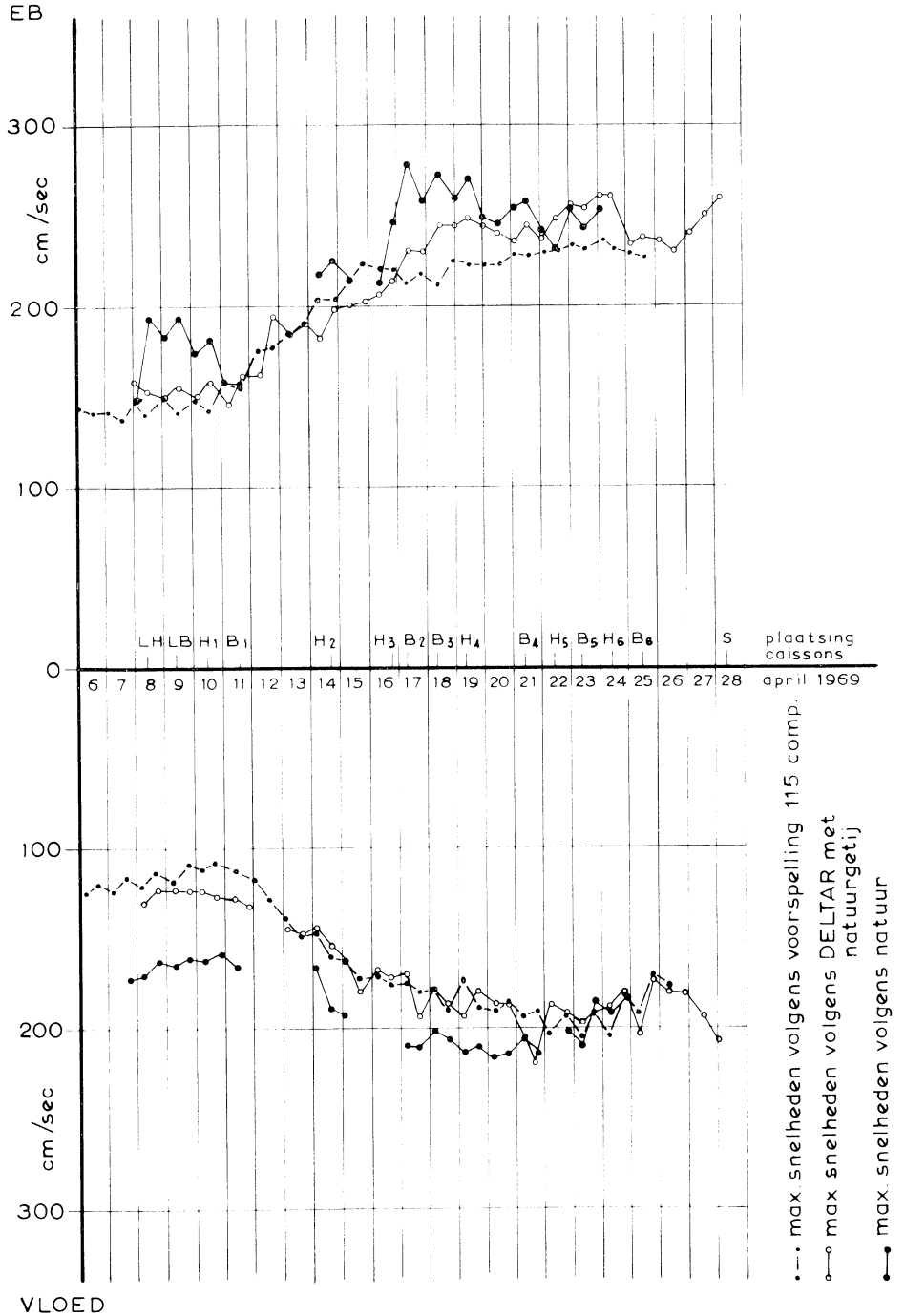
De getijvoorspelling gedurende de afsluitingsperiode, in het bijzonder de kenteringstijden na H.W.

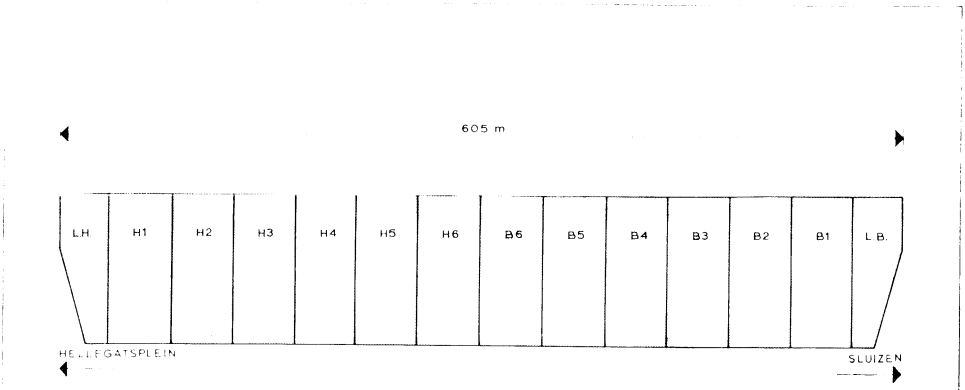
Om gedurende de operationele inzet onmiddellijk over de in de natuur voorkomende verticale-getijkrommen ter plaatse van de getijrandvoorwaardestations te kunnen beschikken, werden de door de peilschrijvers aldaar gemeten waterstanden van ogenblik tot ogenblik elektrisch overgebracht en via door de P.T.T. ter beschikking gestelde telefoonkanalen doorgegeven naar de Deltarzaal aan de Boorlaan te 's-Gravenhage. De binnenkomende signalen der peilschrijvers werden daar op banden geregistreerd. Ter controle van de uitkomsten van de Deltar werden op overeenkomstige wijze tevens de getijkrommen te Moerdijk, Tiengemeten Oost en Dintelsas naar de Deltarzaal doorgegeven en aldaar geregistreerd. In de Deltarzaal stonden voor dit doel drie recorders opgesteld, die elk de waterstanden ter plaatse van twee peilschaalstations registreerden. Met behulp van deze registraties werden de vooraf voorspelde verticale-getijrandvoorwaarden gecorrigeerd. Windgegevens, zoals windrichting en windkracht, gemeten op het lichtschip Goeree, werden via het filiaal van het K.N.M.I. te Zierikzee telefonisch doorgegeven naar de Deltarzaal in Den Haag, evenals de weersverwachting voor het be-

Maximale snelheden in het sluitgat tijdens de sluitingsperiode

Wervelstraten in het sluitgat van het Volkerak, op 21 april 1969

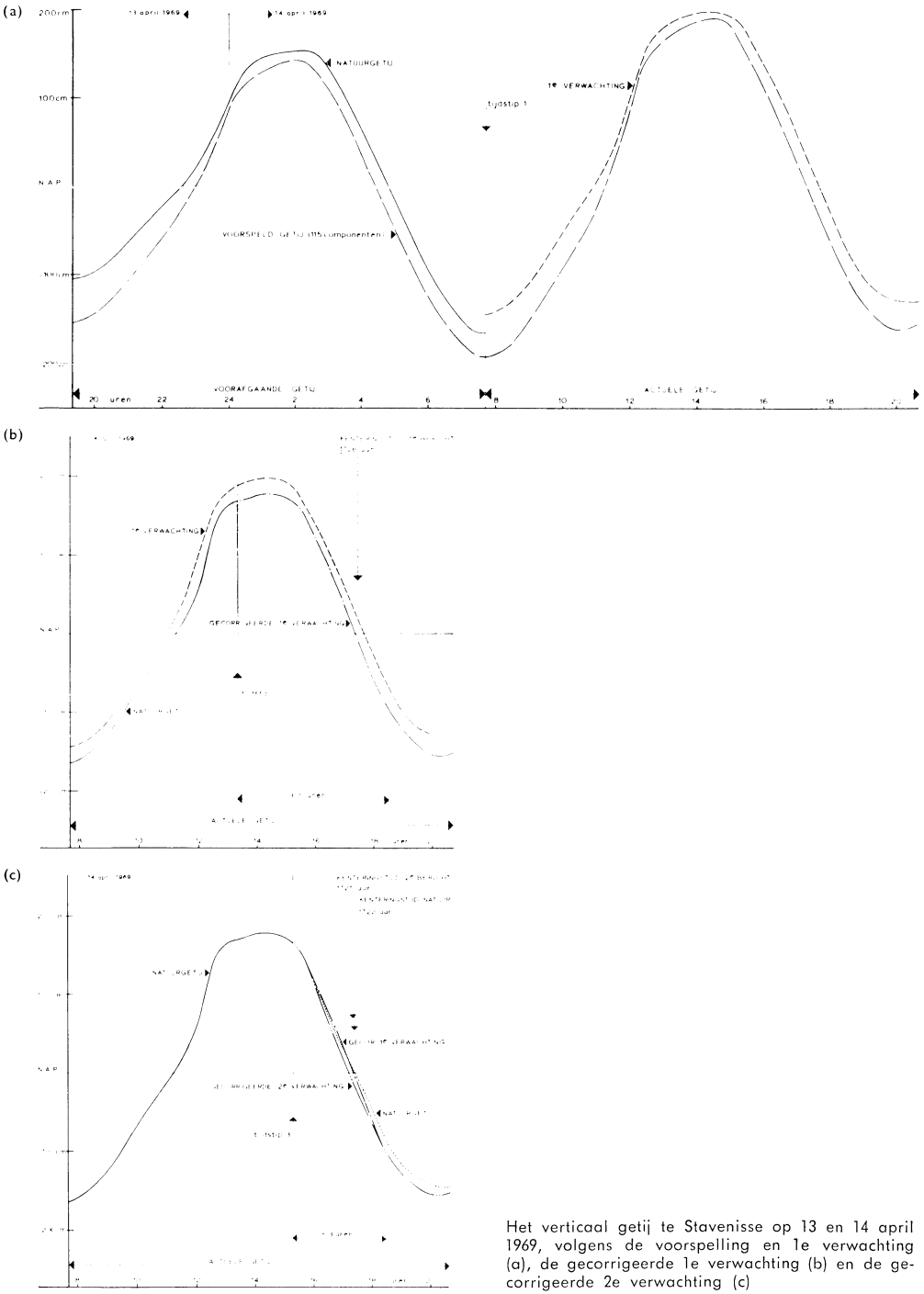



EB
300
cm/sec
200
100
0
LH LB H1 B1 H2 H3 B2 B3 H4 B4 H5 B5 H6 B6 S
plaatsing caissons
6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28
april 1969
100
200
cm/sec
300
VLOED
max. snelheden volgens voorspelling 115 comp.
max snelheden volgens DELTAR met natuurgetij
max. snelheden volgens natuur



APRIL 1969	TIJDSCHEMA OPGESTELD IN MAART 1969		UITVOERING PLAATSING CAISSONS IN APRIL 1969					
	VOLGORDE PLAATSING CAISSONS	TIJD H.W. KENTERING	VOLGORDE PLAATSING CAISSONS	VOORSPELLING 1e BERICHT	VOORSPELLING 2e BERICHT	H.W. KENTERING SLUITGAT NATUUR	H.W. KENTERING CAISSONS NATUUR	TIJD VAN PLAATSING CAISSONS
6		08.48						
7		09.18						
8	L.H.	09.58	L.H.	10.04	10.07	10.09	09.57	09.52
9	L.B.	10.47	L.B.	10.58	11.02	11.00	10.49	10.46
10	H1	11.55	H1	12.09	12.05	12.01	12.03	11.47
11	B1	13.28	B1	13.32	13.34	13.52?	13.35	13.33
12	H2	15.05						
13		16.25						
14	B2	17.25	H2	17.26	17.21	17.22		17.22
15	H3	18.10						
16	B3	18.48	H3	18.49	18.54	18.46	18.46	18.40
17		06.55	B2	07.02	07.02	06.53		06.54
18	H4	07.30	B3	07.35	07.29	07.26	07.20	07.27
19		08.05	H4	08.11	08.05	08.01	08.01	07.52
20		08.35						
21	B4	09.05	B4	09.05	09.05	09.04	09.05	09.07
22	H5	09.30	H5	09.33	09.25	09.36	09.28	09.27
23	B5	10.02	B5	10.05	10.08	10.11	10.05	10.06
24	H6	10.35	H6	10.43	10.49	10.55	10.38	10.43
25	B6	11.27	B6	11.21	11.26	11.34	11.26	11.27
SLUITING SCHUIVEN TIJDENS L.W. KENTERING								
27		21.00						
28		09.17						09.14

treffende Deltagebied. Ook kwamen daar elke morgen informaties binnen betreffende de Rijn-, Waal-, Nederrijn- en Maasafvoer.
Bovendien was er een directe telefoonverbinding tussen het directiekantoor van de Deltadienst aan het Volkerak en de Deltarzaal in Den Haag. Deze verbinding werd enerzijds gebruikt voor het doorgeven van de informaties van de Deltar, met name de voorspelde kenteringstijden en snelheden, en anderzijds voor het overbrengen van waarnemingen in het sluitgat, zoals gemeten waterstanden en snelheden aan weerszijden van de drempel, die van belang waren voor de controle van de Deltar.
Reeds gedurende de maanden januari tot en met maart 1969 waren de verbindingen met de getijrandvoorwaardestations tot stand gebracht, teneinde vooraf inzicht te verwerven in de verschillen die verwacht mochten worden tussen het voorspelde en het daar optredend werkelijke tij. De windinvloed bleek, overeenkomstig de verwachtingen, de belangrijkste oorzaak te zijn van afwijkingen. Aangezien de wind vooral in ons land van grote invloed kan zijn op het natuurlijke getij, lag het voor de hand, gedurende de sluitingsoperatie zoveel mogelijk uit te gaan van de natuurgetijden. Dit is uiteraard niet mogelijk gedurende een beperkt aantal uren vóór het moment van sluiting. In die periode werd het voorspelde getij met 115 componenten als richtlijn gebruikt. Correcties daarop werden nog aangebracht aan de hand van geconstateerde afwijkingen tussen het voorspelde getij en het natuurgetij daaraan voorafgaande.
Ten behoeve van hen die met de uitvoering van de sluitingsoperatie waren belast, werd een eerste gecorrigeerde voorspelling uitgegeven drie uur vóór het tijdstip van de volgens de voorspelling op lange termijn verwachte hoogwaterkentering. Bij de verstrekking van dit gegeven werd ook het verloop van de snelheden in het sluitgat van drie uur vóór tot één uur na de kentering opgegeven; daarna werd nog een tweede voorspelling gegeven één uur voorafgaande aan de laatst verwachte tijd van hoogwaterkentering, weer met het verloop van de snelheden van drie uur vóór tot één uur na de kentering. Bij het invoeren van de informaties betreffende de getijrandvoorwaarden moest een marge van vier getijden – twee etmalen in de natuur, een half uur in de Deltar – in acht worden genomen om inspeelverschijnselen van de Deltar te laten uitdempen. Daar het vervaardigen van het laatste gedeelte van de ponsbanden, inclusief de controle, ook een half uur vergde, moesten de voorspelde waterstanden voor het eerste bericht gedurende ongeveer vijf uren worden gecorrigeerd, en voor het tweede bericht gedurende ongeveer drie uren. De daaraan voorafgaande waterstanden waren afkomstig van registraties van het natuurgetij.
De eerste nadere voorspelling van de getijbeweging werd als volgt verkregen. De verschillen tussen de voorspelling en de registratie van het vorige getij werden op het actuele voorspelde getij gesuperponeerd, en wel zo dat de afstand tussen de lijnen van voorspeld en gecorrigeerd getij bij beide getijden steeds even groot was. Met het voortschrijden van de tijd werden de werkelijk opgetreden waterstanden bekend, en daarmee de verschillen tussen de werkelijkheid en de eerste verwachting. Op basis



Het verticaal getij te Stavenisse op 13 en 14 april 1969, volgens de voorspelling en 1e verwachting (a), de gecorrigeerde 1e verwachting (b) en de gecorrigeerde 2e verwachting (c)

van dat verschil werd voor de laatste vijf uur van het actuele getij nogmaals een correctie op de verwachting aangebracht. Van de waterstanden ter plaatse van de randstations werden ponsbanden gemaakt van de vier voorafgaande getijden, gevolgd door de waterstanden volgens de gecorrigeerde eerste verwachting. Met behulp van deze banden werd het verticale getij ter plaatse van de getijrandvoorwaarden in de Deltar ingevoerd; ook de werkelijke Rijn- en Maasafvoeren werden ingesteld, en de getijbeweging, dus stromen en waterstanden, werd dan op basis van die gegevens berekend, alsook het tijdstip van hoogwaterkentering in het sluitgat. Dit tijdstip werd, samen met de verlangde gegevens omtrent de stroomsnelheden, naar Willemstad doorgegeven als eerste bericht. Afwijkingen die tussen 5 en 3 uur voor het einde van het actuele getij nog werden gesignaleerd tussen het werkelijke getij en de eerste gecorrigeerde verwachting, dienden als richtlijn voor het aanbrengen van nieuwe correcties op de waterstanden, en het opstellen van een nader gecorrigeerde verwachting voor de laatste drie uren. Zoals vanzelf spreekt moest het ponsbandgedeelte dat door de feiten achterhaald was, worden vervangen door een registratie van de werkelijke waterstanden, en de eerste verwachting zodra dat mogelijk was door de tweede. Met deze ponsbanden werd opnieuw in de Deltar gerekend, en werd opnieuw een hoogwatertijdstip en een verloop van de stroomsnelheden vastgesteld. Deze verwachting werd één uur voor de kentering nog doorgegeven als tweede bericht. Voor de laatste aprildagen zijn ook de tijden van laagwaterkentering voorspeld, aangezien uit Deltarmetingen was gebleken dat het verstandig zou zijn de schuiven van de caissons neer te laten tijdens de laagwaterkentering, in verband met het onmiddellijk daarop volgende verval over de caissons in de vloedperiode. Waterloopkundig gesproken is de afsluiting van het Volkerak pas een feit geworden op 28 april, des morgens om 9.15 uur, toen tijdens de laagwaterkentering de schuiven werden neergelaten.

Reeds werd erop gewezen dat de maximale snelheden die in de Deltar worden gemeten maximale gemiddelde snelheden zijn over het gehele dwarsprofiel, en die welke werden gemeten in de natuur de maximale gemiddelde snelheden in de snelheidsverticaal in één punt op de drempel, in het midden van het sluitgat. Volgens uitvoerige stroommetingen op 22 maart en 19 en 20 april van dit jaar bedroeg de afwijking tussen de twee genoemde maximale snelheden zowel tijdens de vloed als tijdens de eb 15%. Bij het nauwer worden van het sluitgat werden de verschillen kleiner, begrijpelijk als men bedenkt dat de stroom zich in de slotfase van de sluiting regelmatiger over het vernauwde sluitgat verdeelde.

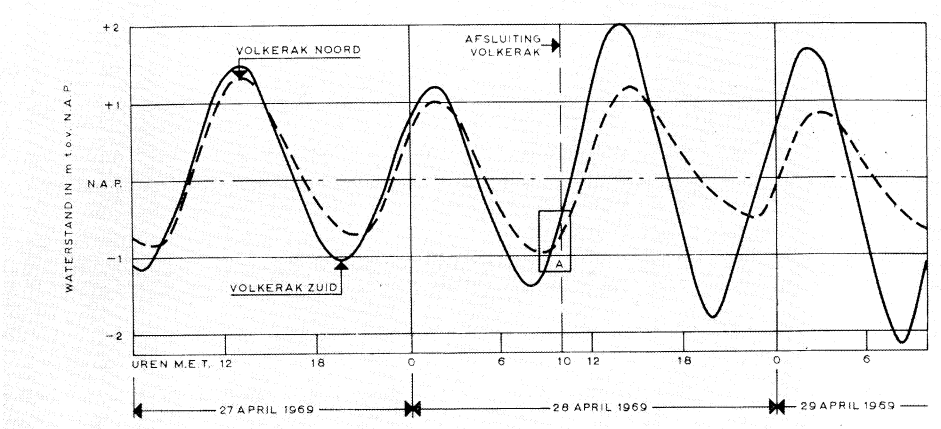
Omtrent de waarde van de doorstroom- en verliescoëfficiënten van het sluitgat en de caissons bestond, zoals boven opgemerkt, onzekerheid. Aanvankelijk had men het plan de waarden tijdens de operatie aan te passen, maar toen in het begin van de operationele fase bleek dat deze coëfficiënt maar geringe repercussies heeft op de snelheden in het sluitgat, werd besloten de oorspronkelijk gestelde coëfficiënten steeds aan te houden.

Overziet men de met de Deltar verkregen resultaten, dan is de conclusie gewettigd dat het analogon zowel bij het opstellen van het tijd- en plaatsingsschema als in de operationele fase van de sluiting van veel nut is geweest. Men mag daaruit niet opmaken dat dat bij elke sluiting zo zou wezen, of dat de Deltar overal van gelijk nut zou kunnen zijn. Naar het zich laat aanzien heeft vooral de gunstige geografische positie van het Volkerak, nabij de samenvloeiing van twee grote zeearmen, in belangrijke mate tot het succes bijgedragen.

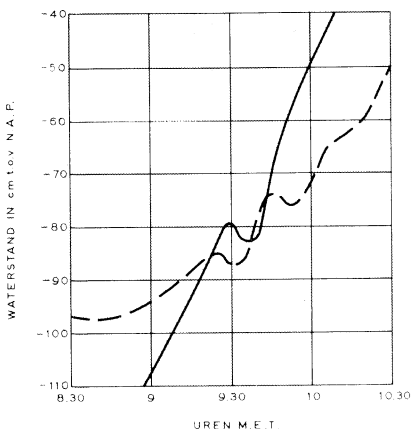
Toetsing van de voorspelde veranderingen van de verticale getijbeweging in het Deltagebied als gevolg van de afsluiting van het Volkerak

Voordat het Volkerak werd afgesloten, is door de Deltadienst een aantal voorspellingen opgesteld over de invloed die deze afsluiting zou hebben op de getijbeweging in het noordelijk en zuidelijk Deltagebied. In Driemaandelijks Bericht nr. 45 (augustus 1968) is een overzicht gegeven van de voorspelde veranderingen bij een Bovenrijnafvoer van 2200 m³/sec. en een gemiddeld getij in zee waarvan de hoog- en laagwaterstanden overeenkomen met de gemiddelde H.W.- en L.W.-standen over de periode 1950–1960.
Na de afsluiting van het Volkerak heeft men de voorspellingen voor zover mogelijk aan de natuur getoetst. Hiertoe zijn de getijgegevens verzameld over de periode vanaf de afsluiting van het Volkerak tot ongeveer een maand na de sluiting. Daarnaast zijn of worden zowel in het noordelijk als het zuidelijk Deltagebied stroommetingen uitgevoerd. De resultaten van deze stroommetingen zullen pas in een later stadium ter beschikking komen. De afsluiting van het Volkerak in waterloopkundige zin bestond uit het sluiten van de schuiven van de doorlaatcaissons, op 28 april 's morgens omstreeks 9.15 uur vlak na de laagwaterkentering. In de periode die onmiddellijk aan de sluiting voorafging werd de getijbeweging reeds in geringe mate beïnvloed door de verkleining van het doorstroomprofiel in het Volkerak. Na de afsluiting moest enige tijd verlopen voor de getijbeweging zich op de nieuwe situatie had ingesteld. Deze aanpassing bleek zoals verwacht een snelverlopend proces te zijn; reeds na enige getijden had ze haar beslag gekregen (zie fig. 1). Daarnaast bleken, in de onmiddellijke nabijheid, zowel ten noorden als ten zuiden van de caissons, kleine translatiegolven op te treden op het moment van de definitieve sluiting.
Daar het gemiddelde getij, waarvan de hoog- en laagwaterstanden overeenkomen met de gemiddelde H.W.- en L.W.-standen, in de werkelijkheid zeer weinig voorkomt, werd voor de toetsing van de voorspellingen aan de natuurwaarnemingen de volgende methode gevolgd. De H.W.- en L.W.-standen van de verschillende stations werden gecorreleerd aan een station waarvan verwacht mag worden dat de verticale getijbewegingen niet door de afsluiting van het Volkerak werden beïnvloed. Voor het noordelijk Deltagebied is hiervoor het station Hoek van Holland gebruikt, en voor het zuidelijk Deltagebied het station Vlietepolder in de mond van de Oosterschelde. Wanneer de Bovenrijnafvoer gedurende de onderzochte periode nu maar voortdurend 2200 m³/sec zou bedragen, zouden de veranderingen op eenvoudige wijze uit boven aangeduide correlatie afgeleid kunnen worden. De sterk veranderlijke Rijnafvoer compliceerde het probleem echter. Gedurende de onderzochte periode varieerde de Bovenrijnafvoer in het benedenriviergebied ten noorden van het Volkerak van ± 5000 m³/sec aan het begin van de onderzochte periode tot ± 2000 m³/sec aan het einde van deze periode (zie fig. 2). Teneinde toch een indruk te krijgen van de toestand bij een gemiddelde rivierafvoer werden in het noordelijk bekken slechts die waarnemingen voor de toetsing in beschou-

1.

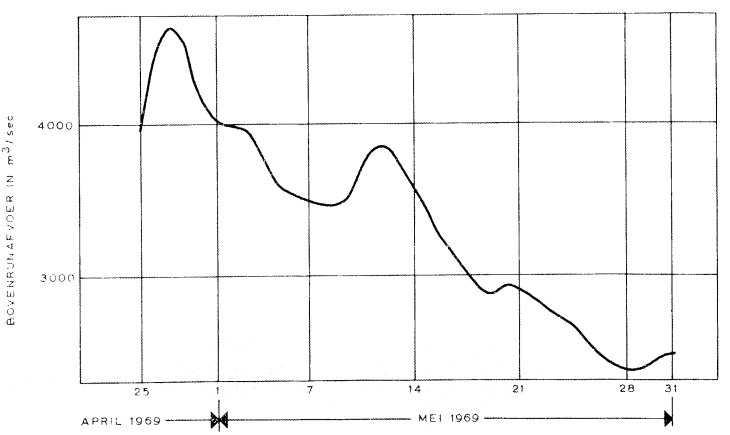


1A.



1. Het verticaal getij in de stations Volkerak-noord en Volkerak-zuid onmiddellijk voor en na de afsluiting. Detail A geeft een beeld van de snelle schommelingen op het moment van de afsluiting

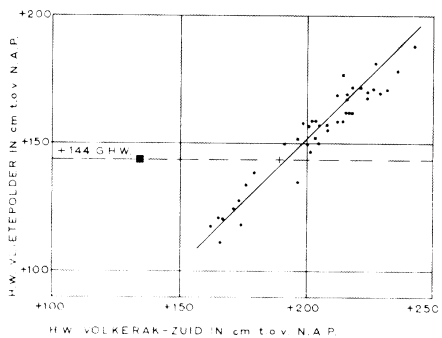
2.

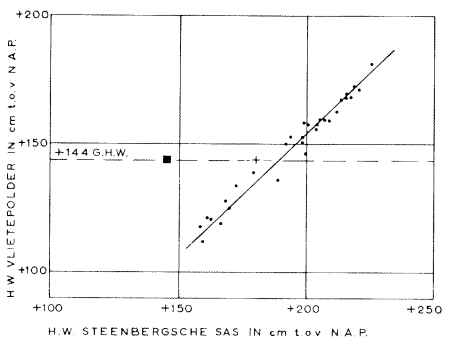


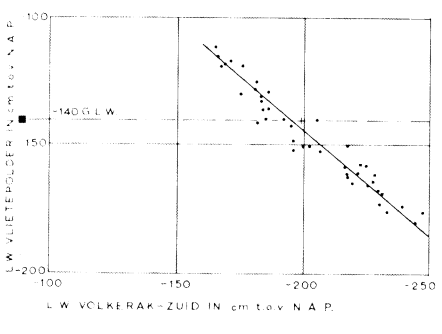
2. Bovenrijnafvoer in de maanden april en mei 1969

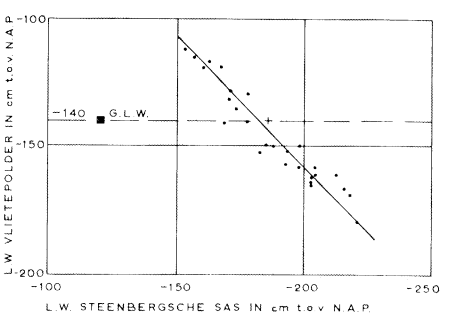
wing genomen waarbij de rivierafvoer kleiner was dan 3000 m³/sec. Voor wat betreft het zuidelijk Deltagebied konden alle waarnemingen in beschouwing genomen worden daar de getijbeweging in dit gedeelte van het Deltagebied na de afsluiting van het Volkerak niet meer beïnvloed werd door de opperwaterafvoer.
In de figuren 3 tot en met 6 is de correlatie in beeld gebracht tussen de registraties van de H.W.- en L.W.-standen in de stations Volkerak-Zuid, Steenbergsche Sas, Bruinisse en Stavenisse en die van het station Vlietepolder in de Oosterschelde. Ook de voorspellingen van de H.W.- en L.W.-standen na de Volkerak-afsluiting bij gemiddeld getij in zee, die werden gepubliceerd in het Driemaandelijks Bericht van augustus 1968, zijn in deze figuur opgenomen. Uit de figuren valt af te lezen dat de hoogwater- en laagwaterstanden te Stavenisse nagenoeg niet veranderd zijn, en dat de hoogwaterstanden in de

3-6. Correlatie tussen de registraties van de H.W.- en L.W.-standen in de stations Volkerak-zuid, Steenbergsche Sas, Bruinisse en Stavenisse enerzijds en het station Vlietepolder in de Oosterschelde anderzijds









+ VOORSPELDE WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE NA AFSLUITING VOLKERAK

■ WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE VOOR AFSLUITING VOLKERAK

• NATUURWAARNEMINGEN

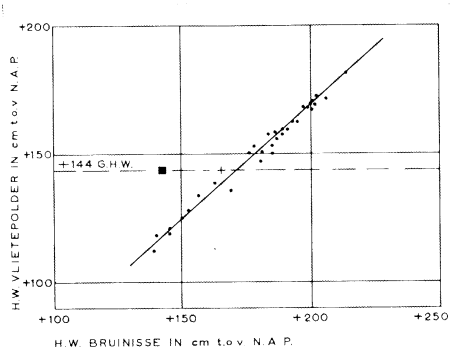
+ VOORSPELDE WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE NA AFSLUITING VOLKERAK

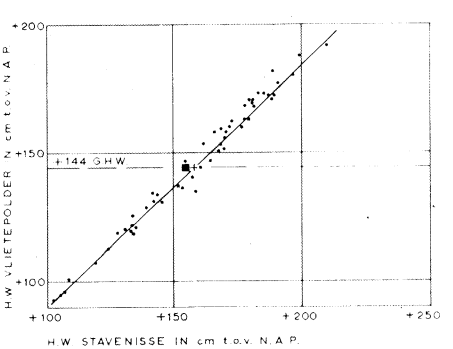
■ WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE VOOR AFSLUITING VOLKERAK

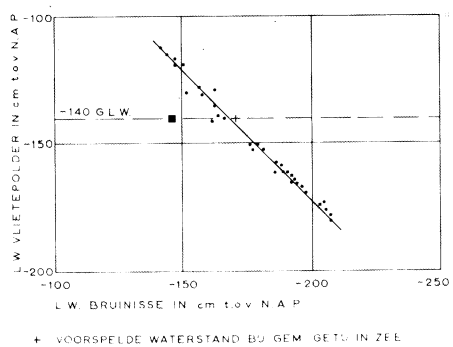
• NATUURWAARNEMINGEN

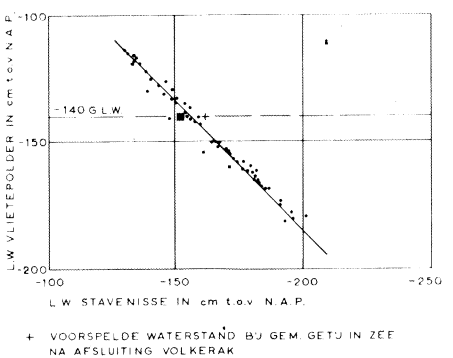
stations Bruinisse en Volkerak-Zuid minder dan 5 cm afwijken van de voorspelling. Te Steenbergsche Sas blijken de hoogwaterstanden hoogstens 10 cm te laag te zijn voorspeld. Bij vergelijking over een veel langere periode zou nog kunnen blijken dat de verhogingen kleiner worden. In de maand mei zijn de waterstanden in het algemeen wat hoger geweest dan het jaargemiddelde.

In de figuren 7 en 8 is voor het noordelijk Deltagebied hetzelfde gedaan. De hoogwater- en laagwaterstanden van de stations Tiengemeten en Moerdijk zijn daar gecorreleerd aan de overeenkomstige H.W.- en L.W.-standen te Hoek van Holland. Daar het getij in het noordelijk Deltagebied vooral in de rivierwaarts gelegen stations afhankelijk is van de opperwaterafvoeren, is in dit gebied het reeds vermelde onderscheid gemaakt tussen waarnemingen bij Bovenrijnafvoeren kleiner en groter dan 3000 m³/sec. Ook hier zijn de voorspelde H.W.- en L.W.-standen na de afsluiting van het Volkerak bij gemiddeld getij in zee en in dit geval ook bij gemiddelde rivierafvoer in de correlaties opgenomen. Wederom blijkt de voorspelling van de veranderingen van de getijbeweging als gevolg van de Volkerakafsluiting in bevredigende mate met de werkelijkheid overeen



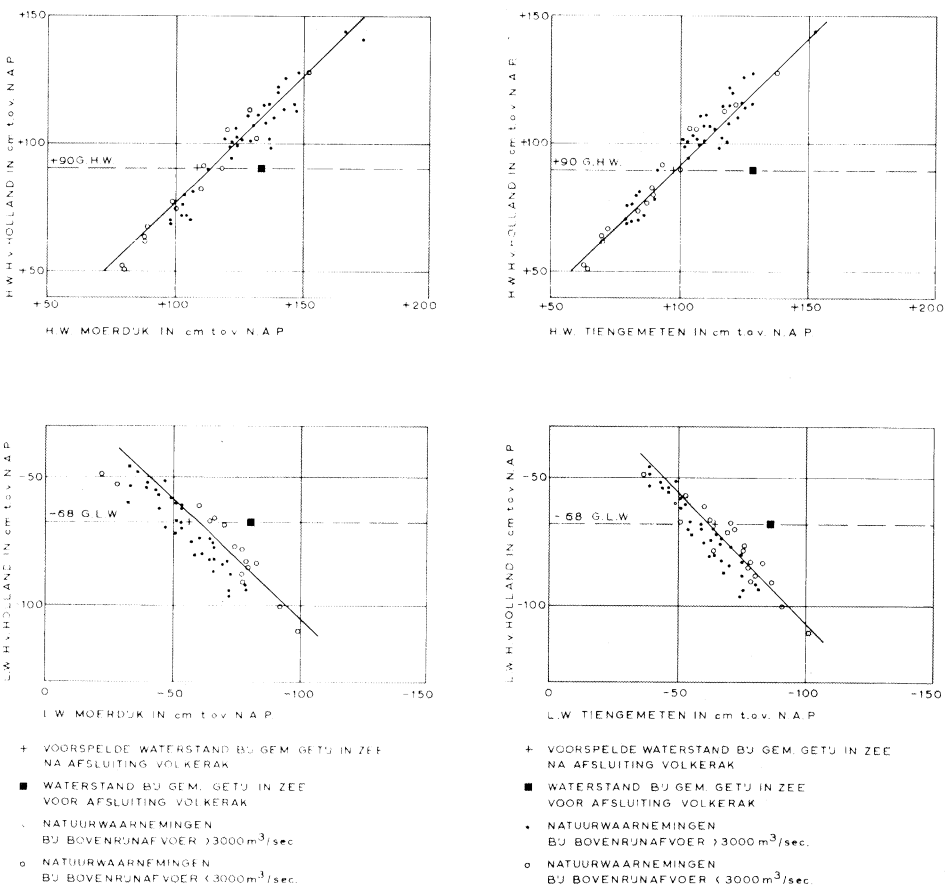






te stemmen. Ter vergelijking zijn in de figuren 3 tot en met 8 de overeenkomstige H.W.- en L.W.-standen van vóór de afsluiting van het Volkerak eveneens weergegeven.
Verder kan nog worden meegedeeld dat is berekend welke stormvloedstanden in het zuidelijk Deltagebied zouden zijn opgetreden onder de omstandigheden die de ramp van 1 februari 1953 veroorzaakte. Bij deze berekeningen is gebruik gemaakt van het elektrisch analogon 'Deltar'. Gebleken is dat een stormvloedstand veroorzaakt door de omstandigheden van 1 februari 1953 ten gevolge van de afsluiting niet zoveel hoger zou zijn geworden als het gemiddeld getij. Onmiddellijk ten zuiden van het Volkerak zou deze verhoging hoogstens 50 cm hebben bedragen, en bij Bruinisse ten hoogste 25 cm, dat wil zeggen dat het water op die twee punten een hoogte zou hebben bereikt van respectievelijk 4,90 en 4,65 m boven N.A.P., dat ruim is beneden de bestaande kruinhoogten ter plaatse.

7-8. Correlatie tussen de registraties van de H.W.- en L.W.-standen in de stations Tiengemeten en Moerdijk enerzijds en het station Hoek van Holland anderzijds



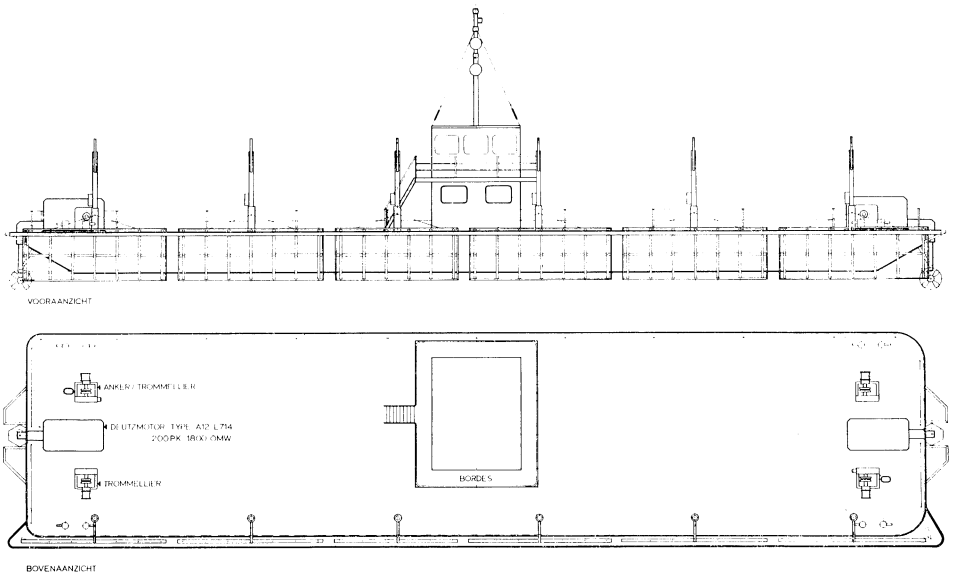
De 'Krabbe'

De enorme uitbreiding van de scheepvaart zowel ter zee als op de binnenwateren heeft in onze eeuw onder meer geleid tot een steeds groeiende vraag naar gegevens omtrent de bodemfiguratie van scheepvaartroutes en rivieren. De zeegaten in ons kustgebied, met hun zich snel verplaatsende zandbanken en ondiepten, vereisten daarbij wel een bijzonder frequente en nauwkeurige opneming van de bodemfiguratie. Pas door de uitvinding en toepassing van het echolood omstreeks 1925 kon aan de sterk vergrote behoefte aan peilgegevens weer worden tegemoetgekomen. Principe van het echolood is de nauwkeurige meting van de tijd die een vanuit een schip naar de bodem uitgezonden signaal nodig heeft om na weerkaatsing zijn punt van uitgang weer te bereiken. Rekent men die tijd aan de hand van de voortplantingssnelheid van geluidsgolven door water, ongeveer 1450 meter per seconde, om in afstand, dan is daarmee de diepte van het water op het punt van loding bekend. Naast een klok waarop men de lodingsresultaten meteen afleest, kan op het echolood ook een toestel voor automatische registratie van de gegevens worden aangesloten. Een pen tekent dan van links naar rechts de gemeten diepte aan op een strook papier die er met gelijkmatige snelheid in verticale richting onderdoorgetrokken wordt. De diepte wordt in dat geval afgelezen langs een horizontaal geplaatst liniaaltje met schaalverdeling.
Het voordeel van dit zelfregistrerende echolood is dat het ook bij snel varende schepen doorlopend, en bij niet te grote diepte meermalen per seconde de diepte optekent en dus bij het volgen van een rechte koers als het ware een doorsnede van de bodem geeft ter plaatse van de projectie van de koerslijn. Zelfs bij grote snelheden mag men aannemen dat gezien de vele lodingen per seconde alle oneffenheden van de bodem kunnen worden opgemerkt. De mogelijkheid blijft evenwel bestaan dat een rots of klip, die zelfs maar enige meters naast de koerslijn ligt, niet geregistreerd wordt.
De enige mogelijkheid om zekerheid te verkrijgen omtrent het bodemprofiel over een enigszins brede geul is het aftasten met een echolood van een aantal dicht naast elkander liggende raaien, omdat alleen dan zekerheid verkregen is over de dichtheid van de lodingen in de vaarrichting.
Vóór de uitvinding en toepassing van het echolood werden drukbevaren vaargeulen, zoals bevoorbeeld de Bankastraat en Straat Riouw in Indonesië, wel afgedregd door een kabel op zekere diepte te spannen tussen twee gelijkopvarende schepen. Men kon dan, als de kabel nergens bleef steken, zeggen dat er geen opstakels uitstaken boven de gekozen diepte. Minder nauwkeurig kon hetzelfde gedaan worden door een schip dat als een mijnenveger met paravanen was uitgerust.

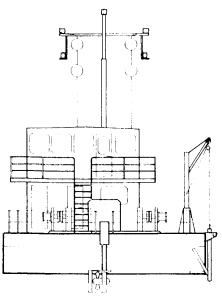
Deze wat primitieve manier van verkennen is toch wel heel praktisch. De meeste navigators stellen immers heel wat minder vragen dan het echolood beantwoordt. Wat zij willen weten is niet hoe diep het water ergens is, maar of het diep genoeg is om een schip van zekere diepgang te laten passeren. De 'Krabbe', het nieuwste meetschip in gebruik bij de Deltadienst, is ontworpen op basis van juist deze praktische vraagstellingen. Het in Duitsland gebouwde prototype van deze 'bodembeschrijver', de eerste 'Bodenkartenschreiber' dus, bestond uit een meetschip met aan beide zijden uitklapbare armen, elk ongeveer twintig meter lang en voorzien van 20 ultrasonore zenders/ontvangers die op een meter afstand van elkaar aan deze armen bevestigd waren.
Bij het werk staken de zenders/ontvangers ongeveer 60 centimeter in het water. Door 40 registreerkasten op het schip te monteren kon men bij het varen langs een raai een veertig meter brede baan in één keer aftasten en in kaart brengen door namelijk de veertig gemeten langsprofielen naast elkaar te registreren. Doordat de zender gericht, maar kegelvormig in de richting van de bodem uitzond werd zelfs bij relatief geringe diepten een dicht beeld van de bodem verkregen.



De bodembeschrijver is echter uitgegroeid tot veel meer dan alleen maar een samenkoppeling van veertig echoloden. Bij het ontwerp van het registratietoestel heeft men zich afgevraagd hoe op snelle wijze antwoord gegeven kan worden op de vragen uit de praktijk en hoe de bestaande kaarten met een minimum aan werk gecorrigeerd zouden kunnen worden.
Uitgaande van de praktische vraagstelling van de navigator heeft men het apparaat zodanig ontworpen dat het ingesteld kan worden voor een zeker vlak beneden de waterspiegel, en daarna alle meetgegevens relateert aan dit instelvlak. De registratierol wordt verdeeld in een linker en rechter helft, waarbij op de linker helft in verschillende nuances zwart wordt aangetekend hoeveel ondieper de bodem is dan het instelniveau, terwijl op de rechterzijde op dezelfde manier aangegeven wordt hoeveel dieper het is. Men verkrijgt dus een kaart die een bodemstrook van twintig meter aan beide zijden van de gevaren koerslijn tekent, niet met dieptelijnen, maar met kleine vlekjes. Aan de kleuren van de vlekjes kan men, het instelniveau wetende, de diepte aflezen.
Het lood heeft twee meetbereiken, namelijk 0 tot 16 en 0 tot 32 meter. De zwarting-



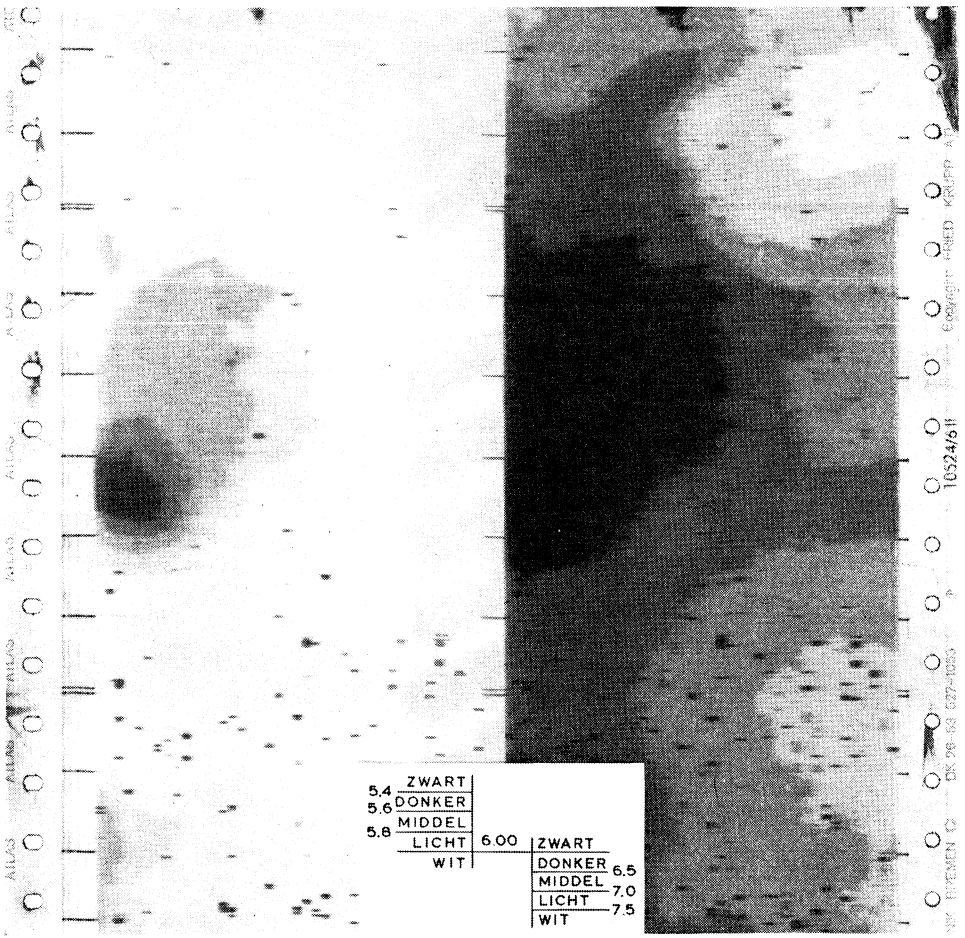
Voor-, boven en zijaanzicht van de 'Krabbe'



Het meetschip 'Krabbe'

schalen van de linkerzijde (ondieper dan) kunnen op 10, 20 en 50 cm ingesteld worden wanneer in het 16-meter-bereik wordt gewerkt; voor het 32-meter-bereik zijn de trappen 20, 40 en 100 cm. Aan de rechter zijde (dieper dan) kan voor het 16-meter-bereik gekozen worden tussen 50-, 100- en 200-cm trappen, en voor het 32-meter-bereik tussen 100, 200 en 400 cm. Het instelvlak kan met sprongen van 10 cm op iedere willekeurige diepte gekozen worden.

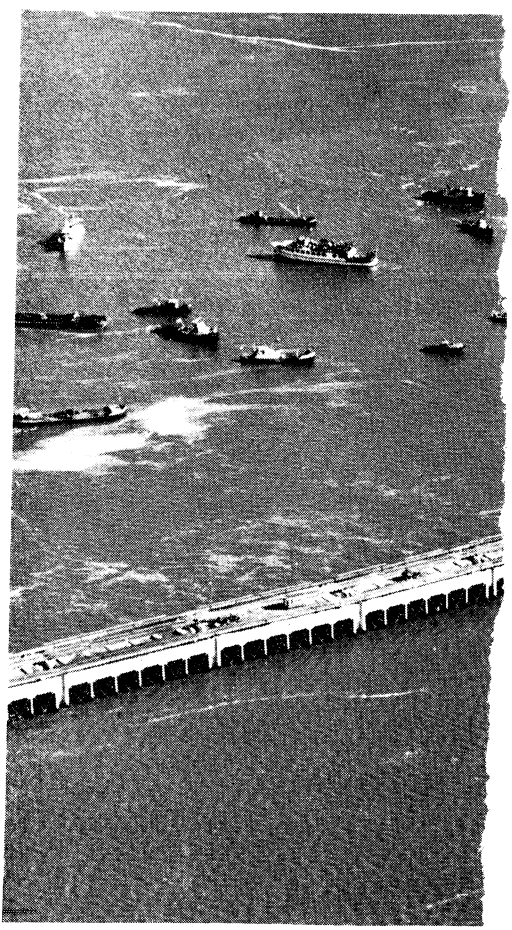
Voorbeeld van bodemdiepteregistratie met de Krabbe. Het instelvlak ligt op 6 m.



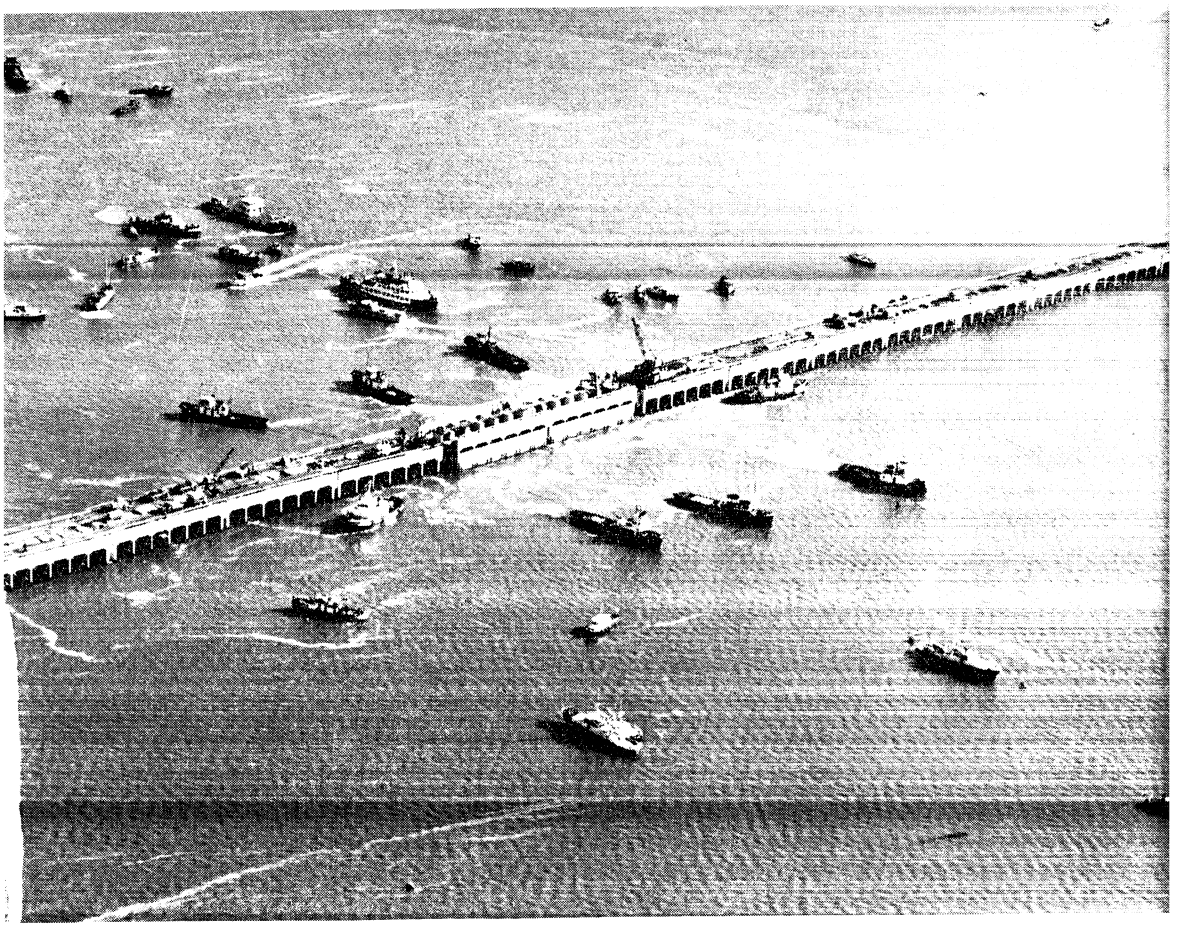
Bij een nauwkeurige beschouwing is het beeld dus opgebouwd uit 40 vlekjes, die afhankelijk van ongelijkheid van de bodem en de keuze van het instelvlak een van de vijf zwartingstinten vertonen. Aan de linkerzijde geldt hoe ondieper hoe zwarter; alles dieper dan het instelvlak blijft wit. Er moet rekening mee gehouden worden, dat indien ingesteld is op 7 meter met trappen van 20 cm, alle plaatsen ondieper dan 6 meter zwart worden. Men heeft dan dus geen enkele indicatie of het water ter plaatse misschien 5,40 m of 3 m diep is en moet, wil men dit weten, nogmaals hetzelfde traject varen, maar dan met een andere instelling. Op geheel onbekend terrein zal men, teneinde het meest geschikte instelvlak te vinden, instellen op een waarschijnlijke gemiddelde diepte en de grootste trapverdeling nemen, te weten 50 cm. Aan de rechterzijde neemt de zwartheid af met de diepte.
Alle gegevens worden ook vastgelegd in een geheugen, dat bij iedere volgende lodingcyclus van de veertig zenders vernieuwd wordt. Dit geheugen kan worden neergeschreven op een tweede registratietoestel, dat dus een dwarsdoorsnede tekent met een dunne lijn. Wanneer deze registratie verlangd wordt drukt men op een knop die de invoer van het geheugen blokkeert, en de waarnemingen van een cyclus laat optekenen.
De 'Krabbe' onderscheidt zich van de tot nu toe gebouwde meetvaartuigen doordat de zenders/ontvangers niet op armen zijn gemonteerd, die dwars van het schip en haaks op de lijn van kiel en stevens worden uitgedraaid, maar op een langs het schip neerlaatbaar buizenstelsel. Dit houdt evenwel in dat het schip zich gedurende de lodingen dwarsscheeps moet verplaatsen; voor deze navigatie werden twee Schottel Navigators, Type 170/SRP 170, elk aangedreven door een 12-cilinder 4-takt dieselmotor van 170 à 200 pk, op voor- en achterschip geplaatst. Tevens is de 'Krabbe' uitgerust met elektrische verhaalwinches en generatoren die voor de bovenomschreven apparatuur, de verlichting en de communicatiemiddelen de stroom leveren.
De zenders/ontvangers komen wanneer gelood wordt 80 cm onder de waterspiegel te hangen. Bij het uitvaren kunnen zij door middel van davits boven water opgetrokken worden. Doordat het apparaat op een frequentie van 200 kHz werkt, in tegenstelling tot de voor echoloden normale 30–80 kHz, wordt een scherpe indicatie bereikt.

De illustraties geven een duidelijk beeld van de aanwijzingen die met dit apparaat verkregen kunnen worden. De interpretatie van de beelden vereist enige oefening, maar geeft aan hen die de gegevens onmiddellijk nodig hebben over een relatief groot oppervlak van de bodem zeer goede informatie.
Speciaal in het Deltagebied en wel in het bijzonder bij de sluiting van het Volkerak heeft de 'Krabbe' zeer goede diensten verricht. Bij de opbouw en de afwerking van de drempel waarop later de caissons moesten worden geplaatst, was het van het grootste belang dat de bovenkant nagenoeg vlak werd afgewerkt, om puntbelasting van de caissons te voorkomen.
Met de 'Krabbe' ontstond de mogelijkheid de drempel van 40 m breed in zijn geheel af te tasten en de plaatsen waar hij nog ongelijkheid vertoonde, met grote nauwkeurigheid te bepalen, zonder een enkele plaats over te slaan. Nadat een zware rij over de drempel was gesleept konden de verbeteringen worden waargenomen en kon precies de plaats bepaald worden van een paar stortsteenblokken die weerstand hadden geboden, en die vervolgens op andere wijze werden verwijderd. Op aanwijzing van de 'Krabbe' werden ook enkele kuilen opgevuld. Belangrijk waren ook de inlichtingen die de 'Krabbe' na de plaatsing der caissons gaf over dunne plekken in de aanstorting. Zo werd menig gegeven verschaft dat vóór de toepassing van dit apparaat slechts op tijdrovende wijze kon worden verkregen en veelal te laat uitgewerkt ter plaatse kwam om gebruikt te worden.

De sluiting van de Lauwerszeedijk

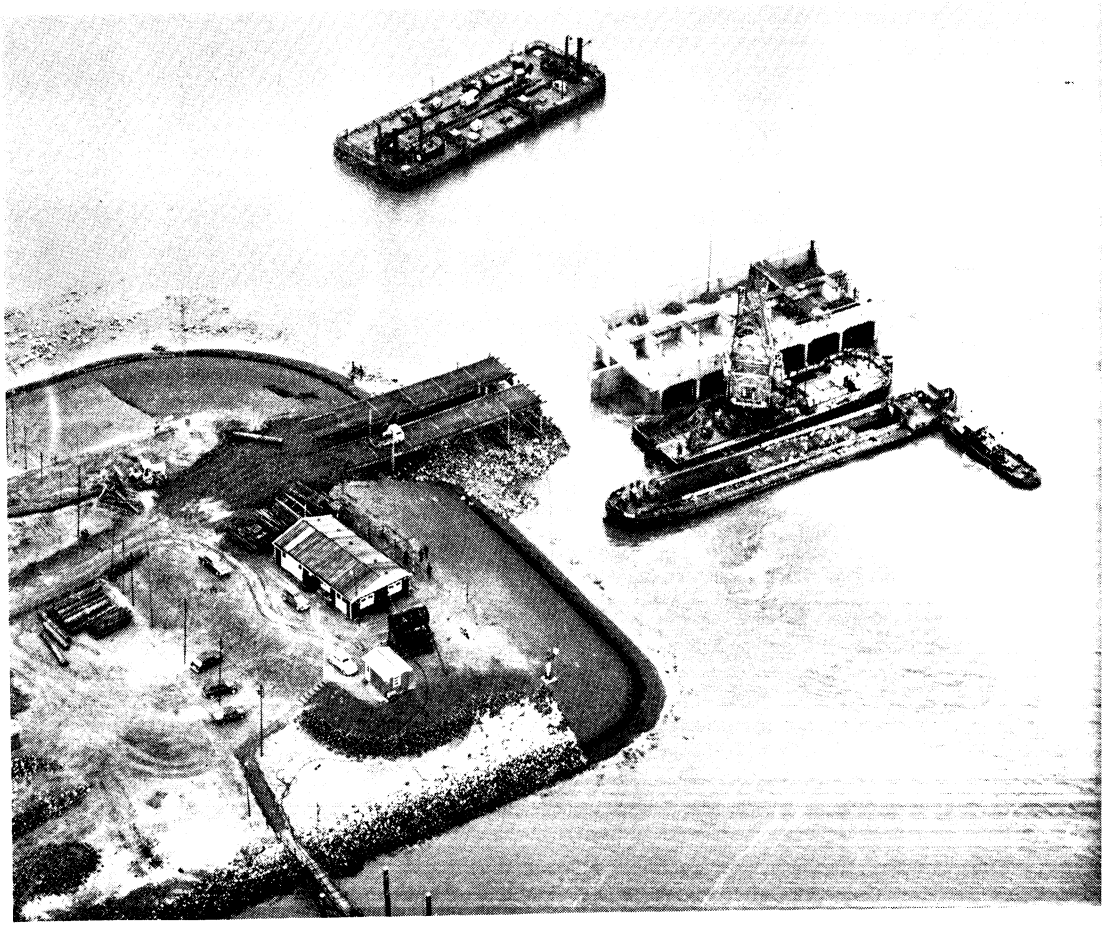


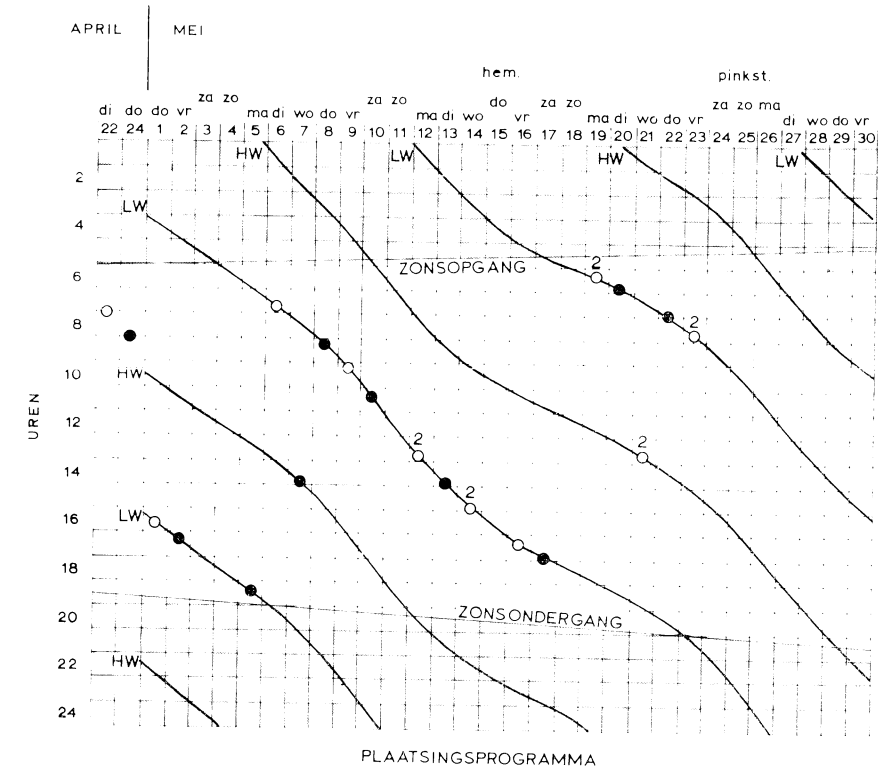
In de zomer van 1963 werd het besluit genomen dat de Lauwerszee uiteindelijk met behulp van doorlaatcaissons zou worden afgesloten. In de daaraanvolgende jaren werd door middel van berekeningen en modelproeven bepaald hoe groot en van welke vorm het sluitgat zou moeten zijn, en waar het het best kon worden gesitueerd; werd het aantal en het ontwerp van de caissons vastgesteld, en werd tevens de sluitingsoperatie tot in details voorbereid. Over vele van de theoretische voorbereidingen alsook over de praktische uitvoering ervan tot aan de caissonsluiting toe, is in de loop der jaren verslag uitgebracht in het Driemaandelijks Bericht.
Het tijdschema voor de uitvoering der Lauwerszeewerken gaf aan dat de caissonsluiting in het eerste halfjaar van 1969 voltrokken zou worden.
In de loop van 1968 was een sluitgat geformeerd van 900 meter lengte, met aan weerszijden steile begrenzingen. De drempel, waarvan de bovenkant lag op N.A.P. – 6,5 meter, werd ter wille van de stabiliteit der caissons met grote zorg vlak afgewerkt. De gelijkmatige steenbestorting door de mechanische steenstorter 'Lauwerszee' heeft er niet weinig toe bijgedragen dat er een ruim 25 m brede en 900 m lange vlakke bovenafdek-



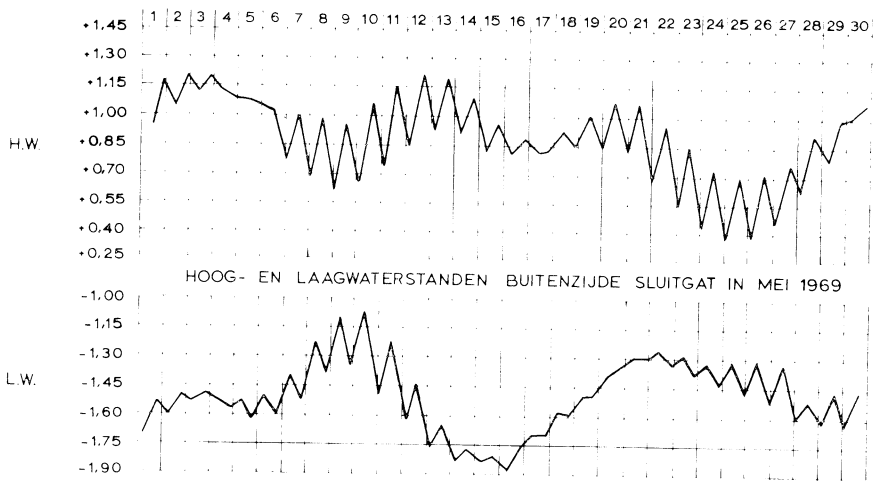
king van de drempel kon worden geformeerd met zware basaltblokken van soms wel 60 cm doorsnee. Op deze drempel moesten in de maanden april en mei 25 caissons worden geplaatst. Gelukkig was er dankzij de afsluiting van het Veersche Gat in 1961 en de juist te voren volbrachte afsluiting van het Volkerak wel veel ervaring opgedaan waar bij de uitvoering van de operaties in de Lauwerszee gebruik van kon worden gemaakt; echter met name het groot aantal caissons, en de innovatie van het afzinken van aaneengekoppelde caissons, stelde de technische staf hier toch voor problemen waarbij men op geen vorige ervaring kon terugvallen. Het dichtzetten van het sluitgat is voor allen die eraan meegewerkt hebben dan ook een opwindende fase in hun eigen leven geweest; opnieuw is gebleken dat een zorgvuldige en geen detail onbesproken latende voorbereiding altijd vrucht afwerpt.
Anders dan bij de Volkerakafsluiting zijn in de Lauwerszee geen landhoofdcaissons van speciale constructie toegepast. Aan beide uiteinden van het sluitgat werden normale doorlaatcaissons geplaatst, met dien verstande dat aan de landwaartse kant een oplegging was gemaakt voor een tweetal verbindingsbruggen met de vaste wal. Tevens waren deze caissons voorzien van een scheidingswand, die een goede aansluiting gaf op de stenen dam die de driehoekige opening tussen de caisson en de kop van het aansluitende dijkvak moest opvullen.
In zekere zin was het plaatsen van deze op de landhoofden aansluitende caissons een proef op ware grootte voor alle verdere plaatsingen. Het verslepen uit de bouwput door het Nieuwe Robbengat naar de plaats van het sluitgat, het parkeren en het zinken over bijna 1,50 m werden nu voor het eerst in de praktijk uitgevoerd.
Om nog voldoende waterdiepte aan te treffen in het Nieuwe Robbengat en enige tegenstroom te hebben ter wille van goed manoeuvreren moesten de caissons aan het einde van de vloed vlak vóór de hoogwaterkentering door deze geul worden gesleept. Bij de verplaatsing van de eerste caisson was het slecht weer. De wind dreef de hoog boven het water uitstekende caisson steeds in de richting van het werkeiland en het zicht werd er door de regenbuien niet beter op. Hier bleken al dadelijk de grote voordelen van voldoende sterke sleepboten, een royale betonning met heldere lichtboeien en moderne navigatiehulpmiddelen zoals radar en een trackplotterinstallatie op een van de meetvaartuigen. Deze moeilijke nachtelijke vaart door het Nieuwe Robbengat gaf het vertrouwen dat het transport van de bouwput naar het sluitgat verder geen moeilijkheden meer zou geven. Zelfs een latere vaart in vrij dichte mist verliep dan ook voorspoedig.
Omdat de caissons meestal bij laagwaterkentering werden geplaatst, moest het gehele konvooi gedurende ongeveer 6 uur aan de buitenzijde van het sluitgat wachten, voordat de caisson kon worden geplaatst. Dit bleek vooral in de perioden met veel plaatsingen een vermoeiende en onaangename bezigheid te zijn, met name voor degenen die op de onherbergzame caisson moesten blijven. Bij de plaatsingen op de hoogwaterkentering duurde de gehele manoeuvre van het uitvaren van de bouwput tot en met het zinken maar enkele uren.
Technisch leverde het parkeren overigens weinig problemen op. Wel werd het in een bepaald stadium van de sluitingsperiode moeilijk een plaats te vinden buiten het bereik van de vrij heftige ebstromingen die door het sluitgat trokken. Toen de felle ebstroom in de laatste fase van de sluiting op een klein gebied werd samengeknepen werd het weer makkelijker om een rustige ligplaats te vinden, en wel benedenstrooms van de reeds geplaatste caissons.
Het plaatsen van de op de landhoofden aansluitende caissons week af van dat van de overige caissons, omdat hier nog niet kon worden beschikt over een vast aanlegpunt op een reeds geplaatste caisson. Met succes werd hier gebruik gemaakt van een

Aansluiting van de eerste caisson op het landhoofd





PLAATSINGSPROGRAMMA



HOOG- EN LAAGWATERSTANDEN BUITENZIJDE SLUITGAT IN MEI 1969

2 O AFZINKEN CAISSONS AAN DE FRIESE ZIJDE (EVENTUEEL 2 CAISSONS GEKOPPELD)

● AFZINKEN CAISSONS AAN DE GRONINGER ZIJDE

Voorgenomen plaatsingsprogramma, met H.W.- en L.W.-standen in de sluitingsperiode

vooraf ter plaatse naar alle zijden verankerde ponton, waartegen de drijvende caisson werd afgemeerd. Vervolgens werd deze ponton met behulp van erop geplaatste lieren aan de ankerdraden zodanig gedraaid, dat de landhoofdcaissons precies op de juiste plaats in de as van het sluitgat kwam te liggen. Het afmeren tegen de ponton was overigens vrij lastig wegens de naar alle zijden uitstaande ankerdraden. Met enige spanning werd afgewacht hoe de houten luikjes zouden werken, die zouden worden losgegooid zodra de caisson aan de grond stond. Door de hierdoor ontstane openingen in de drijfschotten aan weerszijden van de caisson zou de caisson spoedig vollopen. De houten drijfschotten zouden dan kunnen worden verwijderd voordat de vloedstroom weer met volle kracht zou doorzetten en de schotten aan de zijde van de Waddenzee vast zou drukken.

Het bleek al dadelijk dat de constructie voor het lossen van de drijfschotten in sommige opzichten te licht was ontworpen. Ook na het aanbrengen van de nodige verbeteringen bleef af en toe wel eens een schot hangen, dan wel sprong er één na het zinken los tengevolge van de opwaartse druk die het onder water ondervond.

De spanning of de caissons zouden functioneren zoals van ze verwacht werd was er toen al af, maar één punt bleef tot het eind toe onderwerp van vele discussies en hield de gedachten van de leiding bezig.

Zeker was, dat de tijdsduur tussen het ogenblik waarop de stroomsnelheden voldoende zouden zijn verminderd om met de caissons te kunnen gaan manoeuvreren en het moment van de kentering steeds korter zou worden. Zou het mogelijk zijn alle handelingen, die nu eenmaal noodzakelijk zijn om de caisson op de juiste plaats tot zinken te brengen binnen die steeds krapper wordende tijd te verrichten? En een tweede niet minder klemmende vraag: zou dit alles kunnen met twee gekoppelde caissons? De optredende krachten zouden dan volgens de modelproeven groter zijn en de tijd van het indraaien door de grotere lengte van het te behandelen element noodzakelijkerwijs langer. De laatste opening zou volgens de plannen door twee caissons tegelijkertijd worden gesloten, omdat het modelonderzoek had uitgewezen dat juist door de laatste opening van ongeveer 40 m een zo sterke stroom zou kunnen trekken dat de zware basaltblokken van de drempel er door zouden worden meegesleurd. Het was zaak om de zee uiteindelijk 'bij verrassing te nemen' door een zo groot mogelijke opening ineens af te sluiten. Binnen de staf van de sluiting heersten ten aanzien van het tijdstip waarop de caissons moesten worden afgezonken, twee duidelijk tegengestelde meningen: enerzijds werd gepleit voor het plaatsen bij hoogwater naar analogie van de praktijk van de Volkerakafsluiting,

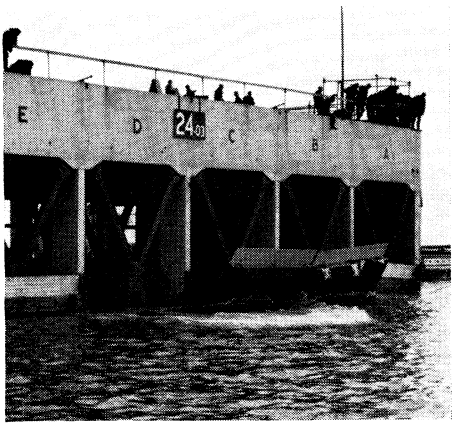
anderzijds zocht men het in een te behalen tijdwinst door een perfekte uitvoering. Vóór de hoogwaterplaatsing pleitte, dat inmiddels uit modelproeven en getijberekeningen was gebleken, dat de stroomsnelheden tijdens vloed, dus voor de kentering, minder sterk waren dan bij eb en bovendien reeds eerder voor de kentering begonnen af te nemen. Hierdoor zou de voor de gehele manoeuvre beschikbare tijd langer zijn.
De tegenstanders voerden aan dat het moeilijker zou zijn een zinkende caisson gedurende de langere zinktijd op de juiste plaats te houden. Bij laagwater moest de caisson immers ongeveer 1,5 m en bij hoogwater ongeveer 4 m zakken. Wanneer twee gekoppelde caissons door welke oorzaak dan ook met verschillende snelheden naar beneden zouden gaan, werd het niet uitgesloten geacht dat de caisson aan de zijde van het sluitgat het eerst aan de grond zou staan en daarmee een te kleine ruimte zou overlaten voor de andere om er nog tussen te zakken. Het langdurige plaatsingsprogramma bood een uitgezochte gelegenheid om ervaring op te doen met de verschillende oplossingen: zinken bij laagwater en bij hoogwater met één zowel als met gekoppelde caissons. Ten aanzien van methodes om de caissons op hun plaats te brengen waren



Plaatsing van een enkele caisson
De lier trekt aan. De kruisdraden zijn al aangebracht

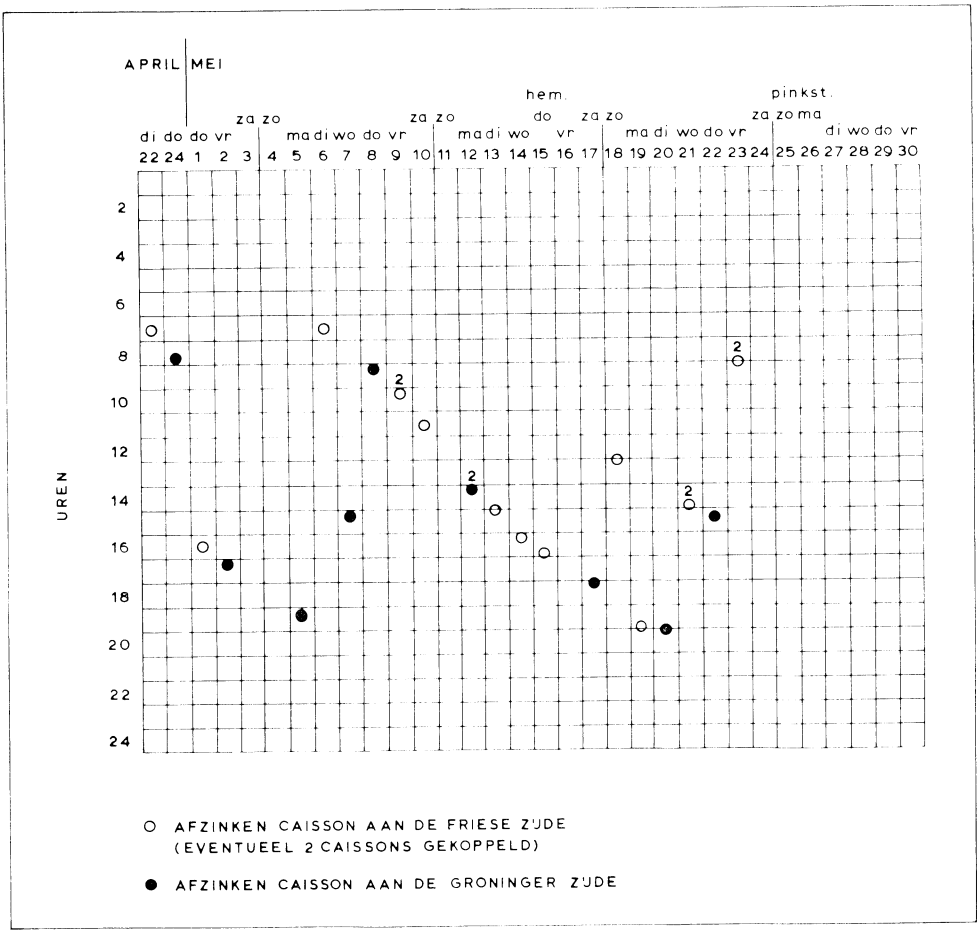


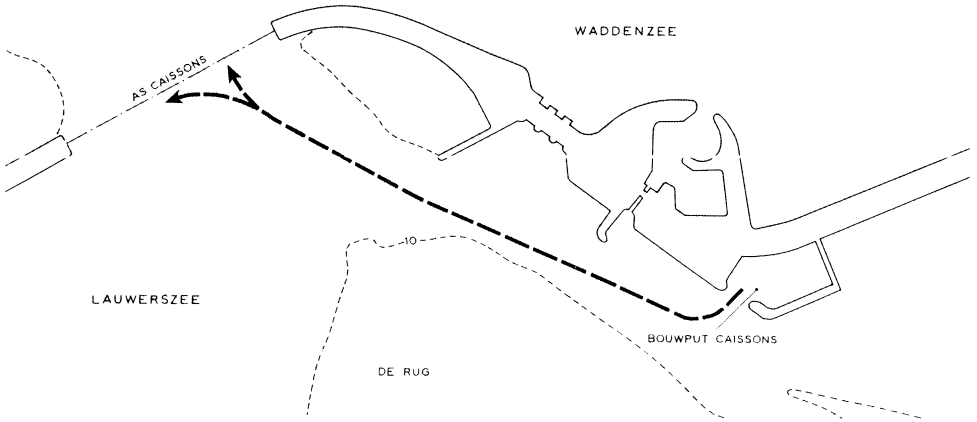
Op 19 mei werd een caisson met de ebstroom mee ingevaren, maar tegen de stroom ingedraaid



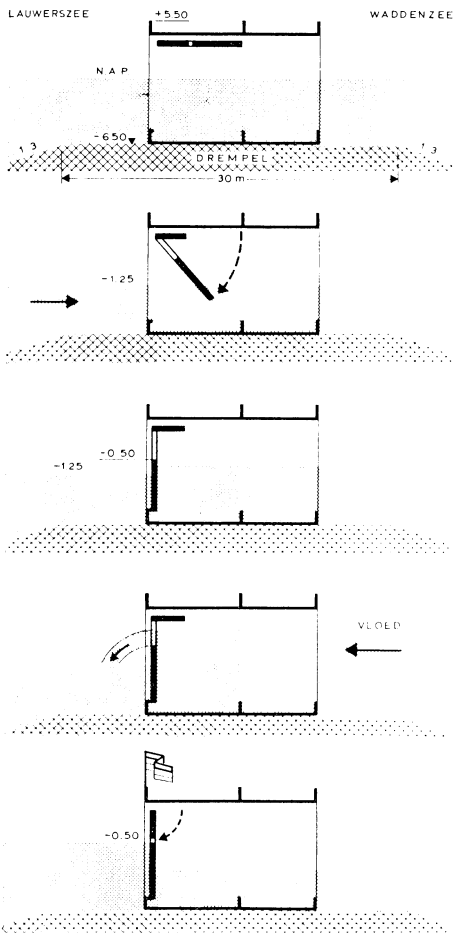
De drijfschotten komen los

Het plaatsingsprogramma zoals het werd uitgevoerd





Vaarroute der caissons



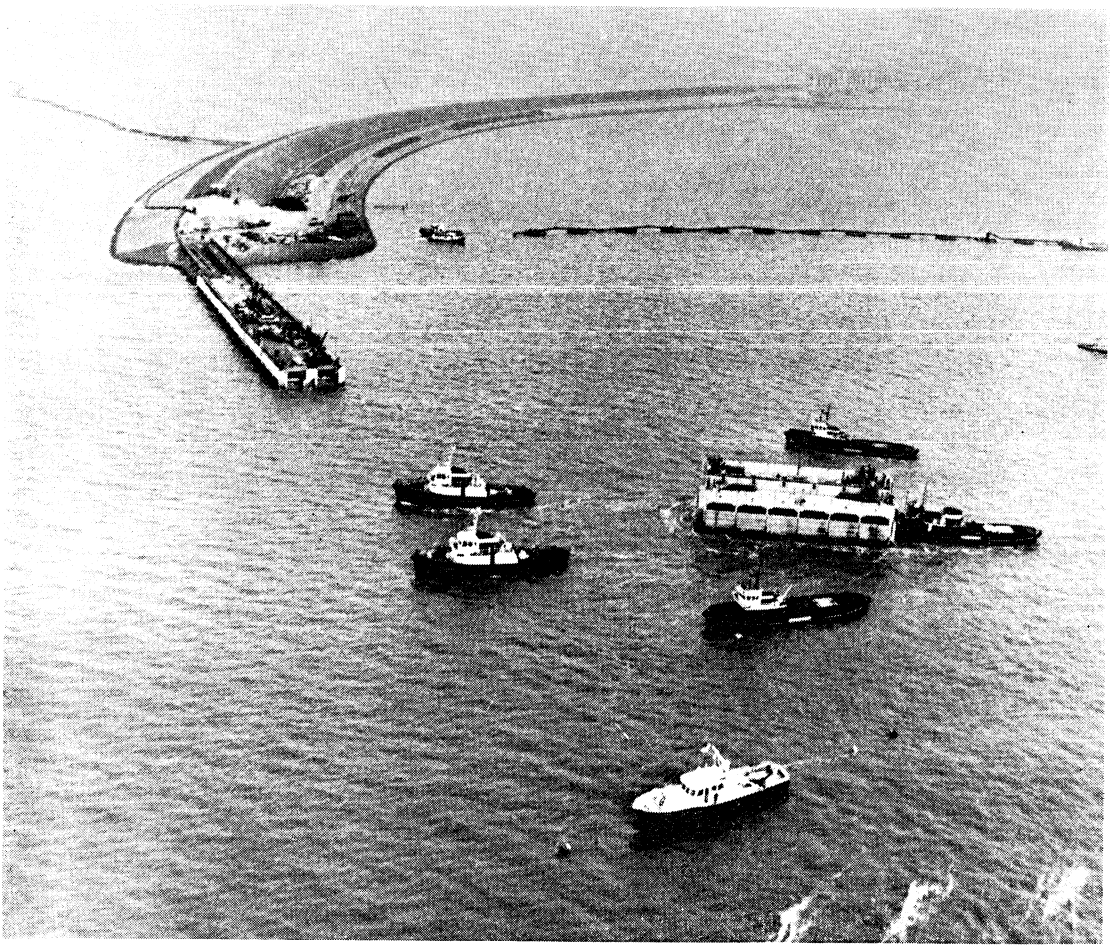
De onder- en bovenkleppen van de caissons in de Lauwerszee werden afzonderlijk gesloten

veel proeven in het Waterloopkundig Laboratorium uitgevoerd. Bij de sluiting van het Veersche Gat was steeds een hoek van de opvarende caisson verbonden met de overeenkomstige hoek van de laatst geplaatste caisson met behulp van een zogenaamde parkeerdraad, een ongeveer 200 m lange staaldraad, die tijdens het opvaren steeds werd ingehaald. Hoewel dit systeem bij het Veersche Gat goed had voldaan was er toch één bezwaar aan verbonden, en wel dat de parkeerdraad enkele malen was geknapt tengevolge van plotselinge spanningen tijdens het wachten op het afzwakken van de ebstroom. Hoewel de geleiding door de parkeerdraad het duidelijke voordeel bood dat de caisson zonder mankeren naar de goede positie werd gebracht van waaruit de sleepboten hem vervolgens tegen de afnemende ebstroom in, als een deur om een scharnier konden indraaien, zagen met name de slepers er erg tegen op tijdens de vele uren van het parkeren op te moeten passen dat de draad niet zou breken. Zij stelden, dat men een zo grote massa als een caisson nu eenmaal niet door middel van één enkele draad aan een vast punt moet verbinden, maar haar in bedwang moet houden met een aantal sleepboten die eventueel enkele meters door de caisson kunnen worden meegesleurd en daardoor de massa op een soepele wijze kunnen afremmen. De oplossing werd uiteindelijk gevonden in de toepassing van een lier met krachtbegrenzer zoals eerder toegepast bij de sluiting van het Volkerak. De met behulp van een werplijn van de ene op de andere caisson overgebrachte draad bleek een belangrijke steun te zijn bij het 'zoeken van het scharnier' door de drijvende caissons, die op hun hoekpunten aan de Groninger zijde twee halfronde uitstulpingen hadden, terwijl zij aan de Friese zijde voorzien waren van in gewapend beton uitgevoerde kommen. In deze kommen waren stootfenders opgehangen, bestaande uit een hardhouten kern met daaromheen een bescherming van rubber en rijshout, die de aanvaarstoot in alle gevallen bijzonder fraai en soepel opvingen.

Tijdens het vormen van het scharnierpunt werden dan bovendien nog twee kruisdraden met werplijnen overgebracht die de naad tussen de vaste en drijvende caissons kruiselings overspanden en daarmee een extra steun leverden tegen eventueel dwarsuit wegdrijven van de caisson als hij eenmaal in de as lag. Overigens werd deze beweging ook voorkomen door de gewapend betonnen ribben tegen de eindwanden van de caissons, die zodanig werden ontworpen dat ze over en weer tussen elkaar vielen.

Een zekere factor vormde de afstand die de caissons in lengterichting ten opzichte van elkaar zouden houden. Geschat werd dat elke caisson ongeveer 50 cm van de verst vooruitstekende delen van de vorige caisson zou liggen, deels tengevolge van de fenders die de caisson op een zekere afstand hielden, deels door afdrijven tijdens het zinken. Het was echter geenszins zeker of deze maat zou worden bereikt en dit betekende, gezien het grote aantal te plaatsen caissons, een vrij grote onzekerheid over de uiteindelijke breedte van het gat waarin de laatste twee caissons zouden moeten worden geplaatst. Ook hier werd lering getrokken uit de ervaringen van het Volkerak. Daar had men namelijk hardhouten balken opgehangen tussen de beide caissons, waarlangs de drijvende caisson kon zinken. Met behulp van sleepboten werd de drijvende caisson tevens steeds vrij stevig tegen deze balken aangedrukt. Het systeem bleek bijzonder goed te voldoen. Afwijkingen in de lengterichting maar tevens in dwarsrichting, die ontstonden doordat de caisson bij het afzinken nog enigszins met de kop uit de as dreef, konden telkens worden gecorrigeerd door de dikte van de balken te variëren: een iets dikkere balk aan de Lauwerszeezijde draait immers de kop van de nieuw te plaatsen caisson weer iets terug in de richting van de Waddenzee. De grootste afwijking in de lengterichting ten opzichte van de planning trad op bij de 9e caisson; ze bedroeg 94 cm. De grootste uitwijking uit de as werd gemeten bij de 14e caisson aan de Friese zijde: 128 cm. Al met al

De caissons die bij de H.W.-kentering zouden worden geplaatst, kregen extra hoge drijfschotten



was dit een resultaat, waarop met name de walkapitein die door minutieus manoeuvreren de caissons in de juiste positie bracht en tijdens het zinken hield, trots kon zijn, gezien de grote schaal waarop hier werd gewerkt en de soms moeilijke omstandigheden van stroom en weer.
Na het plaatsen van de eerste zes caissons waren de meeste kinderziekten wel overwonnen, maar nu kwam op 7 mei de zevende caisson die volgens plan bij hoogwater zou moeten worden gezonken.
Om op alle eventualiteiten voorbereid te zijn was besloten zeven caissons en de reservecaisson zodanig in te richten, dat ze ook bij hoogwater zouden kunnen worden gezonken. De caissons waren hier oorspronkelijk niet op ontworpen en zonder bijzondere maatregelen zouden ze, indien afgezonken bij hoogwater, tijdens het zinken over de bovenzijde van de houten schotten water scheppen; een eenmaal opgetreden slagzij zou hierdoor worden versterkt, totdat de caisson onder een zeer grote slagzij met de zijkant de grond zou raken. Vervolgens zou hij door het binnenstromende water weliswaar weer recht worden gezet, maar op een flinke verplaatsing uit de as zou men dan toch wel moeten rekenen. Het zou zelfs lang niet uitgesloten zijn dat de ribben van de vaste en de zinkende caisson op deze wijze op elkaar klem zouden lopen. Allemaal redenen waarom de drijfschotten voor de acht hoogwatercaissons met een tweede serie drijfschotten werden verhoogd en bovendien ter vermijding van het stromen van water van bakboord naar stuurboord of andersom in de caissons van tijdelijke houten langswanden werden voorzien.
Bovendien werden in acht schotten per caisson stalen kleppen aangebracht die van bovenaf konden worden geopend of gesloten. Nog een ander probleem deed zich voor: wanneer de caisson bij het zinken enigszins uit de as zou drijven bestond de mogelijkheid dat naar voren uitstekende betondelen zouden komen te rusten op onderdelen van de staande caisson. Deze mogelijkheid bestond niet bij het laagwaterzinken, omdat de betreffende onderdelen dan langs elkaar zouden schuiven. Ook hiervoor werd een oplossing gevonden en wel door de hoogwatercaissons van te voren al ongeveer 1 m te laten zinken, terwijl ze door de sleepboten nog op enige afstand van de vaste caisson in de as werden vastgehouden. Deze manoeuvre bleek acht minuten te duren, maar ook bij het afzinken op de hoogwaterkentering verliep het in de as brengen van de caissons zo vlot, dat deze extra handeling nog ruimschoots kon worden uitgevoerd voordat het sein 'afsluiters open' werd gegeven.
Totdat de ervaringen met de zevende caisson, die werd afgezonken bij hoogwater, aanleiding gaven tot verandering, was steeds gewacht met het openen van de afsluiters tot vijf minuten voor de verwachte kentering. Bij vrijwel alle caissons had dit geleid tot een vrij langdurige periode van wachten, soms wel van twintig minuten, waarin de caisson op zijn plaats werd gehouden door de sleepboten. Het zinken vond dan plaats bij vrijwel stil water. Merkwaardig was het, dat het ogenblik van kentering in het nog brede sluitgat van plaats tot plaats kon verschillen. Het is zelfs voorgekomen dat aan de ene zijde van het sluitgat reeds vloed liep terwijl de kentering pas twintig minuten later aan de andere zijde optrad. Ook werd wel stroom gemeten in de richting van de sluitgatas, maar dit zal vermoedelijk wel het gevolg geweest zijn van de krachtige stromingen die door de vaak met volle kracht werkende schroeven van de sleepboten werden opgewekt. Het moment van de kentering werd daardoor wel enigszins onzeker.
Al tijdens verschillende plaatsingen was het vrij moeilijk gebleken het vrije einde van de caisson met behulp van twee ieder naar een kant trekkende sleepboten op zijn plaats te houden. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het niet wenselijk werd geacht sleepboten tegen de zijkanten van de caisson te laten duwen, teneinde te voorkomen dat de drijf-

schotten door plotselinge schokken zouden verschuiven en gaan lekken. Juist bij vrijwel stil water moesten de trekkrachten van de sleepboten elkaar volledig in evenwicht houden en dat bleek verscheidene malen moeilijk te verwezenlijken. Het gevolg was dat de caisson dan weer door de ene sleepboot naar buiten, dan weer door de andere naar binnen werd getrokken, zodat het min of meer een gok was of hij juist in de as van de de drempel vast raakte. Ook bij de zevende, de hoogwatercaisson ging het zo; de beide sleepboten trokken beurtelings vrij krachtig aan soms plotseling onder spanning komende sleepdraden. Door deze bewegingen werden de losse stalen borgpennen, waarmee deze draden aan de caisson waren bevestigd, in hun lagers omhoog gewerkt totdat plotseling een van de pennen te ver omhoog was gekomen en losschoot, tot ieders grote schrik, in het bijzonder van de walkapitein. Gelukkig bleek de caisson reeds op de grond te staan en was er dus geen gevaar meer.

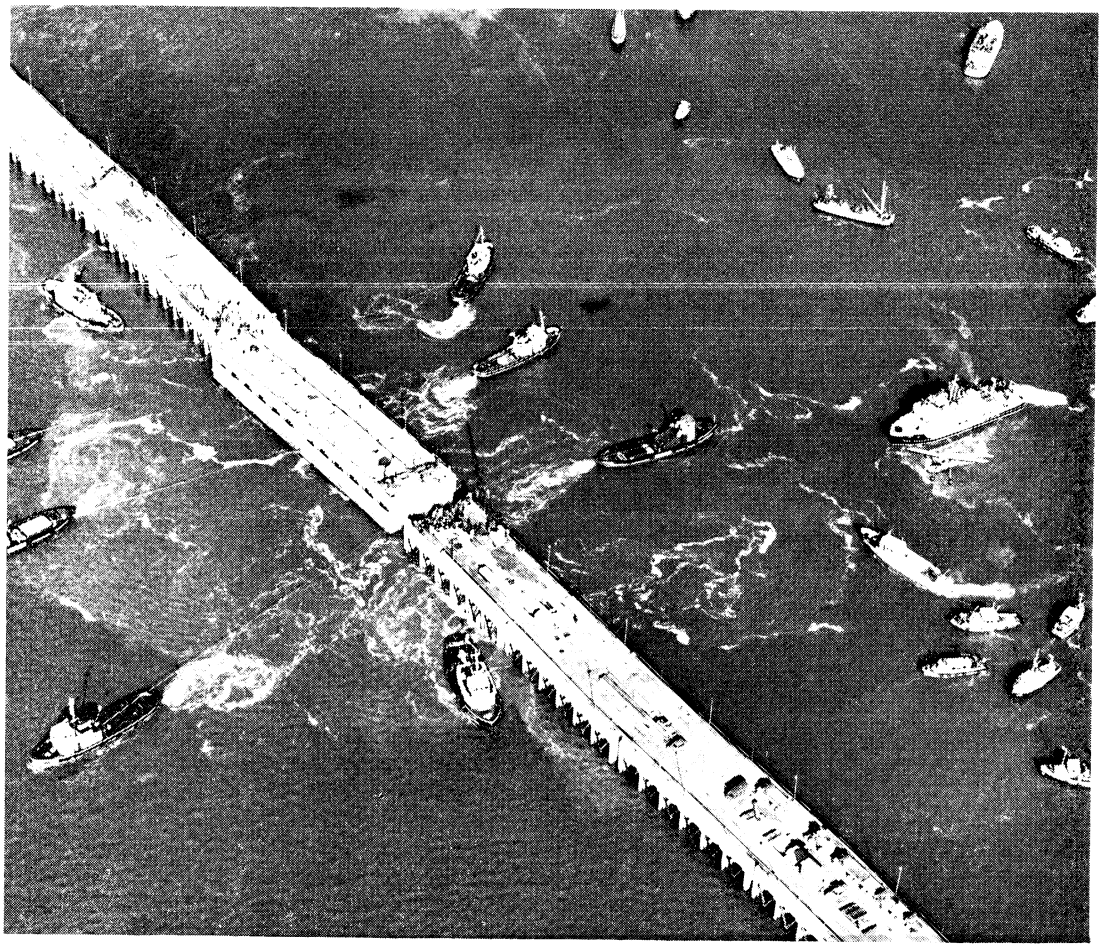
Ter voorkoming van verdere moeilijkheden werd toen een wijziging aangebracht in de procedure van het zinken. In het vervolg werden de caissons namelijk reeds tot zinken gebracht zodra de watersnelheid was teruggelopen tot 0,5 m/sec. De vrijwel konstante kracht die het water dan nog op de caisson uitoefende kon gemakkelijk door de stroomopwaarts liggende sleepboot in evenwicht worden gehouden, zodat de caisson tijdens het zinken vrijwel zuiver op dezelfde plaats bleef en aan de grond kwam. Het boven verwachting slagen van de plaatsing bij hoogwater gaf met name voor de laatste week van de sluiting een veel grotere vrijheid in het programma: de zes laatste caissons konden nu zowel bij laagwater als bij hoogwater worden gezet. Zelfs zou het in noodgevallen mogelijk zijn meer kenteringen op één dag te gebruiken en de afsluiting zo zéér snel te doen verlopen. Nog sneller zou men het sluitgat dicht kunnen zetten wanneer men bovendien telkens twee caissons tegelijkertijd zou plaatsen. Het was ook daarom van belang zo spoedig mogelijk ervaring op te doen met het plaatsen van een gekoppelde eenheid.

Tijdens prachtig weer werd op 8 mei nog één enkele caisson geplaatst, maar ondertussen werd in de bouwput hard doorgewerkt om een gekoppelde eenheid tot stand te brengen. Voor het koppelsysteem waren vele oplossingen ontworpen, maar uiteindelijk werd het oorspronkelijke plan met koppeldraden over de gehele lengte van de beide caissons gekozen. Allerlei voorzorgen waren getroffen om breuk van deze zware kabels te voorkomen, onder andere het tussenschakelen van een zeer elastische nylonrekker, die het in noodgevallen als eerste zou begeven. Een tweede, parallel hiermee bevestigde, maar niet onder spanning staande nylonrekker zou dan de koppeldraden toch nog bij elkaar houden. De praktijk overtrof alle verwachtingen: de caissons bleven tijdens alle handelingen volledig als één stijve eenheid fungeren en de onderlinge bewegingen ter plaatse van de tussennaad waren uitermate gering. Enig gevaar voor het bezwijken van de koppeldraden, die tot 43 ton konden worden belast, bestond dan ook beslist niet. Ook het manoeuvreren met de gekoppelde caissons viel uitermate mee en tijdens het zinken, waarbij er voor werd zorggedragen dat de afsluiters op de beide caissons precies gelijktijdig werden opengedraaid, werd geen enkele moeilijkheid ondervonden. Het was alsof er met één caisson werd gewerkt.

De periode van 10–15 mei, waarin acht caissons werden geplaatst, kenmerkte zich door prachtig weer zonder veel golfslag, waarbij de stroom zich duidelijk in banen op het wateroppervlak aftekende. Het modelonderzoek had geleerd dat de laatste caissons het beste konden opvaren uit de parkeerpositie naar het scharnierpunt langs een vaarroute zoveel mogelijk in de beschutting van de geplaatste caissons. De walkapitein achtte het passeren van het nerengebied ongeveer in het verlengde van de kop van de laatst geplaatste caisson echter niet verantwoord. Heel duidelijk bleek wel hoezeer hij gelijk had

gehad toen één van de sleepboten, de 'Frankrijk', in zo'n draaikolk terecht kwam en plotseling achterstevoren naar de caisson werd toegedreven. In het vervolg werd daarom steeds de zwaardere vaarroute gekozen, waarbij de sleep nabij de caisson in de volle stroom door het laatste gat manoeuvreerde. Ook werd in deze dagen geprobeerd bij welke stroomsnelheden de verschillende handelingen nog zouden kunnen worden uitgevoerd. Bij hoe hoger stroomsnelheden men begon te manoeuvreren, hoe eerder de diverse handelingen zouden zijn uitgevoerd en hoe meer tijd er over zou blijven voor het zuiver in de as plaatsen en tot zinken brengen van de laatste caisson. Een merkwaardig verschil bleek er steeds opnieuw te bestaan tussen het plaatsen van caissons aan de Friese en aan de Groninger zijde; aan de Friese zijde ging het indraaien ten gevolge van een gunstiger stroomrichting steeds gemakkelijker dan aan de Groninger zijde, terwijl bij hoogwaterzinkingen het tegenovergestelde het geval bleek te zijn.
Na het plaatsen van de veertiende caisson werden voor het eerst ontgrondingen van de zandbodem naast de drempel geconstateerd hoewel die al veel eerder verwacht waren. Over een vrij kleine oppervlakte ten noorden van de drempel werd een verdieping van ongeveer 1,50 m gemeten. Aan dit gunstige resultaat had zonder twijfel het feit meegewerkt dat men steeds bij ebstroom de uitwateringssluizen had opengezet. Het weer bleef fraai, en het liet zich aanzien dat de sluiting verder van een leien dakje zou lopen. Nog tweemaal zou de natuur echter terug slaan.
Vrijdagmorgen 16 mei voer de zeventiende caisson de bouwput uit. Er stond een krachtige wind, 6 Beaufort, uit zuidwestelijke richting. De weersvoorspelling was gunstig en meldde afnemende wind. Daarvan was tijdens het parkeren echter geen sprake: het begon steeds harder te waaien en de walkapitein achtte de toestand van de caisson aan de noordzijde van het sluitgat zo kritiek dat hij een plaatsing nauwelijks meer verantwoord achtte. Toen er een herzien weerbericht kwam waarin nog verder toenemende wind werd voorspeld, werd kort en goed besloten de caisson weer via het Nieuwe Robbengat tegen de nog niet sterk ontwikkelde ebstroom in naar de bouwput terug te brengen. Nu volgden enkele uitermate spannende ogenblikken. Extra sleepboten werden ingeschakeld en met de steeds harder wordende wind schuin achter werd zo snel mogelijk naar de bouwput gevaren. Inmiddels was er een stormwaarschuwing voor harde zuidwestelijke wind uitgegeven. Op het ogenblik dat de sleep de 80 m brede monding van de bouwput binnenvoer was de stroom in het Nieuwe Robbengat al tot ruim 1 m/sec. opgelopen. Langs de steiger lag alweer een volgende caisson klaar om opgetuigd te worden en de manoeuvreerruimte werd daardoor uitermate beperkt. Ondanks al deze moeilijkheden zag walkapitein Blonk in het volgende kwartiertje kans de caisson feilloos tegen de steiger te meren.
Het programma moest nu vanzelfsprekend weer worden gewijzigd: de zondag, die als rust- en tevens reservedag was opgenomen, werd nu bestemd voor een plaatsing.
Op 19 mei verslechterde het weer wederom, nadat de caisson al op de parkeerplaats was gearriveerd. Na ongeveer drie kwartier was de golfbeweging zo heftig geworden, dat de walkapitein besloot de caisson aan de Lauwerszeezijde in de luwte van de geplaatste caissons te laten wachten. Het was een fantastisch gezicht hoe de uit het noordwesten komende golven plotseling in hun vaart werden gestuit door de felle ebstroom door het sluitgat. Op ongeveer 30 m ten noorden van het sluitgat was de stroom te sterk voor de golven; daar braken ze, onmachtig verder naar het zuiden door te dringen. Het sluitgatgebied was daardoor opvallend rustig, en dit was een gunstige omstandigheid voor het plaatsen van de caisson. Besloten werd toch tot plaatsing over te gaan, ondanks de af en toe stormachtige wind.
Onder invloed van de storm werd in plaats van het voorspelde laagwater van N.A.P. –

Het indraaien van de laatste twee, aan elkaar gekoppelde, caissons



1,50 m, een laagwater van N.A.P. – 0,75 m verwacht. Dit betekende dat de caisson zou moeten zinken over een diepte van ongeveer 2,15 m. De hoogte van de drijfschotten was hierop niet berekend: verwacht moest worden dat de caisson over ongeveer 1 m min of meer rechtstandig zou zinken en vervolgens naar de Lauwerszeezijde gaan overhellen, totdat hij de grond raakte. Tijdens het scheefgaan zou het water over de drijfschotten aan de lage zijde heen stromen, en daarmee de slagzij nog verder vergroten. Met behulp van de sleepboten werd de caisson in redelijk kalm water prachtig op zijn plaats gemanoeuvreerd; na enig zinken viel hij inderdaad scheef: de op het dek opgestelde hellingmeter registreerde een slagzij van ongeveer 9°. Daarna zakte de caisson heel snel weer recht en kwam keurig op zijn plaats. Tien minuten voor de kentering, die overigens tengevolge van de grote opwaaiing bijna een uur later dan de voorspelling kwam, was het gebeurd. Zonder twijfel zal deze plaatsing alle aanwezigen als de meest spectaculaire nog lang in herinnering blijven. Hoofdzakelijk tengevolge van de sterk ontwikkelde stromen in de periode met grote opwaaiing aan het eind van het springtij van 15 tot en met 20 mei was de ontgronding ten noorden van de sluitgatbezinking verder uitgebreid. De grootste verdieping bedroeg ongeveer 8 m, wat niet onrustbarend werd geacht. Bij de dagelijkse peilingen bleek telkens weer dat de kopeffecten de belangrijkste oorzaak van de ontgrondingen waren.

Vooral met het oog op de nodige rust voor het personeel is het plaatsingsprogramma van de laatste week ingrijpend veranderd. De plaatsingen bij laagwater op 19 en 20 mei waren al in de avonduren gezet om het vermoeiende parkeren gedurende 6 uren daaraan voorafgaand overdag te kunnen doorbrengen. De caissons van 21 en 22 mei werden bij het hoogwater omstreeks de middaguren geplaatst.

De laatste caisson werd afgezonken op 23 mei. Om 2 uur 's nachts voer het konvooi de lege bouwput uit. 50 minuten later lagen de twee gekoppelde caissons op de wachtplaats. De voor de kleurentelevisie van een meniekleur voorziene bovenbakken begonnen bij het eerste ochtendgloren juist zichtbaar te worden. Nog met een vrij felle ebstroom werden de caissons al in de as van het sluitgat gedraaid. Daarna werden zij met behulp van lieren en sleepboten zodanig in de laatste opening gemanoeuvreerd, dat aan weerszijden ongeveer gelijke naadopeningen overbleven.

Slechts enkelen van de bij deze laatste plaatsing aanwezige duizenden – ook Hare Majesteit de Koningin was bij de plaatsing aanwezig – hebben gezien dat succes en fiasco ook hier weer ontstellend dicht bij elkaar lagen. Wat was namelijk het geval? Een van de stalen kleppen in een drijfschot was tijdens het opvaren gaan lekken. Hoewel de lekkage snel kon worden verholpen, was er niettemin een vrij grote hoeveelheid water in de caisson gekomen, waardoor de gehele gekoppelde eenheid overhelde naar de hoek van het scharnierpunt. Vermoedelijk was dit de oorzaak dat de caissoneenheid bij het opvaren naar het scharnierpunt verschillende onverwachte bewegingen maakte, die telkens met enige moeite weer door de sleepboten konden worden gecorrigeerd. Op een bepaald ogenblik schoof de drijvende caisson het sluitgat in. Angstig dicht naderde het buiten de caisson uitstekende drijfschot een van de ribben van de staande caisson aan de Friese zijde. Bij een aanvaring zou het beslist niet uitgesloten zijn geweest, dat het bewuste drijfschot zou zijn losgelaten. Dan zou de caisson onmiddellijk gezonken zijn, terwijl hij nog dwars op de drempel lag. Gelukkig begonnen de bovenstroomse sleepboten toen de afstand nog slechts twintig centimeter was, iets minder hard te trekken en zakte het konvooi met de stroom mee weer naar een veilige ligging!

14 minuten voor de oorspronkelijk verwachte kentering gingen de afsluiters open voor het zinken, maar de stroom in het sluitgat vertoonde plotseling een heel vreemd verschijnsel, de ebstroom verminderde plotseling en even later trad de kentering al op.

Gezien de zinktijd van ongeveer vijf minuten bleek dit geen bezwaar, maar de waterloopkundigen, die in het studiecentrum op Lauwersoog de operatie radiografisch begeleidden, waren ten hoogste bevreemd. Bij alle vorige plaatsingen was het steeds mogelijk geweest de caisson tijdig op de hoogte te houden van de te verwachten wijziging in het moment van de kentering. Juist bij de belangrijkste plaatsing klopte de voorspelling van dit uitermate belangrijke gegeven in het geheel niet. Achteraf is dit vreemde verschijnsel als volgt verklaard. De uitwateringssluizen waren tijdens de ebperiode steeds geopend. Zij lieten bij de laatste plaatsing het water in het laatste stadium van de eb zo goed door, dat zelfs de toevoer uit de hoofdgeul van de Lauwerszee, het Vaarwater naar Oostmahorn, naar de sluizen trok. Men vermoedt nu, dat het zelfs in een bepaald stadium van de eb is voorgekomen dat het water van buiten naar binnen door de caissons van het sluitgat naar de uitwateringssluizen toe is getrokken. Deze pseudovloed was waarschijnlijk de oorzaak van de versnelde kentering.
Nog was de Lauwerszee niet afgesloten, al werden overal de vlaggen gehesen en bebonnen in de streek rondom de Lauwerszee uitgebreide festiviteiten. Op zaterdag 24 mei werden alle steenstortingen voltooid langs de buitenzijde van de caissons en in de naden. De onderkleppen waren tijdens de eb in de middaguren neergelaten en het wachten was nu op de automatische vergrendeling van de kleppen. Het neerlaten was bijzonder eenvoudig gebleken: met een sliphaak kon de ophangkabel aan de onderkleppen worden losgegooid en de klep kwam dan met een zachte dreun neer in het snel door de caissons stromende water. Eén sliphaak bleek te zijn vastgeroest, hier moest men de ophangdraad doorbranden.
Dreunende geluiden onderin de caissons gaven in de avonduren te kennen, dat de grendels van de kleppen tijdens de laagwaterkentering in de aanslagen kwamen. Snel werd door verschillende ploegen gecontroleerd of alle driehonderd grendels – twee per klep – zover waren gezakt, dat zij inderdaad vast op de aanleg zaten. Slechts bij enkele kleppen bleek dat aanvankelijk niet het geval te zijn. De druk naar binnen werd echter steeds groter en de een na de ander sloten ook de laatste kleppen zich. Van één klep is de grendel vermoedelijk enigszins klem geraakt en pas nadat deze klep om 23.07 uur door een dragline nog even was opgetild, werd hij vast in de aanslag gedrukt. Hiermee was de afsluiting min of meer voltooid. Met de onderkleppen waren ook 84 bovenkleppen dichtgezet. Het water kon nu bij opkomende vloed over de 66 middelste onderkleppen toch weer de Lauwerszee binnentrekken. Ongeveer te middernacht begon het vullen van de Lauwerszee. 's Morgens om 8 uur de 25e mei was de toekomstige stand op de Lauwerszeeboezem bereikt. De laatste 66 bovenkleppen werden gesloten en te 9.23 uur was de afsluiting volledig.
Inmiddels was de vorige avond onmiddellijk na het neerlaten van de onderkleppen begonnen met zandspuiten. In continubedrijf gedurende bijna 14 dagen werd de voet van de caissons over de gehele lengte volledig in het zand gepakt. Nog vóór de bouwvakvakantie zullen de caissons zover in het zandlichaam zijn opgenomen, dat ook de kleinere lekkages verdreven zijn. Spoedig zal het sluitgat zich uiterlijk in niets meer onderscheiden van de rest van de afsluitdijk van de Lauwerszee.

Vorderingen in de periode 1 april - 1 juli 1969

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput en beëindiging van de stortebedden

De kwadranten van de bouwput werden verder onder profiel gebaggerd; er kwam 515 000 m³ zand vrij, dat werd geklapt in het Rak van Scheelhoek. Ter completering van de stortebedden werd er 8500 m² zinkstuk op gelegd, afgestort met 4000 ton steen. Het werk werd sterk vertraagd doordat enkele zinkstukken van het beloop afgleden.

Afsluiting van het Noord-Pampus; aanleg van de buitenhaven

Het westelijk plateau, dat voor een deel werd opgeperst met zand uit de toeleidingsgeul tot de uitwateringssluizen aan de zeezijde, kwam begin mei gereed. Het weglichaam voor de toekomstige hoofdweg, het oostelijk plateau en de westelijke havendam werden verder opgeperst. Het zand werd uit de rivier gewonnen door de zandzuiger 'Bergambacht', en door de perszuiger 'Ammerstol' in het werk geperst.
Voor de bouw van de westelijke havendam werden mijnsteenkaden aangebracht, geprofileerd en verdedigd met kraagstukken. Eind juni was men gereed met het opspuiten van het zand voor deze dam, zodat kon worden begonnen met profileren. In de buitenhaven werd voortgegaan met het aanbrengen van kraagstukken en het zetten van glooiingen. Aan de zeezijde van de havendam is men begonnen een teenverdediging aan te brengen, in de vorm van een asfaltslab.
Aan de noordzijde van het westelijk plateau werd zware stortsteen op de glooiing geschikt. Daarboven werd een koffer van lichtere steen aangebracht, en gepenetreerd met gietasfalt. Het dijklichaam werd geprofileerd en met asfaltbeton bekleed. Op het zuidelijk haventerrein kwam men met de waterkering gereed. Men werkt verder aan de teenconstructie en de azobé-damwand.
Begin mei werd een asfaltinstallatie aangevoerd.
De cutterzuiger 'Linge' zette aanvankelijk het werk voort aan de ontgraving van de buitenhaven. De vrijkomende specie werd geperst in een stort ten zuiden van de vissershaven. Begin april kwam de 'Linge' met zijn werk klaar, en werd vervangen door de baggermolen 'Rocker'. De specie van deze baggermolen werd in het Haringvliet geklapt.

Uitbreiding van de binnenhaven

De haven werd verder op diepte gebracht. Langs de noordwestelijke oever is de reeds bestaande loswal met 57 m verlengd, met behulp van stalen damwand van 12 m lengte. Op een gedeelte van de drainagelaag, de betonsloof en de bestrating na, is dit deel van het werk voltooid.
De taluds in het verlengde van de loswal en in de insteekhaven zijn over een lengte van 350 m afgewerkt.

Bodembescherming in het Rak van Scheelhoek

Het opklappen van de drempel en de bezinking kwamen in de verslagperiode ge-

reed. Nadat de zandzuiger 'M. C. Vaarwater' 113 000 m³ zand had geklapt in de drempel, werd hij afgevoerd. Daarna werd nog 461 000 m³ zand in het werk geklapt dat afkomstig was van de kwadranten van de bouwput van de uitwateringssluizen. Op 85 000 m² zinkstuk die het geklapte zand afdekten werd 77 000 ton steen gestort.
De filterconstructie rondom de zuidelijke pyloon kwam gereed; er werd 9500 ton grind in verwerkt. Over de gehele drempel wordt thans een steenkorst aangebracht.

Vervaardiging van betonblokken voor de sluiting van het Rak van Scheelhoek

De fabricage van 48 000 betonblokken in Oosterhout en 70 000 betonblokken in Stellendam is in volle gang. De in Oosterhout vervaardigde blokken worden door vrachtauto's met aanhangwagens naar het depot op het plateau van Voorne gereden, en daar in klezoorverband vijfhoog opgestapeld. Tot op heden zijn 23 000 blokken vervaardigd.
Op een werkterrein aan de werkhaven te Hellevoetsluis zal een dezer dagen worden begonnen met de fabricage van 22 000 betonblokken.

Stand van het zandbedrijf in het Volkerak op 4 juli 1967



Volkerak

Herstel van de ringdijk van de bouwput voor de caissons

Na de sluiting van het Volkerak werd de doorgraving van de ringdijk van de bouwput voor de caissons weer aangevuld. Daartoe werd door de zandzuiger 'IJmuiden 11' zand gewonnen op de rivier dat vervolgens met onderlossers werd geklapt in het tracé van de ringdijk. Toen het peil van N.A.P. – 1,50 m was bereikt werd de rest van het zand per auto uit het depot aangevoerd. Op dinsdag 17 juni werd de ringdijk bij L.W. gesloten, waarna men de verdere opbouw van het dijklichaam ter hand heeft genomen.

De afsluitdam in het Volkerak

In de periode van 8–25 april 1969 werden veertien caissons afgezonken in het sluitgat in de Volkerakdam. Een uitgebreid verslag daarvan is elders in dit Driemaandelijks Bericht opgenomen. Op 28 april werden de schuiven van de twaalf doorlaatcaissons neergelaten. Diezelfde dag werd een aanvang gemaakt met het persen van zand. De zuigers 'Queen of Holland', 'Concorde' en 'Versde' hebben inmiddels in een periode van 6 weken al 3 000 000 m³ zand tegen de caissons gespoten.

Deurenbergplaats met loswal en uitzichtplateau nabij het sluizencomplex

Op 14 januari 1969 is de aannemer, de n.v. Aannemersbedrijf v/h van Dongen en van Hoven begonnen met de uitvoering van dit werk. De aannemingssom bedraagt f 1 038 000,–. Het heiwerk voor de deurenbergplaats en voor het uitzichtplateau is voltooid. Ook de vloer en een gedeelte van de opbouw van het uitzichtplateau zijn gereed gekomen. De bekisting van de vloer van de deurenbergplaats wordt uitgevoerd als hangconstructie, rustend op over de palen aangebrachte beugels. Medio juli zal de vloer worden gestort.

Uitbreiding van de wachtplaatsen in de voorhavens

Na de ingebruikneming van de Volkeraksluizen bleek dat de bestaande wachtplaatsen uitbreiding vereisten. De uitbreiding werd voor een bedrag van f 1 846 624,– opgedragen aan Mannesmann Nederland N.V. te Rotterdam.
De aannemer is inmiddels in de noordelijke voorhaven begonnen met het heien van betonpalen voor de betonnen loopbruggen naar de dukdalven.

Brouwershavensche Gat

Bodembescherming in de zuidelijke stroomgeul

In de verslagperiode werden de laatste zinkstukken ter bescherming van de laag fijn grind gezonken en werd de nabestorting voltooid. De bodembescherming van de stroomgeul is thans gereed. In totaal werden verwerkt: 266 000 m² zinkstukken, waarvan 49 000 m² met een zanddichte zool; 38 000 ton asfaltmastiek; 75 000 ton stortsteen 10/60 kg; 145 000 ton stortsteen 60/300 kg en 92 000 ton grind.

Werk- en opslagterrein bij West-Repart

Bijna de gehele oppervlakte van het opslagterrein is thans met cement gestabiliseerd. Het nog resterende gedeelte ter plaatse van de onderbouw van het zuidelijk kabelbaangedeelte zal na het gereedkomen van die onderbouw in het najaar worden afgewerkt. De belopen en sloten werden definitief onder profiel gebracht, doch pas in het najaar zal er gras worden ingezaaid.
De omgelegde Rampweg met bijbehorende parkeerterreinen kwam eind juni gereed en kon vóór het begin van het toeristenseizoen worden opengesteld.

Werkweg tussen Schelphoek en West-Repart

Met de aanleg van de werkweg werd in mei begonnen. Het werk wordt uitgevoerd door de Aannemings Maatschappij 'Schouwen-Duiveland' te Zierikzee onder directie van het Arrondissement Goes van de Rijkswaterstaat in de Directie Zeeland. Het grondwerk is in volle uitvoering; een gedeelte van de wegverharding is al gereed.

Fundering van de kabelbaan

De zuidelijke oeverpyloon kwam gereed; van de noordelijke pyloon moet het bovengedeelte nog worden aangebracht. Op de Middelplaat kwam het betonwerk van sloven en kabelverankering tot maaiveldhoogte klaar; tevens werd een zevental jukken vervaardigd. Eind juni kon de tunnel in de omgelegde Rampweg voor het verkeer worden opengesteld.

Damvak Springersdiep

Begin april is men met het werk begonnen door een gedeelte van de bezinking met nabestorting onder de te maken havendammen aan te brengen. Enkele zinkstukken voor de verdediging van de damkop werden al vervaardigd, en tijdelijk opgeslagen in de werkhaven Den Osse.
Na aanvankelijk stagnaties ondervonden te hebben als gevolg van het slechte weer, begon de profielzuiger 'Edax' op 27 mei in volcontinu-bedrijf (dat wil zeggen 168 uur per week) zand te persen in het damvak. Nadat de cutterzuiger 'H.A.M. 207' al bij het stellen was uitgevallen wegens het breken van een spudpaal, werd op 10 juni de cutterzuiger 'Sliedrecht XVII' ingezet, eveneens in volcontinu-bedrijf.
De stroomgeul die het damvak moet kruisen is nagenoeg gesloten. In de verslagperiode werd bij benadering 1 500 000 m³ zand in het werk gebracht.
De mijnsteen voor de teenkaden werd deels geklapt en overigens uit elevatorbakken gelost op auto's en verder in de kaden uitgereden. Reeds werd 40 000 ton mijnsteen verwerkt in kaden en als vulling van de eenheidscaissons. Het uit drie

eenheidscaissons bestaande landhoofd bij de kop van de dam en de uit eenheidscaissons samengestelde loswallen zijn gereed gekomen.
Een begin werd gemaakt met de aanleg van de twee havendammen, samengesteld uit stortsteen 60/300 kg, stortsteen 300/1000 kg en mijnsteen. Deze materialen werden met drijvende kranen uit depots of aanvoerschepen geladen in elevatorbakken en met drijvende kranen in het werk gebracht.
In de verslagperiode werd 50 000 ton steen 10/60 kg, 27 000 ton steen 300/1000 kg en 125 000 ton mijnsteen aangevoerd. De materialen werden deels direct verwerkt en deels opgeslagen in waterdepots.

Bouw van de doorlaatcaissons

Van alle twaalf doorlaatcaissons kwamen de vloeren gereed. Van vijf caissons kwam het tweede stort gereed; van één caisson werden de kolommen al gestort. De bekisting van de kopwanden van twee caissons is geheel gereed. Begonnen is met het maken van de bekisting voor de bovenregels van de dwarsspanten. Van zeven caissons zijn de diagonaalverbanden gesteld en van zes caissons de schuifgeleidingen. De vloer en het tweede stort van de beide landhoofdcaissons kwamen gereed. Begonnen is met het maken en stellen van de bekisting voor het derde stort.
Voortgegaan werd met het aanbrengen van de filterglooiing op de taluds van de bouwput.

Oosterschelde

Werkhaven Schelphoek

Ten behoeve van de werkzaamheden in de Oosterschelde werden in de verslagperiode de volgende materialen aangevoerd en in depots opgeslagen of verwerkt: 97 000 ton Belgische mijnsteen, 30 000 ton Duitse mijnsteen, 108 000 bossen rijshout, 68 000 m² filterdoek, 45 000 ton grind tout venant.
Verder werden langs de taluds van de havenkom 21 opzetstukken voor eenheidscaissons opgeslagen.
Naast de werkhaven is een zate van asfaltbeton gemaakt waarop zinkstukken met een zanddichte zool en klassieke kraagstukken gemaakt worden voor het werkeiland op de Roggenplaat. Bij het glad maken van het oppervlak van de zate werden enige moeilijkheden ondervonden.

De oeververdediging van Noord-Beveland

In mei werden de werkzaamheden ten behoeve van de oeververdediging van Noord-Beveland hervat. Begonnen werd met het storten van fosforslakken met behulp van een afmeerponton en drie onderlossers. De slakken worden per vrachtauto vanaf de fabriek te Vlissingen-Oost naar de werkhaven 'Sophiapolder' vervoerd en aldaar van de loswal in onderlossers geladen.

Werkhaven Sophiapolder

De werkzaamheden kwamen in deze verslagperiode gereed. Het werk werd op 16 mei voor de eerste maal opgeleverd.

Werkeiland op de Roggenplaat in de mond van de Oosterschelde

Op 17 april werd het werk gegund aan de N.V. Aanneming Maatschappij 'Dijksbouw'. Op 30 april daaraanvolgend werd het eerste zinkstuk ter plaatse van de aanzet van de schermdam aan de zuidoosthoek van het eiland gezonken.
Het werk bestaat voornamelijk uit het aanbrengen van de randbezinking rondom het eiland, en vervolgens de opbouw van de mijnsteen- en zandasfaltkaden vanaf N.A.P. – 6 à 7 m tot N.A.P. en het daarachter persen van zand.
In de aanloopperiode, tot 1 juni, werden

ken, 5000 m² klassieke stukken en 150 000 40 000 ton mijnsteen, 22 000 m² zoolstukken, 5000 m² klassieke stukken en 150 000 m³ zand.
Het werk werd uitgevoerd met behulp van vier zandzuigers, dertien onderlossers, elf sleepboten, zes vlotten, vier drijvende kranen, twee steenstorters, twee afmeerpontons en een baggermolen.
Om de verwerkbaarheid van zandasfalt onder water te beproeven zou aan de noordzijde van het werkeiland 700 m zandasfaltkade worden gemaakt, terwijl overigens overal mijnsteenkaden werden opgebouwd. Het zandasfalt zou worden aangebracht door het asfaltschip 'Jan Heymans'. In totaal zou 75 000 ton zandasfalt, bestaande uit 96% zand en 4% bitumen, verwerkt worden. Op 14 april werd de 'Jan Heymans' aangevoerd. Daar de capaciteit van de droogtrommels niet tot de vereiste hoogte bleek te kunnen worden opgevoerd, werd slechts 32 000 ton zandasfalt geproduceerd en in de kaden verwerkt. Uit deze proef kwam evenwel naar voren dat het mogelijk is in stromend water van een diepte van N.A.P. – 6 m af tot een hoogte van N.A.P. – 0,5 m zandasfaltkaden met een taludhelling van 1 : 4 aan de buiten- en 1 : 2 aan de binnenzijde op te bouwen.
Op 25 juni moest de 'Jan Heymans' worden afgevoerd om bij de Volkerakwerken te worden ingezet voor het verrichten van een andere proef, het maken van zandasfaltkaden boven water.

Eenheidscaissons voor de afsluitingswerken in het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde

Van de 30 in totaal gemaakte caissons werden de laatste zes naar het Veerse Meer versleept en daar opgeslagen. Dertien opzetstukken gingen bij het transport naar de opslagplaats verloren doordat de transportbak kapseisde. Er werden dertien nieuwe vervaardigd. Van de 28 gemaakte opzetstukken werden er 27 in de werkhaven Schelphoek opgeslagen en één in de werkhaven te Bruinisse.
Het werk werd op 23 mei 1969 voltooid opgeleverd.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

In de periode van 21 april tot en met 23 mei werden de 25 caissons voor de afsluiting van de Lauwerszee geplaatst. De reserve-caisson en de eenheidscaissons voor noodgevallen behoefden gelukkig niet te worden gebruikt. Van de caissons werd het overgrote deel bij laagwaterkentering geplaatst; 5 stuks werden bij hoogwaterkentering aan de grond gezet. Viermaal werden twee gekoppelde caissons gelijktijdig neergezet, waaronder ook de beide laatste. Op 24 en 25 mei werden de kleppen in de caissons gesloten, waarbij het door manipuleren met de bovenkleppen mogelijk bleek de Lauwerszeeboezem op het gewenste peil te brengen.
Op 24 mei werd begonnen met het spuiten van zand en aan het eind van de verslagperiode was 2 000 000 m³ zand verwerkt. De caissons zijn nu gemiddeld tot het peil van N.A.P. aan weerszijden in het zandlichaam opgenomen. Reeds is een aanvang gemaakt met het opspuiten van het dijklichaam boven water, waardoor de caissons binnenkort onder het zand zullen verdwijnen. Tevens is een aanvang gemaakt met het maken van de glooiingen.
Op uitgebreide schaal worden voorbereidingen getroffen om diverse werken in en rondom het Lauwerszeegebied ter hand te gaan nemen. Onder andere zijn nog vlak voor de sluiting vele greppels in de landaanwinningsgebieden uitgegraven om een betere ontzilting te verkrijgen, terwijl na de sluiting de eerste maatregelen tegen verstuiven van de grote zandvlakten zijn getroffen.

A. Deltawerken Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de Delta-

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 1072	14 maart 1969	Het verrichten van het onderhoud en de reparatie van de 'Delta-chain' met bijbehorende ontvangst- en controleapparatuur van de Rijkswaterstaat
DED 1084	27 januari 1969	Het maken van een geul door de Plaat van Maltha, het doorgraven van een gedeelte van de ringdijk van de bouwput voor de caissons en het weer aanvullen van deze doorgraving in de gemeente Willemstad
DED 1092	27 maart 1969	Het afsluiten van het Noord-Pampus, het maken van een buitenhaven bij de schutsluis in het Haringvliet en het maken van de grondlichamen voor de wegen tussen de spuisluis en de schutsluis
DED 1100	27 maart 1969	Het maken van een gedeelte van een binnenhaven nabij de schutsluis in de afsluiting van het Haringvliet, in de gemeente Goedereede
DED 1105	6 januari 1969	Het lossen en opschelven van rijsmaterialen in de omgeving van Den Osse
DED 1109	30 januari 1969	Het leveren en monteren van een centrale verwarming oliestookinstallatie in elk van de twee te bouwen dienstwoningen nabij de schutsluis in het Haringvliet te Stellendam
DED 1112	6 januari 1969	Het lossen en opschelven van rijsmaterialen in de werkhaven Schelphoek
DED 1113	19 maart 1969	Het onderhouden van beplantingen en het gras-gewas en het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, steigers en meergelegenheden op en langs terreinen behorende tot de afdeling Afsluitingswerken Noord van de Deltadienst, in de gemeenten Hellevoetsluis, Goedereede en Dirksland in het jaar 1969
DED 1121	8 april 1969	Het leveren van polyetheen weefsel ten behoeve van de stortebedden in het Haringvliet
DED 1128	26 maart 1969	Het lossen en opschelven van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1164	25 maart 1969	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1165	19 maart 1969	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1166	19 maart 1969	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
BR 4573	3 december 1968	Het verhuren van gasturbines ten behoeve van de automoteurs voor de kabelbaan over het Brouwershavensche Gat
BR 4677	26 november 1968	Het vervaardigen en leveren van vergrendelingen voor drijfschotten ten behoeve van de doorlaatcaissons voor het Brouwershavensche Gat

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

Nummers van de Overeenkomst	dienst	Omschrijving
DED 1114	1969/1970	Het vervaardigen en in depot afleveren van betonblokken voor het sluitgat 'Rak van Scheelhoek' van de Haringvlietdam onder de gemeenten Goedereede en Hellevoetsluis, in twee percelen of in massa
DED 1116	1969	Het uitvoeren van baggerwerk in de werkhaven te Hellevoetsluis en in de binnenhaven voor de schutsluis in het Haringvliet in het jaar 1969
DED 1117	1969	Het onderhouden van beplantingen en het gras-gewas, alsmede het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, bermen, steigers en meergelegenheden op en langs de terreinen van de werkhaven, de toegangswegen tot het sluizencomplex en de in uitvoering zijnde afsluitingswerken van het Volkerak en de in eigendom van het Rijk zijnde terreinen van de voormalige buitenpolder Maltha, in de gemeenten Willemstad, Fijnaart en Heiningen
DED 1118	1969	Het herstellen van oeververdedigingen langs de oevers van het Veerse Meer, met bijkomende werken, in de gemeente Wissenkerke
DED 1129	1969/1970	Het maken van het werkeiland Roggenplaat met bijkomende werken in de Ooster-schelde onder de gemeenten Westerschouwen en Veere

werken gesloten overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer(s)
f 55 000,— per jaar	Internationale Navigatie Apparaten N.V. te Amsterdam
f 1 243 300,—	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
f 33 717 920,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
f 1 083 920,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
eenheidsprijzen	Aannemerscombinatie Zinkwerken te Gorinchem
f 12 100	Deerns Verwarmingsmaatschappij N.V. te Rotterdam
eenheidsprijzen	Aannemerscombinatie Zinkwerken te Gorinchem
f 123 400,—	Firma S. L. Kranenburg te Oudenhoorn
eenheidsprijzen	Nicolon N.V. te Enschede
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
eenheidsprijzen	Gebr. v. Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. G. v. Weverwijk & Zn te Zijderveld
eenheidsprijzen	N.V. W. v. Wijngaarden te Sliedrecht
verrekenprijzen	M.A.N. Turbo G.m.b.H. te München-Allach
f 110 150,—	Machinefabriek Thole N.V. te Enschede

gegunde werken.

Aaneemingssom	Aannemer(s)
f 7 250 000,—	N.V. Lodewikus Bouw Maatschappij te Raamsdonksveer
f 567 000,—	Th. Smeulers' Baggermaatschappij N.V. te Utrecht
f 142 700,—	Firma W. v. d. Heuvel en Zn. te Zoetermeer
153 000,—	Aannemingsbedrijf 'Schouwen-Duiveland' N.V. te Zierikzee
0 474 000,—	N.V. Aanneming Maatschappij 'Dijksbouw' te 's-Gravenhage

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Aerophoto Eelde	488	491	502			
Hofmeester	450	452	453	498	506	
Koninklijke Luchtmacht	459	465	472	494	498	
KLM Aerocarto	461					
du Parant	484					
Rijkswaterstaat	464	469	471			
de Vries	495					

Inhoud nr. 50

515 Ir. J. Volkers verlaat de Deltadienst

A. De werken van het Deltaplan

516 Experimenteel verziltingsonderzoek (slot)

523 Eilanden, oeverstroken en oeververdedigingen in en aan het Veerse Meer

529 Het verdichten van zand door middel van trillen

535 Het vervaardigen van betonblokken voor de sluiting van het Rak van Scheelhoek in het Haringvliet

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

538 Verhoging en verzwaring van de zeedijk van het voormalige waterschap 'Stoppeldijk'

541 Verhoging en verzwaring van de zeedijk van de calamiteuze polder Borssele en van de zeedijk van de Van Citterspolder op Zuid-Beveland

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

546 Het verloop van de waterbeweging gedurende de afsluiting van de Lauwerszee. Vergelijking tussen voorspelling en berekening

555 **Vorderingen**

Ir. J. Volkers verlaat de Deltadienst



Het zal de meeste lezers van het Driemaandelijks Bericht reeds bekend zijn, dat ir. J. Volkers, die als opvolger van prof. ir. P. Ph. Jansen op 1 november 1962 tot Hoofd van de Deltadienst werd benoemd, met ingang van 1 augustus j.l. wegens het bereiken van de pensioengerechtigde leeftijd op zijn beurt zijn functie heeft moeten overdragen aan zijn opvolger ir. H. A. Ferguson.
Ik wil niet nalaten aan het vertrek van de heer Volkers enkele woorden te wijden in dit tijdschrift.
Gedurende het tijdvak van bijna 7 jaar waarin ir. Volkers de Deltadienst met een bewonderenswaardige energie en dadendrang heeft geleid, zijn belangrijke vorderingen gemaakt met de grote afsluitingswerken. De Grevelingen en het Volkerak werden beide afgesloten, terwijl de afsluiting van het Haringvliet vrijwel zijn eindfase heeft bereikt; in het Brouwershavensche Gat zijn de werken in volle gang en ook met het grootste en moeilijkste werk, de dam door de Oosterschelde, is reeds een begin gemaakt.
Pleegt aan deze werken vooral in het Driemaandelijks Bericht veel aandacht te worden gewijd, ook van de problemen en activiteiten die verband houden met de wijzigingen die zich door de realisatie van het Deltaplan in het Zuidwesten van ons land voltrekken, werd in het Bericht uitvoerig melding gemaakt. Daaruit kan men zich een beeld vormen van de vele onderwerpen die de aandacht van de heer Volkers hebben gehad, en van de ontwikkeling van de plannen en denkbeelden gedurende zijn ambtsperiode.
De toewijding waarmee de heer Volkers zich aan zijn werk heeft gegeven, heeft enige tijd terug een ernstige aanslag op zijn gezondheid gepleegd. Gelukkig heeft hij geheel hersteld zijn functie van hoofd van de Deltadienst nog weer kunnen vervullen.
Het zij de heer Volkers gegeven in nog steeds goede gezondheid getuige te zijn van de uiteindelijke bekroning van een ontzaglijke hoeveelheid arbeid, waarin hij gedurende de laatste jaren van zijn carrière in overheidsdienst zulk een belangrijk aandeel heeft gehad.

De Directeur-Generaal van de Rijkswaterstaat,

Ir. J. van de Kerk.

Experimenteel verziltingsonderzoek (slot)

De empirische grondslagen voor de berekening van de zoutverdeling in getijrivieren, estuaria en zeeën zijn behandeld in de nummers 45 en 46 (augustus en november 1968) van het Driemaandelijks Bericht. De daarin beschreven methode voor de voorspelling van zoutverdelingen werd toegepast op de Eems, de voormalige Brielse Maas, het Haringvliet, de Oosterschelde en de Westerschelde. De overeenstemming tussen de berekende en de gemeten zoutgehalten in deze estuaria was hoewel ze in meer dan één opzicht sterk verschillen, zeer bevredigend, zodat de gevolgde werkwijze een bruikbare grondslag lijkt te bieden voor het voorspellen van de wijzigingen in de zoutverdeling die te verwachten zijn in de Rotterdamse Waterweg als gevolg van de uitvoering van het Deltaplan. De aan de hand van verricht modelonderzoek voorspelde veranderingen van het horizontale en verticale getij dienen als uitgangspunt voor de berekening van de toekomstige zoutverdelingen.

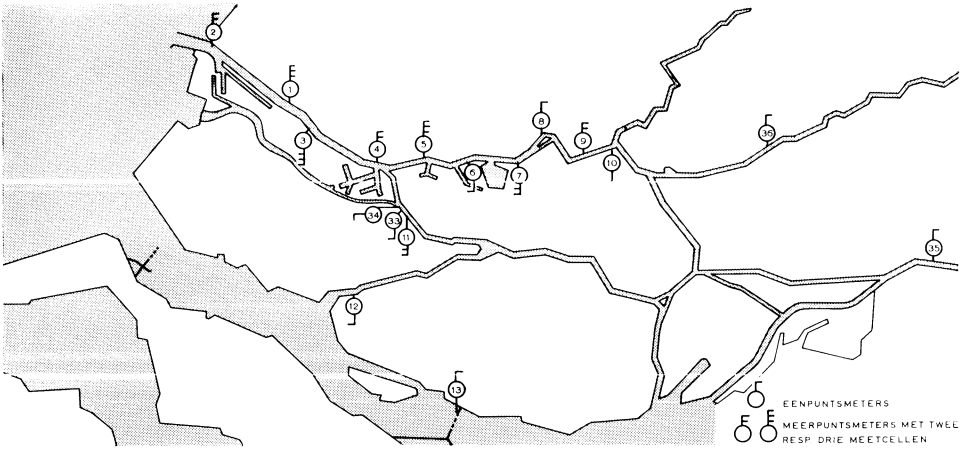
De grootheden die bij de berekeningen een belangrijke rol spelen, zijn het zoutgehalte bij de mond van de rivier, de zoutgradiënt in de lengterichting van de rivier en de verdeling van het zoutgehalte over de diepte van de rivier.

Het zoutgehalte op de overgang van de rivier naar de Noordzee hangt tijdens de laagwaterstroomkentering enerzijds af van de rivierafvoer en anderzijds van de hoeveelheid water die gedurende de voorafgegane vloedfase van het getij de rivier is opgetrokken. De relatie tussen deze laatste drie factoren is niet afhankelijk van de waterdiepte, zodat de sterke verdieping die de Rotterdamse Waterweg in onze eeuw heeft ondergaan, hoewel van belang voor elk van die factoren, er geen invloed op heeft gehad.

Het zoutgehalte nabij de mond van de rivier, dat een randvoorwaarde bij de berekeningen vormt, kan bij een vrijwel constante rivierafvoer belangrijke variaties ondergaan door verschillen in het vloedvermogen gedurende de opeenvolgende getijden. Met dit verschijnsel houdt men in de praktijk rekening door de waarde voor het vloedvermogen behorende bij een bepaalde rivierafvoer naar boven af te ronden, zodat men altijd aan de veilige kant zit.

De zoutgradiënten in de lengterichting van een getijrivier of estuarium worden in sterke mate bepaald door de diepte van de geulen in het rivierbed. De invloed van de zee is bij kleine geuldiepten, zoals in de mond van het Haringvliet, slechts over een afstand van enkele kilometers merkbaar; maar bij grotere diepten, zoals in de Rotterdamse Waterweg, de Ooster- en Westerschelde, bespeurt men hem over vele tientallen kilometers landinwaarts.

De gradiënten worden voorts mede bepaald door de ebstromen. De afvoer van zoet rivierwater – het opperwater – maakt in het meest zeewaarts gelegen deel van een getijrivier of estuarium meestal maar een gering deel uit van de totale ebstroom per getij. De opperwaterafvoer heeft op dit traject dan ook slechts een geringe invloed op de zoutgradiënt. De invloed neemt toe naarmate de opperwaterafvoer – op grotere afstanden van de zee – een groter deel vormt van het totale ebvermogen.
Het verloop van het ebvermogen in rivieropwaartse richting wordt mede beïnvloed door de langs de rivier aanwezige havens en zijrivieren. Dichtheidsverschillen tussen het water in de rivier en in de havens veroorzaken uitwisselingsstromen, die een storende invloed hebben op de getijstromingen. Verschillen in fase tussen de hoofdstroom op de rivier en de stroom uit de haven veroorzaken plaatselijke onregelmatigheden in de zoutverdeling op de rivier.
De zijdelingse onttrekking van water aan de rivier moet eveneens in de berekeningen worden betrokken, aangezien de opperwaterafvoer naar zee daardoor wordt verminderd en de randvoorwaarde van de zoutverdeling derhalve ongunstig beïnvloed. De zoutbestrijding bij sluizen aan zee of aan de zeearmen vereist een grote hoeveelheid zoetwater. Om een indruk te geven: de zoutwering bij de in aanbouw zijnde Kreekraksluizen, waar de modernste middelen worden toegepast, zal nog altijd gemiddeld 10 m³ zoet water per seconde per sluis vereisen. Een zeevaartsluis vraagt een veelvoud van deze hoeveelheid. De land- en tuinbouw, alsmede de waterleidingbedrijven en de industrie, vragen eveneens in toenemende mate om zoet water uit de rivieren.
De bruto opperwaterafvoer is daarom zelfs bij zeer lage afvoeren van Lek, Waal en Maas in onze ramingen steeds verminderd gedacht met 230 m³ per seconde. De uitwateringssluizen in het Haringvliet zullen bij lage rivierafvoeren praktisch altijd gesloten zijn, zodat de opperwaterafvoer langs de Nieuwe Waterweg bij een extreem lage Rijnafvoer van 640 m³ per seconde, na aftrek van de afvoer van de Gelderse IJssel en de vermelde onttrekking van 230 m³ per seconde, tot een minimum van ongeveer 300 m³ per seconde kan afnemen.
De verticale zoutverdeling is tijdens de laagwaterstroomkentering afhankelijk van de rivierafvoer, het plaatselijke vloedvermogen en de waterdiepte.
In de Rotterdamse Waterweg zijn de factoren die de zoutverdeling bepalen, in de loop der tijden sterk veranderd; ook in de toekomst kunnen nog wijzigingen optreden. Voor de berekeningen van de toekomstige zoutverdeling op deze rivier moesten derhalve voor de verschillende factoren veronderstellingen worden gemaakt. De grootste moeilijkheid doet zich voor bij het voorspellen van de toekomstige waterdiepte, die op het verziltingsverschijnsel een dominerende invloed heeft.
De uitgevoerde berekeningen tonen aan dat de verziltende invloed van het zeewater bij deze lage afvoer tot voorbij het splitsingspunt van de wateren nabij Dordrecht zou doordringen indien het rivierbed van de Nieuwe Waterweg vergeleken met de huidige toestand nog een verdere verdieping zou ondergaan. De Oude Maas, de Dordtsche Kil en het Haringvlietbekken zouden hierdoor met verzilting vanuit de Noord worden bedreigd. Een dergelijke ontwikkeling moet met alle ter beschikking staande middelen worden voorkomen. De netto opperwaterafvoer langs de Nieuwe Waterweg kan evenwel niet in voldoende mate worden vergroot. Er valt hier niet te denken aan een oplossing van het vraagstuk door middel van in reservoirs opgeslagen reserves, omdat voor de zeer grote hoeveelheden die nodig zouden zijn, de bergingsruimte ontbreekt. Het beperken van de wateronttrekking aan de rivieren is evenmin mogelijk, omdat de onttrokken hoeveelheid in hoofdzaak bestemd is voor de bestrijding van de verzilting op andere plaatsen langs de Noordzee en de Westerschelde. Het enige overblijvende mid-



Opstelling van registerende zoutmeters langs de Nieuwe Waterweg, de Nieuwe Maas en de Oude Maas

del om de verziltende invloed van de zee terug te dringen is een beperking van de diepte van de vaargeulen in de Rotterdamse Waterweg. Uit de lodingskaarten blijkt dat de rivierbodem op vele plaatsen dieper ligt dan voor het scheepvaartverkeer van zee naar de verschillende havens en omgekeerd wordt vereist. Daarom is een gewenste uiterste bodemligging voor de toekomst vastgesteld die de bestaande scheepvaartbelangen zoveel mogelijk onverlet laat en de dreiging van de verzilting in het noordelijke Deltabekken beperkt. De gewenste diepte van het rivierbed tussen Hoek van Holland en de mond van de Tweede Petroleumhaven tegenover Vlaardingen is bepaald op N.A.P. – 16 m. Dit riviergedeelte wordt bovendien waar nodig tegen de uitschurende werking van de getijstromen en meer in het bijzonder tegen de zogenaamde terugschrijdende erosie vanaf de zeezijde beschermd door er een laag zeegrind op aan te brengen met een dikte van ongeveer 30 centimeter. Voor het riviergedeelte vanaf Vlaardingen tot de Waalhaven zal een maximale diepte van N.A.P. – 13 m worden aangehouden en voor het aansluitende gedeelte tot aan de Willemsbrug te Rotterdam een bodemligging op N.A.P. – 11 m. De diepte op het resterende riviergedeelte vanaf de Willemsbrug in rivieropwaartse richting wordt beperkt tot N.A.P. – 8 m. De aldus bepaalde dieptelijn in de vaargeul is, samen met de in het najaar van 1968 gepeilde dieptelijn, weergegeven in fig. 25. Het verschil tussen beide lijnen is opvallend groot, vooral op de gedeelten ten oosten van Vlaardingen. Voor de realisering van de gewenste diepte op dit traject is een grote hoeveelheid zand nodig. De ervaring moet dan leren of de bodem bovendien nog moet worden afgedekt met een stroombestendig materiaal om de bodemligging op de gewenste diepte te handhaven. De op de verondiepte Rotterdamse Waterweg met de beschreven voorspellingsmethode bepaalde zoutverdeling bij de lage Rijnafvoeren van 640, 1000 en 1300 m³ per seconde is weergegeven in fig. 26. De daar aangegeven waarden gelden bij een gemiddeld getij op zee en een rivierwateronttrekking, inclusief voeding van het Zeeuwse Meer, van 230 m³ per seconde. Wat betreft de waterstaatkundige toestand veronderstelt fig. 26 dat het Volkerak en het Haringvliet zijn afgesloten, maar de Oude Maas niet; bovendien dat de Europoort bereikbaar is voor zeer grote schepen.

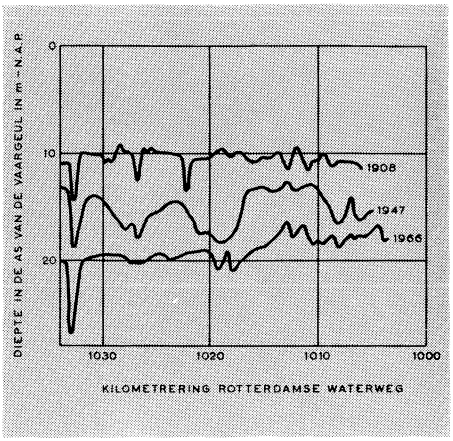


Fig. 24. Het diepteverloop van de Rotterdamse Waterweg in verschillende perioden

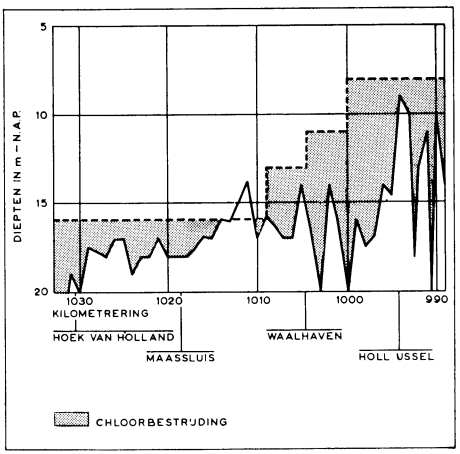
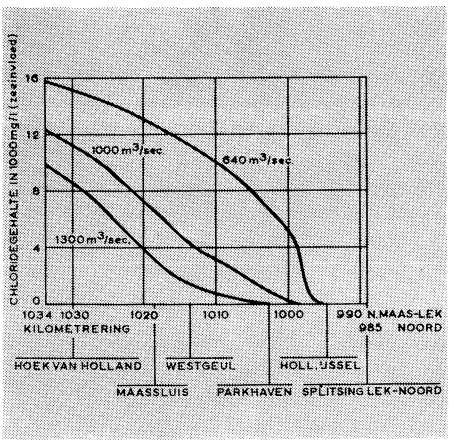


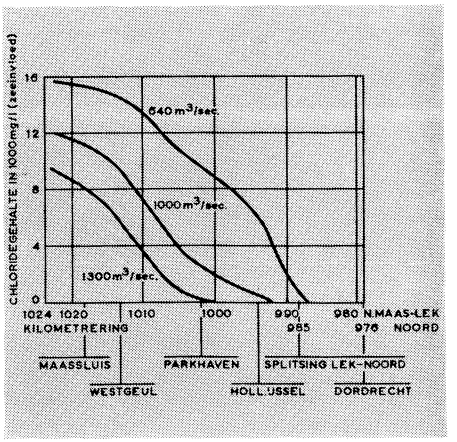
Fig. 25. Diepteverloop in de as van de vaargeul van de Rotterdamse Waterweg in 1968 en volgens de bepaalde trapjeslijn

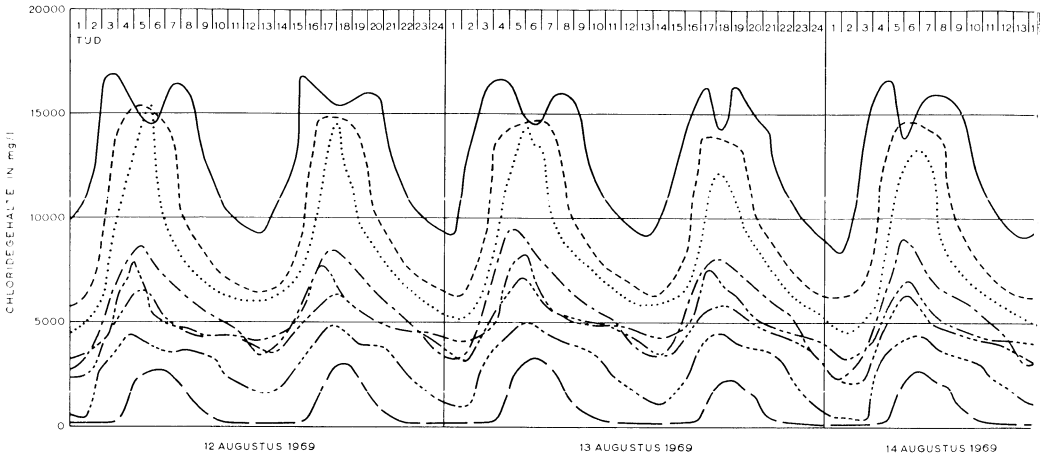
Fig 26. a en b. Toekomstige zoutverdeling op de verondiepte Rotterdamse Waterweg bij Rijnafvoeren van 640, 1000 en 1300 m³ per seconde bij laagwaterkentering (a) en hoogwaterkentering (b)

a.



b.





Uit het verloop van de berekende zoutverdeling blijkt dat de zee-invloed dan zelfs bij de laagstbekende Rijnafvoer gemiddeld niet verder reikt dan tot het benedendeel van de Noord tijdens de vloedperiode en tot dichtbij de mond van de Hollandsche IJssel tijdens de ebperiode. Het rivierenknooppunt nabij Dordrecht zal bij de toekomstige bodemligging onder gemiddelde omstandigheden afdoende tegen verziltingsgevaar zijn beschermd. De ervaring leert dat de Hollandsche IJssel als aanvoerweg van zoet water dienst kan blijven doen, zolang de mond van deze rivier tijdens de laagwaterstroomkentering vrij blijft van verziltende invloeden. Dit houdt in dat de Hollandsche IJssel bij de vastgestelde bodemligging bruikbaar blijft als aanvoerweg van zoet water naar midden-west-Nederland, behoudens in exceptionele gevallen van korte duur.
Een nader onderzoek is verricht naar de waterhuishoudkundige gevolgen van eventuele verdere ontwikkelingen op het gebied van havens en scheepvaartwegen in het noordelijke Deltagebied. Aangenomen dat de bodemligging gefixeerd blijft op de vermelde hoogten zullen de bedoelde ontwikkelingen in het kader van onze probleemstelling doorgaans neerkomen op een toeneming van het getijvolume vanaf de zee tot aan een bepaald punt waar havenaanleg plaats heeft. De randvoorwaarde van het zoutgehalte op de overgang van de rivier naar de zee zal hierdoor ongunstig worden beïnvloed, omdat het vloedvolume toe zal nemen. Hiertegenover staat dat de zoutgradiënten in de lengterichting van de rivier iets toe zullen nemen, omdat behalve het vloedvermogen ook het ebvermogen groter wordt. Deze invloeden werken elkaar tegen, zodat bepaalde ontwikkelingen op het gebied van havenaanleg en scheepvaart niet bij voorbaat als onaanvaardbaar voor de waterhuishouding behoeven te worden beschouwd. Vastlegging van de hoogteligging van de rivierbodem zal in ieder geval een primaire voorwaarde zijn voor de mogelijkheid van dit soort ontwikkelingen.

Maatregelen ter controle van de zoutverdeling

De zoutverdeling op de Rotterdamse Waterweg is gevoelig voor alle veranderingen, zowel van natuurlijke aard door wind en getij, als van kunstmatige aard door ingrepen in de waterstaatkundige toestand. Het is dus van groot belang om over continu geregistreerde gegevens betreffende de zouttoestand te beschikken. Daartoe zijn op geschikte

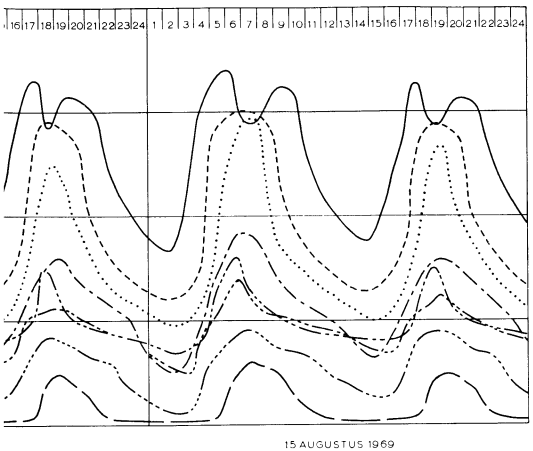


Fig. 27. Bewerkte resultaten van de geregistreerde zoutgegevens op een diepte van N.A.P. – 2,50 m in augustus 1969

punten langs de oever van de Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas en Oude Maas registrerende zoutmeters opgesteld. Deze apparaten registreren de specifieke elektrische geleidendheid van het water op verschillende diepten.
Enkele details betreffende de verschillende meetstations worden hieronder vermeld.
Het zoutgehalte wordt uit de elektrische geleidendheid bepaald door middel van ijkgegevens. Fig. 27 geeft het resultaat weer van de bewerking van de geregistreerde zoutgegevens op een diepte van N.A.P. – 2,5 m op het traject Nieuwe Waterweg–Nieuwe Maas, op 12 tot 15 augustus 1969, bij een afvoer van de Rijn afnemende van 1500 tot 1400 m³ per seconde. Uit deze gegevens blijkt hoe de invloed van het getij op de

Meetplaats			Diepte electroden in m beneden N.A.P.			In bedrijf sinds
1 Kruitsteiger	kmr 1023,1	R.O.	2,50 m	5,50 m	8,50 m	17- 6-'69
2 Hoek van Holland	kmr 1030,1	R.O.	2,50 m	4,25 m		18- 5-'66
3 Rozenburg	kmr 1018,8	L.O.	2,50 m	6,25 m	11,00 m	13- 2-'68
4 N.A.M.	kmr 1013,8	R.O.	2,50 m	4,00 m		20- 5-'66
5 Nieuwe Matex	kmr 1010,1	R.O.	2,40 m	5,25 m	8,50 m	12-10-'65
6 Quarantainestation	kmr 1006,8	L.O.	2,50 m	4,50 m		18-11-'65
7 Dokhaven	kmr 1002,8	L.O.	2,45 m	4,80 m		30-12-'65
8 Boerengat	kmr 999,1	R.O.				
9 v. Brienenoordbrug	kmr 995,2	AS	2,50 m	8,50 m		16- 2-'68
10 Bolnes	kmr 993	L.O.				
11 Spijkenisse Brug	kmr 1002,6	AS	2,50 m	5,50 m		18- 7-'68
12 Goudswaard	kmr 1006,8					
13 Haringvlietbrug	kmr 999	AS	10,00 m			11- 8-'69
33 Spijkenisse - inlaatsl.	kmr 1003,1	L.O.	1,15 m			21- 4-'65
34 Spijkenisse - kanaal	nabij sluis		2,75 m			12-11-'65
35 Gorinchem	kmr 957	R.O.				
36 Bergambacht	kmr 977,8	R.O.				

zoutverdeling zich op de achtereenvolgende dagen herhaalt. Enkele onregelmatigheden vallen hierbij op. In de bovenste krommen van het station te Hoek van Holland treedt tijdens de hoogwaterperiode een plotselinge verlaging van het zoutgehalte op, welke wordt veroorzaakt door de uitwisselingsstromen vanuit de haven van Europoort aan de zuidzijde van de rivier. Uit de zoutverdelingskromme van meter no. 4 aan de steiger van de N.A.M. blijkt dat tijdens de laagwaterperiode lagere zoutgehalten werden gemeten dan bij het station bij de Nieuwe Matex, dat 3,7 km verder van de zee verwijderd is. Dit curieuze verschil moet worden toegeschreven aan de stroom zoeter water die tijdens eb uit de Oude Maas wordt aangevoerd.
De zoutkromme van het station bij de Brienenoordbrug, dichtbij de mond van de Hollandsche IJssel, toont dat de zee daar tijdens de vloedperiode reeds invloed heeft. Tijdens de ebperiode wordt hier bij de vermelde Rijnafvoeren nog geen hinder van de verzilting ondervonden. Hierbij moet worden bedacht dat de zoutgehalten zijn gemeten op een diepte van 2,5 m onder N.A.P., en niet het gemiddelde over de gehele diepte voorstellen. Aanvullende metingen moeten worden verricht om de aan de oevers gemeten zoutverdelingen te vertalen in zoutgehalten in de as van de vaargeul.
De met de geïnstalleerde meters opgedane ervaring heeft geleerd, dat de apparaten zeer kwetsbaar zijn en dat ze met grote zorg moeten worden beheerd en onderhouden. Als aan deze voorwaarden wordt voldaan zijn het doeltreffende en onmisbare middelen om het zoutverloop in de rivier op de voet te volgen. Alle bijzonderheden weerspiegelen zich in de meetresultaten. Zo kunnen de gemeten zoutgehalten aanwijzingen geven over afwijkende waterbewegingen als gevolg van windinvloeden. Ook kunnen de gevolgen van ingrepen in de waterstaatkundige toestand met meer zekerheid worden vastgesteld. Dit laatste is van groot belang wanneer na 1970 het Haringvliet is afgesloten en het noodzakelijk zal zijn de gevolgen van bepaalde handelingen met de Haringvlietsluizen voor de Nieuwe Waterweg snel te bepalen. Met het oog op de situatie na 1970 wordt een net van waaarnemingspunten ter bepaling van het zoutgehalte van het grootste belang geacht.

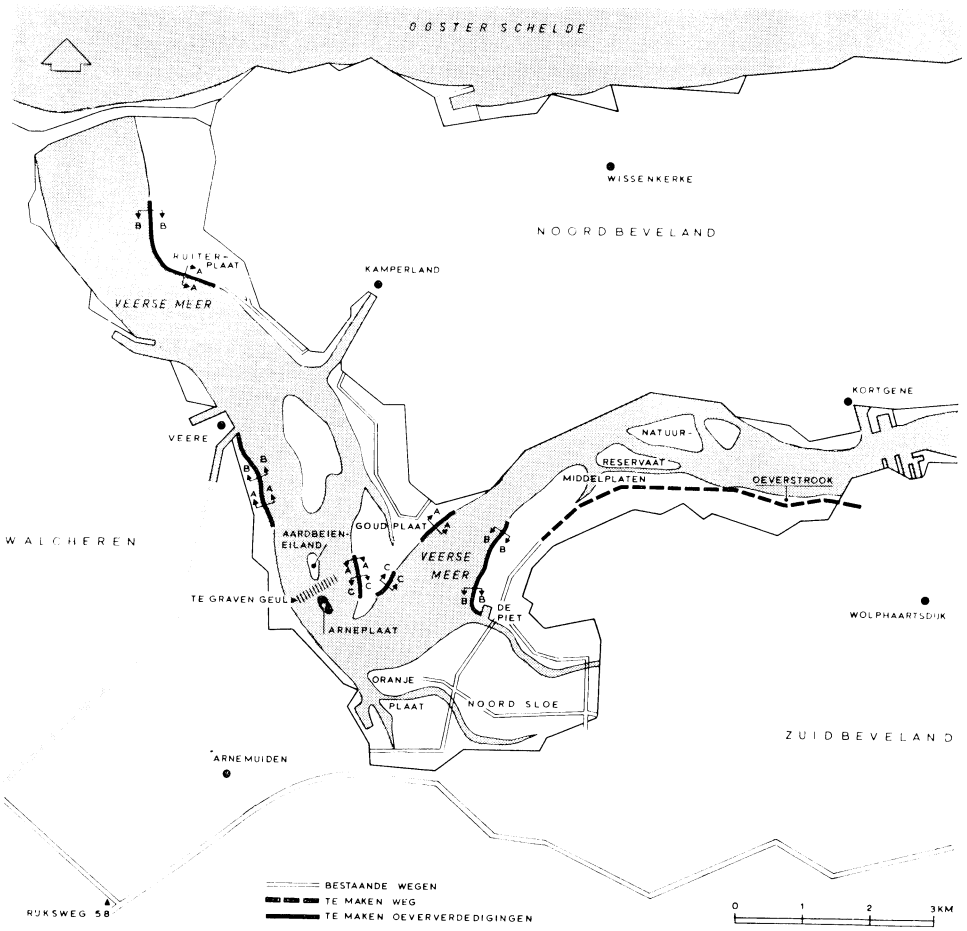
Eilanden, oeverstroken en oeververdedigingen in en aan het Veerse Meer

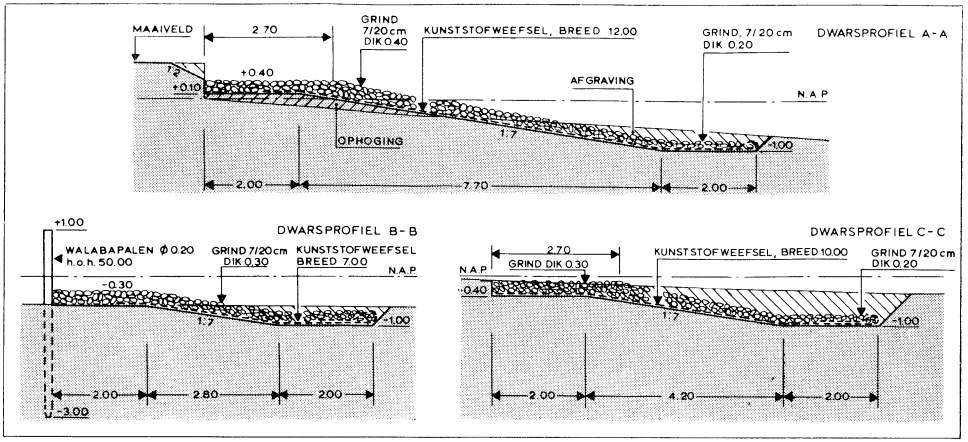
Drie jaar geleden werd in nr. 38 (november 1966) van deze Berichten een kaartje afgedrukt van het toen geldende bestemmingsplan voor het Veerse Meer. Daaruit en uit het bijbehorende artikel kon in grote trekken worden opgemaakt wat er tot aan de herfst van 1966 zoal tot stand was gebracht op het gebied van de openluchtrecreatie. Voorzover de financiële middelen het toelieten is sindsdien gestaag verder gewerkt aan de verschillende projecten. De in dit gebied werkzame Rijksdiensten hebben onder meer de volgende werken gerealiseerd: de aanleg van 5 km weg in het gebied ten zuiden van Kamperland, een wegvak van 2 km de Ruiterplaat ten zuidwesten van Kamperland, oeververdedigingen tot een lengte van bijna 2 km en de verdere inrichting van enkele gebieden voor de oeverrecreatie. Speciaal het druk bezochte gebied ten noorden van de haven 'De Piet' moet worden vermeld. Daarwerd een ringweg aangelegd, met parkeerplaatsen voorzien van wat strekt tot instandhouding van de openbare hygiëne, zoals papierbakken en toiletten. De bebossing rond de parkeerplaatsen werd uitgebreid. Met financiële steun van het Ministerie van Economische Zaken hebben voorts de gemeenten Arnemuiden en Wissenkerke hun jachthavenplannen op de Oranjeplaat en bij Kamperland kunnen realiseren. Het recreatieschap 'Het Veerse Meer' tenslotte heeft, eveneens met overheidssteun, het aantal aanlegplaatsen voor de watersport uitgebreid en ten zuiden van 'De Piet' een oevergedeelte omgevormd tot een verpozingseiland, 'De Omloop'.

Er zal echter nog veel moeten gebeuren voordat het Veerse Meer zo is ingericht dat het optimaal kan functioneren als recreatiegebied. De behoefte aan recreatie in deze streek zal nog belangrijk toenemen naargelang de wegverbindingen met het achterland, onder meer via de in aanbouw zijnde deltadammen, worden voltooid of verbeterd. Het door 'Het Veerse Meer' gepubliceerde Ontwikkelingsplan 1967 geeft een overzicht van de in de komende jaren nog te treffen infrastructurele voorzieningen. Daarnaast zullen nog veel aandacht en geld nodig zijn voor de detailvoorzieningen, die immers voor een belangrijk deel het recreatieklimaat bepalen.

Tot de infrastructurele projecten behoren enige onlangs door de Rijkswaterstaat in uitvoering genomen werken zoals de aanleg van het eiland 'Arneplaat', de ontsluiting van het gebied 'de Middelplaten' ten noordwesten van Wolphaartsdijk en de constructie van oeververdedigingen tot een lengte van in totaal ruim 6 km. De aanleg van de Arneplaat is een onderdeel van het bagger- en eilandenplan dat is opgenomen in het bovengenoemde Ontwikkelingsplan 1967 en waarvan thans het westelijke gedeelte wordt uitgevoerd door de realisering van een drietal eilanden en baggerwerken. De uitvoering daarvan zal geheel worden betaald door het Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maat-

Overzicht van de besproken recreatievoorzieningen in het Veerse Meer





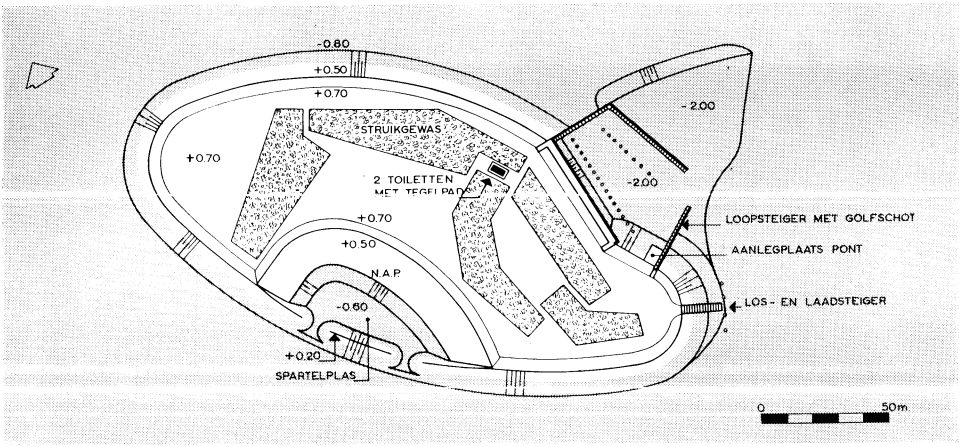
schappelijk Werk. De werken op de Middelplaten en de oeververdedigingen vormen een voortzetting van de boven reeds genoemde werkzaamheden van de Rijkswaterstaat. In de jaren 1971 en 1972 komen in deze categorie nog aan de orde de ontsluiting van de Schotsman en de voltooiing van de oeververdedigingen tot een lengte van 7 km.

De Arneplaat

Het bagger- en eilandenplan bedoelt de aantrekkelijkheid van het Veerse Meer voor de watersport te verhogen door het beteugelen van de golfslag, door het vergroten van de vaarmogelijkheden en door het maken van aanleggelegenheden op plaatsen waar de niet-varende oeverrecreanten niet kunnen komen. Sinds de afsluiting van het Veersche Gat in 1961 zijn de ondiepten in het Veerse Meer die hoger liggen dan ongeveer N.A.P. – 1 m gereserveerd gebleven voor het maken van eilanden, waarvan De Arneplaat nu als eerste in uitvoering komt. Dit eiland is ontworpen op een ondiepte ten westen van de Goudplaat, waarvan het hoogste gedeelte ligt op N.A.P. – 0,5 m ofwel 50 cm onder het zomerboezempeil. De enigszins ovale vorm van het eiland vloeit logisch voort uit de vorm en de grootte van de ondiepte, en uit de eerste fase van de uitvoering, het spuiten van een 'pannekoek' van zand. Zolang het Veerse Meer nog zout zal zijn, tot ca. 1980, is een enigszins ronde vorm bovendien van belang voor de vorming van een zoetwaterlens in de bodem en daarmede voor de geprojecteerde begroeiing. Het eiland heeft een breedte gekregen van 80 m en een oppervlakte van 1,75 ha. Deze maten blijken voldoende voor de aanleg van enkele door struikgewas van elkaar gescheiden lig- en speelweiden.

Aan de oostzijde van het eiland is een haventje ontworpen waarin 22 jachten een ligplaats kunnen vinden. De havenkom wordt omsloten door twee loopsteigers, waarin een geheel gesloten golfschot is opgenomen, om de windgolven uit de haven te houden. Om de verzanding van de havenkom te beperken reikt het schot tot een eindweegs in de bodem.

Het eiland zal rondom worden voorzien van een oeververdediging, bestaande uit een bestorting van grof grind onder een helling van 1 : 6. Een dergelijke verdediging is ongetwijfeld wat hinderlijk voor diegenen die vanaf de oever te water willen gaan. Overwogen is echter dat men veelal zal zwemmen vanaf de boot, dan wel vanaf de steigers Om ook voor kleine kinderen wat mogelijkheden te scheppen is aan de westzijde van het eiland een ondiep spartelplasje ontworpen met een zandstrandje.



Plattegrond van de Arneplaat

Het voor het werk benodigde zand zal worden ontleend aan de ondiepte tussen het te maken eiland en het noordelijk daarvan gelegen Aardbeieneiland. Daardoor zal ten behoeve van de watersport een vaarverbinding worden gevormd tussen de geul westelijk van de Goudplaat en het ruime vaarwater langs Walcheren.

De ontsluiting en inrichting van de Middelplaten

De Middelplaten vormen het grotendeels drooggevallen en overigens ondiepe deel van het Veerse-Meergebied dat zich langs Zuid-Beveland uitstrekt van het Noord-Sloe tot nabij Wolphaartsdijk. Het westelijke gedeelte bestaat in hoofdzaak uit boven het zomerboezempeil van N.A.P. gelegen slikken en platen, terwijl het oostelijke gedeelte, buiten een betrekkelijk smalle hoge schorrand, voornamelijk bestaat uit lage slikken, die bij het winterboezempeil van N.A.P. – 0,70 m slechts gedeeltelijk droogvallen.
De aan Zuid-Beveland grenzende strook grond, waarvan de breedte ligt tussen de 150 en 750 m, heeft een agrarische bestemming gekregen. De in het westelijk deel daarbuiten gelegen gronden vormen met de erop aansluitende ondiepe wateren het natuurreservaat 'Middelplaten'. De scheiding tussen beide gebieden wordt gevormd door een 5 m brede weg, die op het ogenblik in aanleg is en die onder meer zal dienen voor de ontsluiting van de agrarische percelen. Deze weg vormt echter tevens het sluitstuk van een wegverbinding tussen het recreatiegebied ten noorden van Wolphaartsdijk, het gebied voor oeverrecreatie ten noorden van 'De Piet' en het oostelijk van Arnemuiden in ontwikkeling verkerende recreatiegebied 'Oranjeplaat'. In een verdere toekomst zal deze weg een onderdeel kunnen vormen van een toeristische route rondom het Veerse Meer. In het lage oostelijke gebied krijgt het weglichaam de vorm van een kade met een kruinhoogte van N.A.P. + 1,20 m. Het binnen de kade gelegen agrarische gebied zal tezamen met de westelijk erop aansluitende gronden worden bemalen. Het ondiepe en in de winter gedeeltelijk droogvallende gebied buiten de kade, oostelijk van het natuurreservaat, leent zich voor ontwikkeling in de recreatieve sfeer. Om meer vaargelegenheid te scheppen voor de watersport buiten de directe invloedssfeer van de mogelijk toenemende binnenscheepvaart, zou het ondiepe water hier mettertijd kunnen worden verdiept en zouden enkele eilandjes kunnen worden gevormd.

Door het buitenbeloop van de kade buiten het natuurreservaat uit te voeren als een flauw hellende zandige oever, brengt men de strook tussen de weg en het water zoveel mogelijk in overeenstemming met de behoeften van de oeverrecreatie die hier ongetwijfeld tot ontwikkeling zal komen. Ondanks het gekozen strandprofiel, met een helling van 1 : 50, en het feit dat het voorliggende water ondiep is, moet toch worden gerekend op een zekere aantasting van het strand. Ter begrenzing van deze aantasting is op een afstand van 45 m uit de wegverharding een lichte beschoeiing ontworpen van asbest-cement golfplaten en azobépalen met gordingen, die aanvankelijk grotendeels onder het zand verborgen zal zitten.

De voor de oeverrecreatie beschikbaar komende ruimte tussen de wegverharding en het water kan in drie zones worden onderverdeeld: een kleiberm van 15 m breed waarop een grasmat en wat verspreide groepen struiken, een boven water liggende zandige oeverstrook van 30 m, waarop zoveel mogelijk grasbegroeiing zal worden bevorderd teneinde het verstuiven te beperken, en tenslotte een nat strand dan wel een strook ondiep water met een zandbodem. Als in deze laatste zone gedurende de winterperiode verstuiving zou voorkomen, zal men proberen de verstuiving op te vangen in de begroeide zandige oeverstrook.

Voor het parkeren van auto's is op twee plaatsen een pleintje van betonklinkers voorzien, in totaal plaats biedend aan 140 auto's. Bij een drukker bezoek zullen gedeelten van de onverharde berm die aansluiten aan de parkeerplaatsen eveneens voor parkeren kunnen worden opengesteld.

Voor het langs het strand voerende wegvak zal zeker een parkeerverbod moeten worden ingesteld. Om het parkeren in goede banen te kunnen leiden is op een afstand van 6 m uit de verharding en rondom de parkeerterreinen een 'autokering' ontworpen bestaande uit korte paaltjes op een onderlinge afstand van 1 m.

In het ontwerp van de oeverstrook is tenslotte rekening gehouden met een door de gemeente Wolphaartsdijk gemaakt plan voor een circulatie-zwembad met speel- en ligweiden nabij het oostelijke einde van deze oever.

Oeververdedigingen

In de winterperiode 1969–1970 zullen in het Veerse Meer een aantal oevergedeelten, tot een lengte van in totaal ruim 6 km, worden voorzien van een verdediging tegen afslag. In voorgaande jaren werden reeds dergelijke oeververdedigingen aangelegd tot een lengte van 6,5 km. Voor recreatie- en natuurgebieden moet een oeververdediging worden beschouwd als een voorziening die strikt genomen strijdig is met de functie van de terreinen, maar die nu eenmaal moet worden getroffen teneinde te voorkomen dat ze door afslag te veel in omvang afnemen of zelfs helemaal verdwijnen. De strijdigheid ligt daarin dat zowel de recreatie als de natuurbescherming belang hebben bij geleidelijke en onder een flauwe helling in het water overgaande oevers. Brede, ondiepe vooroevers zijn verder van groot belang voor de oeverrecreatie. Een oeververdediging volgens de gebruikelijke constructie vormt echter, vooral wanneer de oever zich na enkele jaren heeft gestabiliseerd, een tamelijk steile begrenzing tussen een vrij hoge droge oever en het voorliggende water met een diepte die onder de op het Veerse Meer heersende omstandigheden tot omstreeks 1,50 m kan gaan bedragen. Voor niet-zwemmers is een waterdiepte van 80 cm echter veel geschikter. Bij de nu in uitvoering te nemen ontwerpen is zoveel mogelijk rekening gehouden met de bovengenoemde overwegingen.

Langs de voor de recreatie bestemde oevers treft men veelal een ondiepe vooroever, met een breedte van 20–80 m, die wordt begrensd door een zich ten gevolge van afslag langzaam landwaarts bewegende zomerwaterlijn op N.A.P. en een veel sneller achter-

uitgaande winterwaterlijn, op N.A.P. – 0,70 m. Waar deze situatie zich voordoet werd het zwaartepunt van de verdediging gelegd in de buurt van de winterwaterlijn, en wel zodanig dat deze verdediging 's zomers onder water verdwijnt. Langs de zomerwaterlijn kan dan worden volstaan met een summiere aanvullende verdediging. De brede ondiepe vooroever kan bij deze oplossing worden behouden terwijl de verdediging langs de zomerwaterlijn geen grote belemmering vormt voor te water gaande recreanten. De zwemmers zullen echter het ongemak dat de overschrijding van de verdediging langs de winterwaterlijn oplevert voor lief moeten nemen. De plaats van deze verdediging zal worden gemarkeerd door palen op een onderlinge afstand van 50 m.
Op plaatsen waar slechts een smalle vooroever wordt aangetroffen moest de verdediging als één geheel worden ontworpen. Na verloop van enkele jaren zal de waterdiepte langs de oever dan 1 à 1,50 m gaan bedragen. Voor kleine kinderen is dat zonder meer te diep. Overal echter waar bij deze oevers achterwaarts nog voldoende ruimte voorhanden is, zijn daarom in dergelijke verdedigingen, plaatselijk om de 200 m, verlagingen geprojecteerd tot 20 cm onder de zomerwaterspiegel. Bij deze verlagingen zal de oeverafslag dan nog enkele tientallen meters voort kunnen gaan, maar ze zal wel ophouden wanneer zich tenslotte een baaivormig strandje heeft ontwikkeld.
In de natuurgebieden werd de kruin van de verdediging vrijwel over de gehele lengte iets lager ontworpen dan de zomerwaterspiegel. Ook daar zal de afslag dan nog enkele tientallen meters door kunnen gaan, maar men verwacht dat de oever zich tenslotte zal stabiliseren. Enig terreinverlies weegt hier minder zwaar dan het verlies van de flauwhellende natte oeverstrook.
De verdedigingen bestaan uit een grindbestorting op een kunststofweefsel. Zowel uit technisch als financieel oogpunt is dit systeem zeer bevredigend gebleken. Het blijft voorlopig nog de vraag of de recreanten dit grind in bevredigende mate ongemoeid zullen laten, omdat tot dusverre nog geen drukbezochte oevers van een verdediging werden voorzien. Het is echter een gelukkige omstandigheid dat de drukst bezochte oevers beschikken over een brede ondiepe vooroever, zodat daar de gelegenheid bestaat het zwaartepunt van de verdediging, en dus het meeste grind, bij de winterwaterlijn te leggen, waardoor dit grind zich 's zomers een eindweegs uit de oever onder water bevindt. Bij wijze van proef is de grindstrook langs de zomerwaterlijn bij het recreatieterrein 'De Piet' voor een groot deel vervangen door een glooiing van grindasfaltbeton. De ervaring zal moeten leren of de hogere kosten van deze constructie worden goedgemaakt door geringer onderhoud.
Oeververdedigingen vormen een noodzakelijk kwaad. Uit een oogpunt van techniek zijn er in feite weinig problemen. Die komen pas wanneer getracht wordt voor een redelijke prijs iets te realiseren waardoor de bestemming van de oevers zo min mogelijk geweld wordt aangedaan.

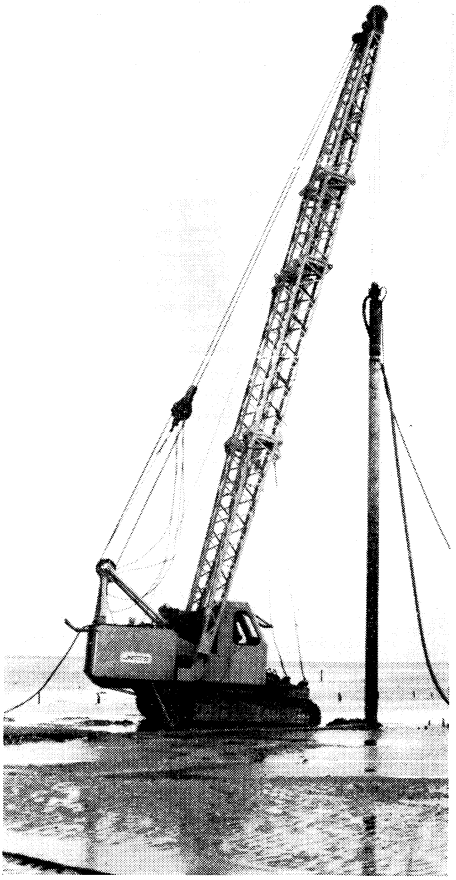
Het verdichten van zand door middel van trillen

In nr. 48 (mei 1969) van het Driemaandelijks Bericht is geschreven over grondverdichtingsproeven in de voormalige Sophia-polder aan de Noordbevelandse oever.
Bij die proeven werd gepoogd het zand in de ondergrond te verdichten door er met springstoffen trillingen in op te wekken. Het resultaat was evenwel teleurstellend, en daarom werd in hetzelfde gebied ook een andere werkwijze getest: de zogenaamde diepteverdichting. Bij deze methode wordt een buisvormig lichaam met een diameter van 35 cm door het spuiten van water in de grond neergelaten, waarbij de buis tegelijkertijd in trilling wordt gebracht door een ingebouwde elektromotor met excentrieken. Is de buis op de gewenste diepte aangekomen, dan wordt het spuiten gestaakt, en vervolgens wordt de buis al trillende langzaam weer omhoog getrokken. Rondom het apparaat ontstaat dan een verdichte zone in het zand. De vastere pakking van het zand veroorzaakt rondom de buis een ruimte die voortdurend vanaf het maaiveld met zand wordt aangevuld. De trillingen van de diepteverdichter hebben slechts een beperkte invloedssfeer: de verdichtingen beperken zich tot een cilindervormig gebied met een straal van hooguit enkele meters rondom de verticaal waar de buis in de grond is gebracht. Wil men de pakking in een groot gebied vaster maken, dan zal de verdichter dus op zeer veel plaatsen in de grond gebracht moeten worden. Enige ervaring met deze methode werd al opgedaan bij een zandverdichting nabij het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen in het Haringvliet (Driemaandelijks Bericht nr. 40, mei 1967).
De proef met de diepteverdichter in de Sophia-polder is uitgevoerd op korte afstand van de plaats waar de ontploffingsproef werd gedaan. De keuze van dit gebied werd bepaald door de wenselijkheid dat de grondgesteldheid voor beide proeven zoveel mogelijk gelijk zou zijn. Dat dit zo was, kon worden vastgesteld aan de hand van een vooronderzoek, dat bestond uit een sondering, een dichtheidsmeting en een boring. Ook de terreinomstandigheden waren voor beide proeven dezelfde. Het maaiveld ligt ter plaatse ongeveer op N.A.P., zodat tijdens het diepteverdichten en meten rekening moest worden gehouden met de getijbeweging. Aan de metingen werd medewerking verleend door het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft. De proef, die een week duurde, vond plaats in maart 1968, vlak voordat in dit gebied begonnen werd met de aanleg van een werkhaven voor de afsluiting van de Oosterschelde.

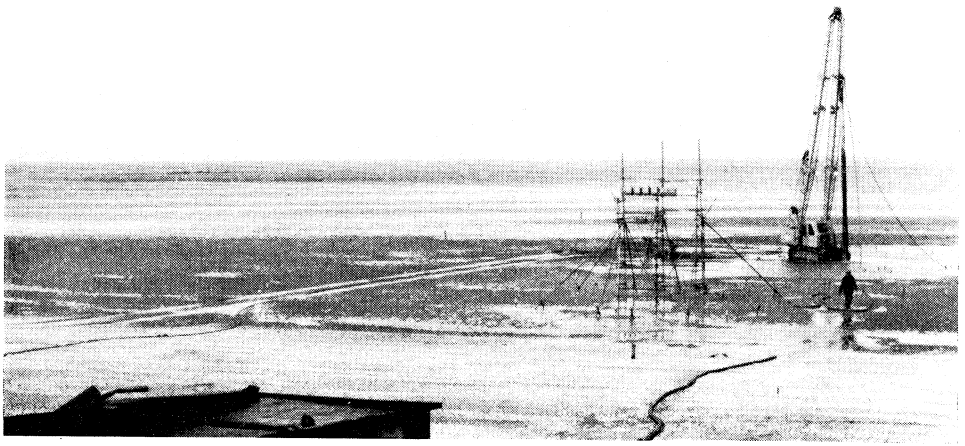
Het meetprogramma

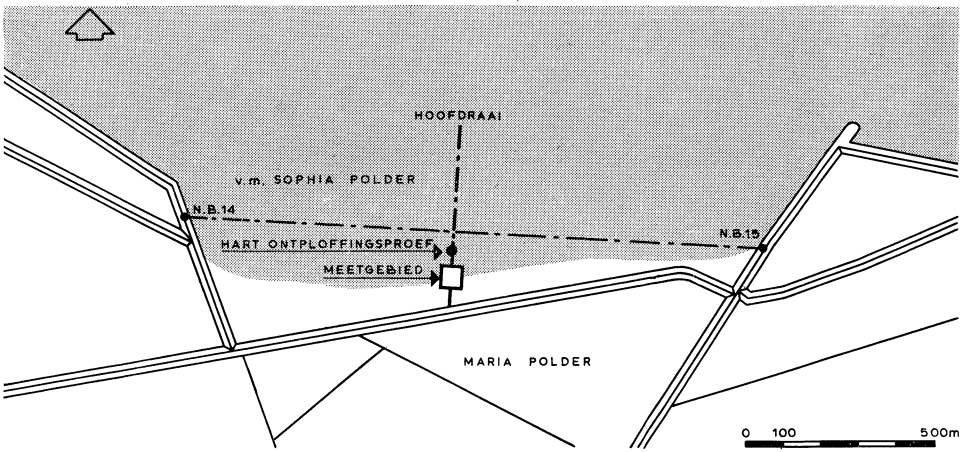
Voordat de eigenlijke proefnemingen konden beginnen diende de grondgesteldheid over het gehele gebied te worden vastgesteld. Daartoe werden negen sonderingen en dichtheidsmetingen en één boring zodanig rond de geprojecteerde verdichtingspunten gegroe-

Het verdichtingsapparaat met de verlengbuizen hangt aan de giek van een dragline



Overzicht van het proefterrein met tril- en meetopstellingen

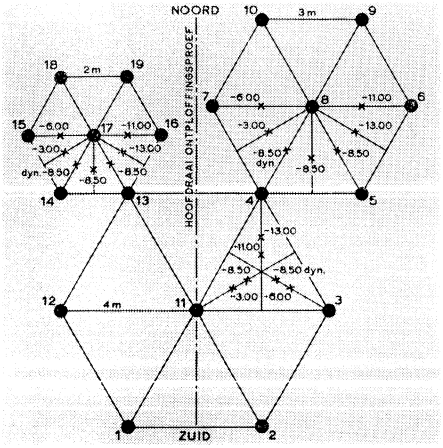




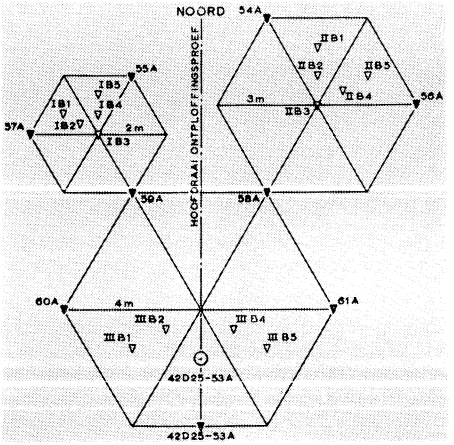
Situatie van het buitendijks gelegen proefterrein op Noord-Beveland

peerd, dat het gehele gebied er door werd ingesloten. Uit dit vooronderzoek kwam vast te staan, dat de ondergrond zeer gelijk van samenstelling was en bestond uit zand waarin plaatselijk sliblaagjes van een geringe dikte voorkwamen. Het poriëngehalte varieerde weinig met de diepte en lag overwegend tussen de 39 en 43%. De conusweerstand bereikte over de verkende diepte (tot N.A.P. – 25 m) nergens hoge waarden.
Voor de eigenlijke proefnemingen werden een groot aantal waterspanningsmeters op verschillende dieptes en afstanden van de verdichtingsvertikalen in de grond gebracht. Tijdens het inspuiten van de buis en het al trillende trekken werd de informatie van deze meters vastgelegd op het fotografisch papier van een tweetal visicorders. Enkele waterspanningsmeters waren van een bijzonder type, waarmee men eventuele snelle drukfluctuaties in het grondwater kon waarnemen. Andere meters volgden de langzaam verlopende verschijnselen.
Na afloop van de proef zijn opnieuw in een groot aantal punten dichtheidsmetingen en sonderingen uitgevoerd op verschillende afstanden van de verticalen waarin getrild was. Op de situatietekeningen staan alle onderzoekpunten aangegeven; de grondmechanische verkenningen vóór de proef zijn daarin met een letter A aangeduid, en die na afloop van de proef met een letter B. Op deze tekeningen kan men ook zien in welke punten er getrild is. Steeds is een driehoekig stramien van trilpunten gevormd. De afstanden tussen de trilpunten zijn verschillend gekozen, op 2, 3 en 4 m. In de verticaal werd getrild tussen N.A.P. – 14 m en enige decimeters beneden het maaiveld. Bij de ontploffingsproef waren de springladingen ook op deze hoogte aangebracht. Op iedere diepte werd anderhalve minuut getrild met een frequentie van 50 Hz, waarna het verdichtingsapparaat een kwart meter werd gehesen. Het werk in één enkel verdichtingspunt was dus al een tijdrovende zaak. Per laagwaterperiode kon dan ook hooguit in drie verticalen verdicht worden. Om de gehele proef niet te lang te laten duren, werd besloten gedurende alle laagwaterperiodes, ook die in de nacht vielen, door te gaan met verdichten en meten. Het verdichtingsapparaat, dat zelf een lengte heeft van 3 m, was door middel van elastisch bevestigde verlengbuizen opgehangen aan de giek van een dragline.
Ter bepaling van het resultaat der proeven dienen de gegevens van het grondonderzoek

1



2



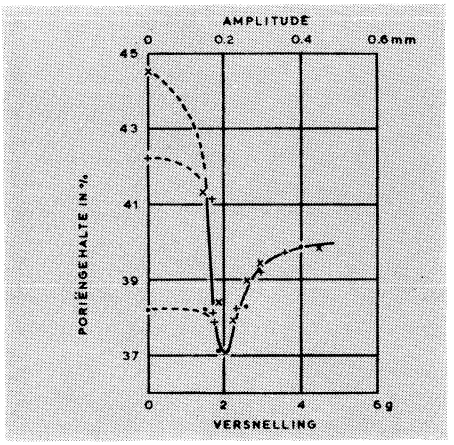
vóór en na de verdichtingsproef onderling vergeleken te worden. Bezien we eerst het terreingedeelte waar in een stramien van driehoeken met een zijde van 4 m is verdicht. In de punten III B 1 en III B 5, waar de omstandigheden gelijk zijn, is de conusweerstand nauwelijks veranderd en in enkele lagen is hij zelfs een klein beetje afgenomen. Het poriëngehalte is in deze punten alleen op een diepte van N.A.P. – 7 tot – 11 m veranderd, en wel verminderd met ca. 2%. Ook de metingen in de punten III B 2 en III B 4 laten voor wat betreft de conusweerstand weinig verandering zien, terwijl het poriëngehalte alleen in de laag van N.A.P. – 8 tot – 10,5 m met ongeveer 2% is verminderd.

De punten II B 1 t/m 5 zijn gelegen in het terreingedeelte waar de verdichtingspunten een onderlinge afstand van 3 m hadden. In dit gebied zijn zeer grote verschillen te constateren in het bereikte resultaat. In een enkel punt, II B 5, werd een zeer grote verdichting gemeten, tot zelfs 6%, terwijl ook de conusweerstand belangrijk toenam, terwijl deze grootheden in het vergelijkbare punt II B 1 bijna niet veranderden. Ook de resultaten van II B 2 en 4 vertonen een deels tegengesteld resultaat. In punt II B 2 veranderde weinig, terwijl in punt II B 4 een verbetering was te constateren in de conusweerstand, terwijl het poriëngehalte met 1 tot 3% afnam. Het verdichtingspunt zelf gaf in de bovenste lagen een hogere waarde van de conusweerstand te zien en een vermindering van het poriëngehalte met 2,5%.

De metingen I B 1 t/m 5 tenslotte zijn uitgevoerd in het gebied waar de verdichtingspunten op onderlinge afstanden van 2 m waren gekozen. In deze punten blijken de resultaten van de diepteverdichting het duidelijkst. Zoals ook verwacht mocht worden, zijn de conusweerstand en het poriëngehalte beneden het niveau waarop de diepteverdichter heeft gewerkt, dus beneden N.A.P. – 14,50 niet gewijzigd. Voor de lagen tot N.A.P. – 14,5 m is gevonden, dat het poriëngehalte in de punten I B 1 en 5 over de gehele hoogte met 2 à 4% is verminderd, en in de punten I B 2 en 4 met 3 à 4%. Ook zijn er aanzienlijk hogere conusweerstanden gemeten. In het verdichtingspunt zelf, meetpunt I B 3, werd een vermindering van het poriëngehalte met ongeveer 3% geconstateerd. De toename van de conusweerstand was betrekkelijk gering.

Samenvattend kan worden gesteld, dat het diepte-verdichten zeker gunstige resultaten heeft opgeleverd. Wordt er gewerkt in een stramien van driehoeken met zijden van 4 m

3



1 en 2. Stramien van boringen, sonderingen, diepteverdichtingspunten en waterspanningsmeters

3. Verband tussen de versnelling van de trillingen en het poriëngehalte van een zandmonster

○ BORING

▼ SONDERING EN DICHTHEIDSMETING VOOR DE PROEF

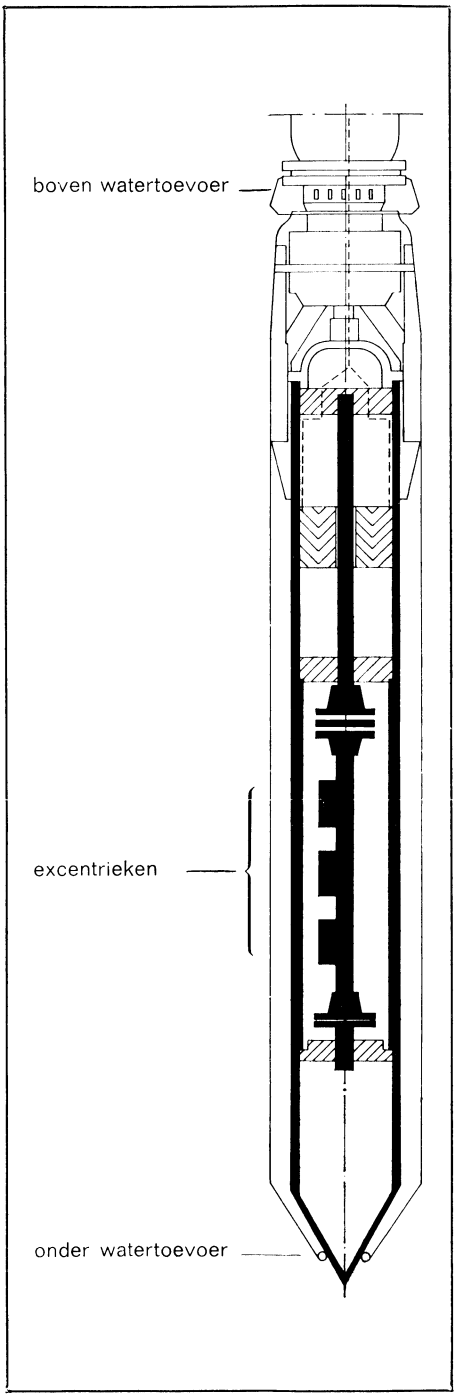
▽ SONDERING EN DICHTHEIDSMETING NA DE PROEF

● DIEP-VERDICHTINGSPUNT MET VOLGNUMMER VAN UITVOERING

× WATERSPANNINGSMETER MET DIEPTEAANDUIDING

dyn. DYNAMISCHE WATERSPANNINGSMETER

4



4. Doorsnede van het trilapparaat

dan treedt slechts plaatselijk, in lagen die zich daartoe lenen omdat ze weinig slib bevatten, een verdichting op. Bij een stramien van driehoeken met zijde 3 m wordt dit ook geconstateerd, hoewel het bereikte resultaat dan al belangrijk beter is. Bij een onderlinge afstand der trilpunten van 2 m tenslotte kan in alle punten over de gehele hoogte waarover de verdichter heeft gewerkt een belangrijke verbetering worden vastgesteld. De beste resultaten werden overigens ook bereikt in de lagen die weinig slib bevatten. In afwijking van hetgeen elders bij soortgelijke proeven en metingen is waargenomen, werden in het verdichtingspunt zelf geen zeer hoge conusweerstanden en geringe poriëngehaltes gemeten. Mogelijk moet dit worden toegeschreven aan het gebruikte aanvulzand, waarmee de door de verdichter gevormde ruimte in de grond werd gevuld. Dit zand, dat ter plaatse van het maaiveld werd gewonnen, was namelijk verontreinigd met slib. Bij toepassing van de trilverdichting in de praktijk zal men er dan ook op moeten toezien dat schoon zand wordt gebruikt. Nabij het proefterrein was het niet aanwezig terwijl aanvoer ervan de proef nodeloos duur zou hebben gemaakt.
Ook werd geconstateerd – geheel tegen de verwachtingen in – dat in meer nabij de verdichtingspunten gelegen verticalen minder goede resultaten waren verkregen dan in de verderaf gelegen verticalen. De ervaring die men opdeed bij de bepaling van de dichtste pakking van zand wees er op dat het blootstellen van zand aan steeds groter wordende versnellingen niet steeds tot grotere dichtheden behoeft te leiden. In verband hiermee werd een enkel monster meer systematisch in deze richting onderzocht. Het bleek dat een – zelfs vrij nauw – begrensd gebied van versnellingen tot de meest gunstige resultaten voerde, hoewel anderzijds bekend is dat deze nauwe begrenzing niet voor alle zandsoorten geldt. In het terrein treden de grootste versnellingen in het verdichtingspunt op en zij nemen met toenemende afstand geleidelijk af. Mogelijk kan dit het proefresultaat verklaren, waar op grotere afstand uit het verdichtingspunt in het gebied met de geringere versnellingen met optimale uitwerking de beste resultaten werden bereikt. De versnelling is niet de enige factor die het verdichtingsproces beïnvloedt. Ook de belasting op het te verdichten materiaal blijkt van invloed te zijn en het is daarom niet uitgesloten dat de plaats waar de dragline met de verdichtingsapparatuur is opgesteld mede invloed heeft gehad op de resultaten.
De waterspanningsmeters, die gedurende het gehele verloop van de proef zijn afgelezen, gaven alleen tijdens het inspuiten van de buis met verdichtingsapparatuur een duidelijke uitslag te zien. Verder is het verloop van de waterspanningen onderzocht en nader bestudeerd met behulp van een geschematiseerde berekening, die een verband aantoonde tussen de grootte van de waterspanningen en de afstand van de plaats van het inspuiten van de buis.
Tijdens het eigenlijke verdichten werden vrijwel geen wateroverspanningen geconstateerd. Verweking is in dat stadium dan ook niet opgetreden en dus ook geen vermindering van de draagkracht van de grond.
Vergelijkt men de resultaten van de ontploffingsproef en de proef met de diepteverdichters, dan springt meteen het zeer gunstige resultaat dat met de laatste proef is bereikt, in het oog. Met de diepteverdichter is een belangrijke verbetering te bereiken van de pakkingsdichtheid van zand zoals dat aan de Noordbevelandse oever voorkomt. Men moet hier dan wel een dicht stramien van verdichtingspunten toepassen. Een onderlinge afstand van 1,5 à 2 m is vereist. Voor het opvullen van de ruimte die de verdichter in de grond maakt, dient men schoon zand te gebruiken. Wil men op grote schaal terreinen op deze wijze verdichten, dan zal dit veel geld gaan kosten. Het is dan ook jammer, dat met springstoffen niet het beoogde doel werd bereikt, althans niet in het zand van de voormalige Sophiapolder.

Het vervaardigen van betonblokken voor de sluiting van het Rak van Scheelhoek in het Haringvliet

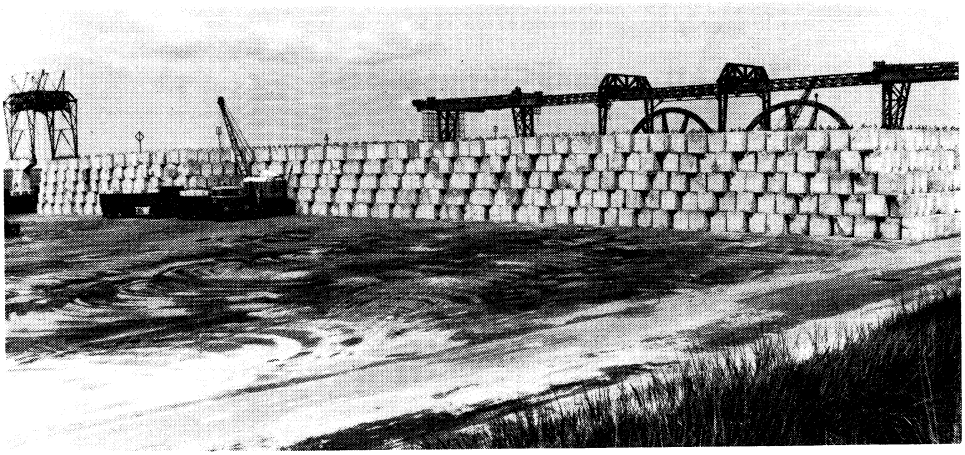
In Driemaandelijks Bericht nr. 48 (mei 1969) is aandacht geschonken aan het gebruik van betonblokken bij geleidelijke sluitingen. Er is daar onder meer vermeld dat het Rak van Scheelhoek zal worden gedicht met behulp van 140 000 blokken van 1 m^3 en een gewicht van 2,5 ton. Om tijdig klaar te zijn voor de sluiting in 1970, is dit jaar de fabricage van de betonblokken op gang gebracht. Grote hoeveelheden zijn al klaar, en wachten in depots op hun bestemming. Aan beide zijden van het sluitgat werden depots gemaakt, want het is de bedoeling dat de gondels van de kabelbaan aan de twee oevers van het Rak van Scheelhoek beladen worden. Bij het doorlopen van het circuit zal een gondel dus tweemaal een lading blokken in het sluitgat deponeren.
Zowel aan de noord- als aan de zuidzijde wordt een hoeveelheid van 70 000 blokken, de helft dus van de totale hoeveelheid, in depot opgeslagen. Aan de noordzijde worden deze depots gemaakt op het plateau van Voorne, een op het strand tegen de duinen opgespoten terrein, waar één der eindstations van de kabelbaan is gemaakt. Deze blokken bevinden zich dus vlakbij de plaats waar ze aan de gondels moeten worden aangehaakt. Aan de zuidzijde van het sluitgat, waar de kabelbaan zijn beëindiging vindt tegen het landhoofd van de uitwateringssluizen, is niet voldoende ruimte voorhanden om een hoeveelheid van 70 000 blokken binnen onmiddellijk bereik te brengen. Daarom wordt voor deze beladingsplaats een depot gemaakt op een terrein nabij de vissershaven van Stellendam, op een afstand van ruim 2 km. Via de weg over de uitwateringssluizen kunnen de blokken op de dag dat ze nodig zijn worden aangevoerd.
In het bestek werd voor het vervaardigen van de blokken een terrein ter beschikking gesteld nabij de werkhaven te Hellevoetsluis voor de partij aan de noordzijde van het sluitgat, terwijl voor de partij aan de zuidzijde een terrein langs de vissershaven te Stellendam werd gereserveerd, waarvan de aannemer desgewenst gebruik kon maken. De alternatieve mogelijkheid werd evenwel opengelaten dat de blokken op de depotterreinen zelf zouden worden gestort of op elders gelegen terreinen. Bij de aanbesteding werd de voordeligste aanbieding verkregen van een firma die zijn inschrijving had gebaseerd op het plan het grootste deel van de voor het Voornse plateau bestemde blokken te vervaardigen op een terrein nabij een tot het bedrijf behorende betoncentrale in Noord-Brabant. Een kleiner deel van deze partij zou worden gestort op het produktieterrein bij de werkhaven te Hellevoetsluis. De partij aan de Stellendamse zijde zou niet worden gestort op het aangewezen produktieterrein, maar op het depotterrein.

Stapeling van uit Brabant aangevoerde blokken op het plateau van Voorne



Een truckmixer stort beton in de houten bekisting



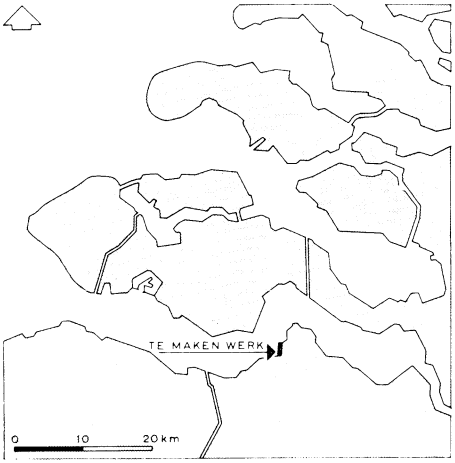


De blokkenvoorraad op het plateau van Voorne. Op de achtergrond het vaste railgedeelte van de kabelbaan

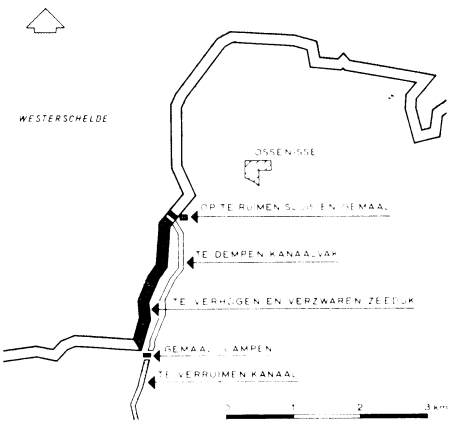
Het lag voor de hand dat de aannemer zijn eigen betoncentrale wilde inschakelen; hij koos daartoe een produktiesysteem waarbij met truckmixers kon worden gewerkt. Ook voor de andere produktieplaatsen waren tijdelijke centrales gepland en voerde de aannemer een stortsysteem in waarbij werd gewerkt met truckmixers.
Om het mengen en storten met truckmixers mogelijk te maken stelde de aannemer voor, de in het bestek voorgeschreven betonsamenstelling iets te wijzigen door het cementgehalte op te voeren tot 200 kg per m^3 beton. Tengevolge van de minder schrale mengselsamenstelling werd het beton voortaan goed uit mixers verwerkbaar. Het beton wordt gestort in houten bekistingsmallen zonder bodem die door middel van een zeer eenvoudig koppelingssysteem tot een lange rij worden samengesteld. De mallen bestaan uit langsschotten en dwarsschotten van Fins berkehout die door middel van aan de buitenzijde op de schotten bevestigde stalen hoekijzers met een eenvoudige wigconstructie tot een vierkante mal worden samengesteld. Daar het storten geschiedt op betonnen werkvloeren konden de mallen bodemloos worden uitgevoerd; wel wordt, om aanhechting van het blok aan de vloer te voorkomen, vooraf een baan plastic uitgerold op de bodem van een rij te storten blokken. De verdichting van het beton geschiedt met elektrische trilnaalden die in het beton worden gestoken. Een etmaal na het storten worden de blokken ontkist; dan volgt nog een verharding van 5 à 7 dagen alvorens ze worden vervoerd naar de depots.
Vanaf de betoncentrale in Brabant naar het Voornse plateau, een afstand van ± 90 km, geschiedt het vervoer per vrachtautocombinatie. Per rit worden door de combinatie 11 blokken vervoerd, met een totaalgewicht van ruim 25 ton. Van het werkterrein te Hellevoetsluis naar het Voornse plateau worden vrachtauto's zonder aanhangwagen gebruikt. Op het Stellendamse terrein, waar de blokken op het depotterrein worden gestort, hoeft geen vrachtvervoer plaats te vinden. Hier kunnen de blokken rechtstreeks door een kraan worden opgepakt van de plaats waar ze gestort zijn, en in een tas worden gestapeld. De stapeling vindt plaats in lange rijen van 5 blokken hoog. De blokken worden daarbij in klezoorverband gezet, waardoor een min of meer monolitische werking van de gehele tas ontstaat en eventuele zakking van het terrein zo gelijkmatig mogelijk plaats zal vinden

Verhoging en verzwaring van de zeedijk van het voormalig waterschap 'Stoppeldijk'

De zeedijk van het voormalig waterschap 'Stoppeldijk' langs de Westerschelde in Oost-Zeeuwsch-Vlaanderen vormt, tezamen met de reeds eerder verzwaarde dijk van het voormalig waterschap 'De Vereenigde polders van Ossenisse', de op het westen gelegen waterkering van het waterschap 'Hulster Ambacht', van welke waterkering beide dijkvakken na de concentratie van waterschappen deel uitmaken.
Voor de dijk bevindt zich een laaggelegen slik, 400 tot 1200 m breed, dat bij hoogwater geheel onderloopt. Onmiddellijk achter de dijk strekte zich voorheen over de gehele lengte het afwateringskanaal van het afwateringsgebied Stoppeldijk uit, dat nabij het noordelijke einde van het dijkvak door middel van een uitwateringssluis en een dieselgemaal met een capaciteit van 180 m³/min. in de Westerschelde loosde.
Tijdens de stormvloed van 1 februari 1953 ontstonden in dit dijkvak een tweetal stroomgaten met een gezamenlijke lengte van 110 m en een diepte van N.A.P. – 3 m, die in directe verbinding stonden met het afwateringskanaal. Door het bezwijken van een ten oosten van het kanaal gelegen binnendijk werden de Ser Arendspolder, de Hooglandpolder en de Rummersdijkpolder geïnundeerd. Bovendien kon de op ongeveer een kilometer ten zuiden van dit dijkvak in het afwateringskanaal aanwezige wachtsluis, waarachter het laaggelegen 6700 ha grote afwateringsgebied Stoppeldijk is gelegen, slechts met grote moeite worden behouden.
Tijdens het rampherstel is de op de 4,95 m hoge kruin aanwezige 'De Muralt'-muur, die reikte tot N.A.P. + 6,10 m, verwijderd. De dijk werd door middel van een zandaanvulling verhoogd tot N.A.P. + 6,50 m en de glooiing met betonblokken van N.A.P. + 3 m tot N.A.P. + 3,80 m opgetrokken. In een later stadium is een gedeelte van het afwateringskanaal tot enkele tientallen meters uit de binnenteen landwaarts verlegd.
Ondanks deze verbeteringen behoorde het dijkvak tot de zwakste gedeelten van de waterkering in Oost Zeeuwsch-Vlaanderen. De dijk had steile belopen en een minimale kleibekleding. Maar vooral het 2 km lange grote afwateringskanaal, dat vlak achter de zwaar aangevallen dijk liep, maakte de situatie bedenkelijk.
Als eerste maatregel van beveiliging is dan ook, voorafgaande aan de thans in uitvoering zijnde dijkverbetering, het lozingspunt van het afwateringsgebied 'Stoppeldijk' verplaatst naar het zuidelijk einde van het dijkvak. In september 1967 werd daar het nieuwe dieselgemaal 'Campen', met een capaciteit van 560 m³/min, in gebruik genomen. Het achter de dijk gelegen gedeelte van het afwateringskanaal werd daarmee over-

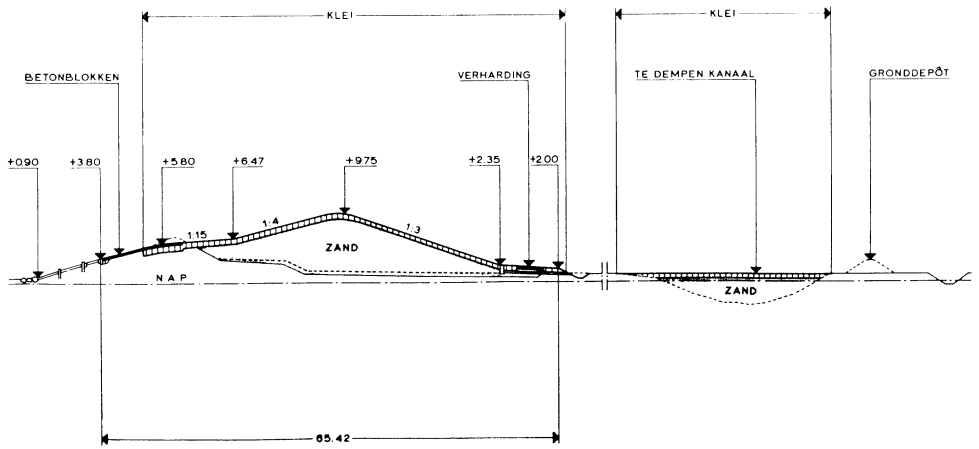


Situatie van het te verzwaren dijkgedeelte



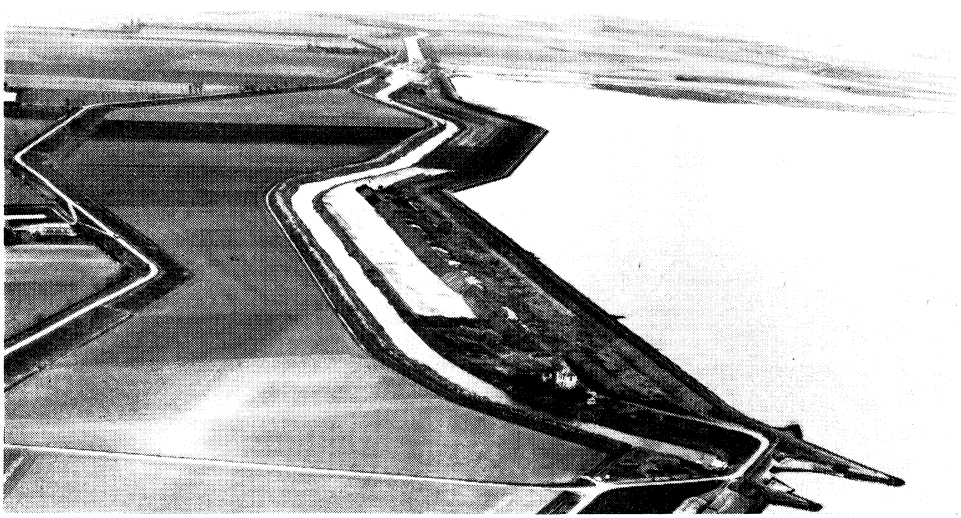
Situatie van de verschillende onderdelen van het uit te voeren werk

Dwarsprofiel van de dijkverbetering



bodig; het is inmiddels gedempt en de uitwateringssluis en het oude gemaal zijn gesloopt. De bij de uitmonding van de sluis liggende dammen zijn geslecht.
De verhoging en verzwaring van de zeedijk worden aan de landzijde uitgevoerd en volgen het tracé van de oude dijk. Het dijkvak heeft een lengte van ± 2 km. De kruin is ontworpen op N.A.P. + 9,75 m; hij wordt 2,50 m breed. Het bestaande waterbeloop wordt onder een helling van 1 : 4 opgetrokken van N.A.P. + 3,80 m tot N.A.P. + 5,80 m en bekleed met betonblokken van 50 x 50 x 20 cm. De buitenberm, waarvan de voorrand komt te liggen op N.A.P. + 5,80 m, krijgt een breedte van 10 m en een helling van 1 : 15. Aansluitend aan het waterbeloop wordt een strook ter breedte van 2,50 m verdedigd met betonblokken; ze kan dan tevens dienst doen als rijstrook voor onderhoudswerk aan de glooiing. Wordt het buitenbeloop aangelegd onder een helling van 1 : 4, het binnenbeloop verkrijgt een helling van 1 : 3. Op de 8,50 m brede binnenberm wordt een onderhoudsweg aangelegd met een verharding van 3 m breed. De verzwaring wordt uitgevoerd in zand en afgedekt met een kleibekleding, die aan de buitenzijde en op de kruin 80 cm dik zal zijn en op het binnenbeloop 60 cm.
Het te dempen gedeelte van het afwateringskanaal wordt volgespoten met zand en afgedekt met 60 cm teelaarde. De benodigde 691 000 m³ zand wordt gezogen in de Westerschelde, aan de rechter oever van het Gat van Ossenisse. De benodigde bekledingsklei wordt onttrokken aan het onder het nieuwe dijklichaam vallende maaiveld voorzover de grond er daar geschikt voor is. Wat men daarna nog aan klei tekort komt wordt ontleend aan een op een afstand van 500 m van het werk tevoren aangelegd kleidepot.
Het hier beschreven werk werd op 20 december 1967 door het bestuur van het waterschap 'Hulster Ambacht' aanbesteed. De laagste inschrijver was de firma Van Hattum en Blankvoort n.v. te Beverwijk, aan welk bedrijf het werk voor een bedrag van f 2 959 000,– (zonder verrekening van wijziging in lonen en sociale lasten) werd gegund. Op 1 februari 1968 is met de werkzaamheden begonnen. Het werk moet op 1 oktober 1969 voor de eerste maal worden opgeleverd.

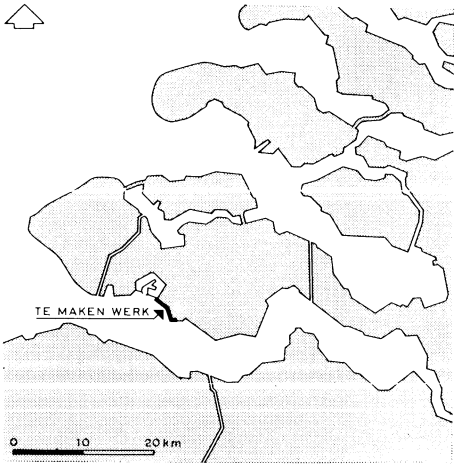
Het werk in uitvoering, gezien van noord naar zuid



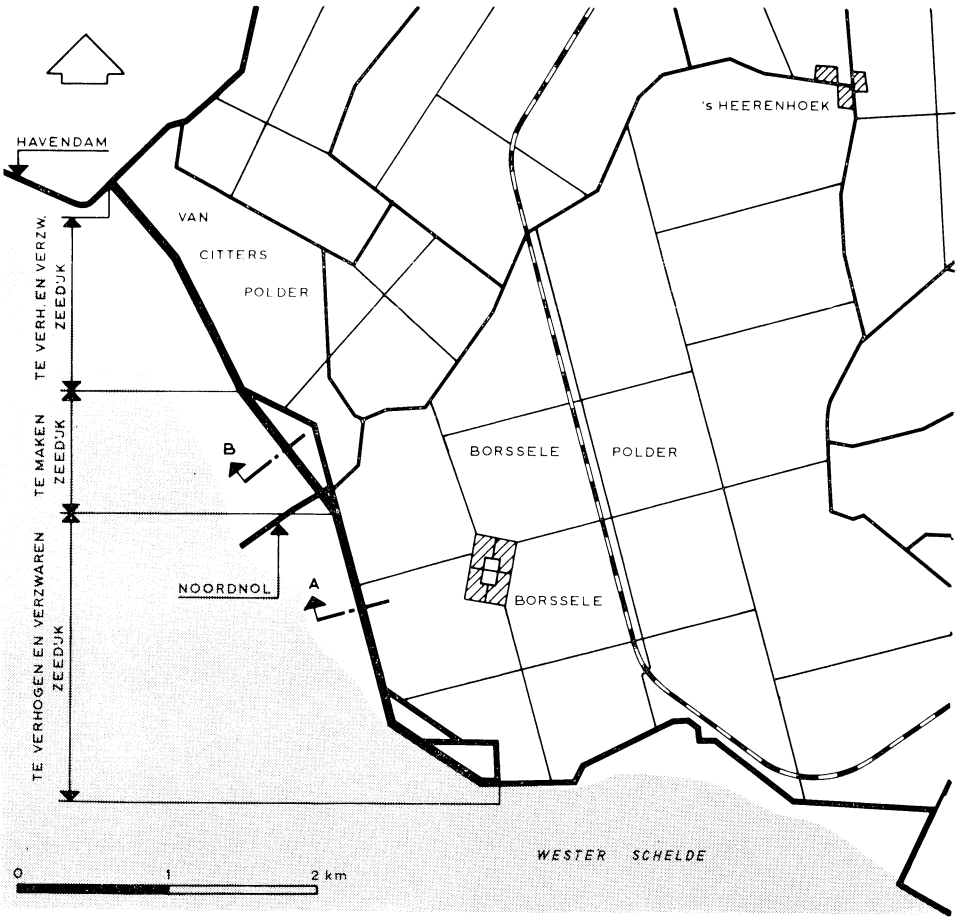
Versterking van een gedeelte van de zeedijk van de calamiteuze polder Borssele en van de zeedijk van de Van Citterspolder op Zuid-Beveland

De versterking van dit ruim 4 km lange dijkvak is uitgevoerd in twee gedeelten: in 1963 werd een aanvang gemaakt met het op delta-afmetingen brengen van het 2186 m lange westelijke gedeelte van de langs de Westerschelde gelegen zeedijk van de calamiteuze polder Borssele, terwijl in 1966 een aanvang werd gemaakt met het verhogen en verzwaren van een nog resterend gedeelte van die zeedijk, 224 m lang, en de daarop aansluitende zeedijk van de Van Citterspolder vanaf de binnendijk bij de zogenaamde Noordnol tot de havendam van het Zuid-Sloe, een lengte van 2626 m.
De zeedijk van de calamiteuze polder Borssele is in beheer bij de Waterkering van de calamiteuze polder Borssele, voor welke Waterkering het technische werk wordt verricht door de technische dienst van het Waterschap De Brede Watering van Zuid-Beveland te Goes. De plannen voor de versterking van het hiervoorbedoelde dijkvak van de calamiteuze Borsselepolder zijn, evenals die voor de versterking van de zeedijk van de Van Citterspolder, welke zeedijk in beheer en onderhoud is bij het waterschap De Brede Watering van Zuid-Beveland, opgemaakt en uitgewerkt door de technische dienst van dit waterschap, in nauw overleg met Rijkswaterstaat en Provinciale Waterstaat. Het versterkte dijkgedeelte van de calamiteuze Borsselepolder had een tamelijk zwaar profiel, voornamelijk veroorzaakt door een 10 tot 15 m brede buitenberm, gelegen op een hoogte van N.A.P. + 3,50 m tot N.A.P. + 4 m; overigens had de dijk een steil binnenbeloop van 1 : 1,6, een 2 m brede kruin reikende tot N.A.P. + 6,10 m, een buitenbeloop van 1 : 2,5 à 1 : 3 en een onderwaterbeloop van 1 : 3,5 tot 1 : 4.
De ligging van dit dijkvak ten opzichte van de stormstreek alsmede de grote diepte van de vooroever hebben ertoe genoodzaakt de hoogte van de kruin voor sommige dijkgedeelten te bepalen op N.A.P. + 9,50 m en op een bepaald punt zelfs op N.A.P. + 11,50 m. Deze kruin is daarmee de hoogste van alle versterkte en nog te versterken zeedijken van Zuid-Beveland. De kruin van de dijk verkreeg een breedte van 2,50 m, het binnenbeloop een helling van 1 : 3 en het buitenbeloop een helling van 1 : 3,5, terwijl de buitenberm met een breedte van 9 à 11 m werd aangelegd op een hoogte van N.A.P. + 4,67 m tot N.A.P. + 5,40 m. De steenglooiing werd onder een helling van 1 : 4 met 25 cm dikke betonblokken opgetrokken tot de hoogte van de buitenberm en daaraan aansluitend werd op die berm een steenstrook aangebracht van straatklinkers ter breedte van 1,50 m. Op de 7,50 m brede binnenberm werd zoals gebruikelijk een 3 m brede onderhouds- en inspectieweg aangelegd. De verzwaring van het dijkvak vond aan de landzijde plaats

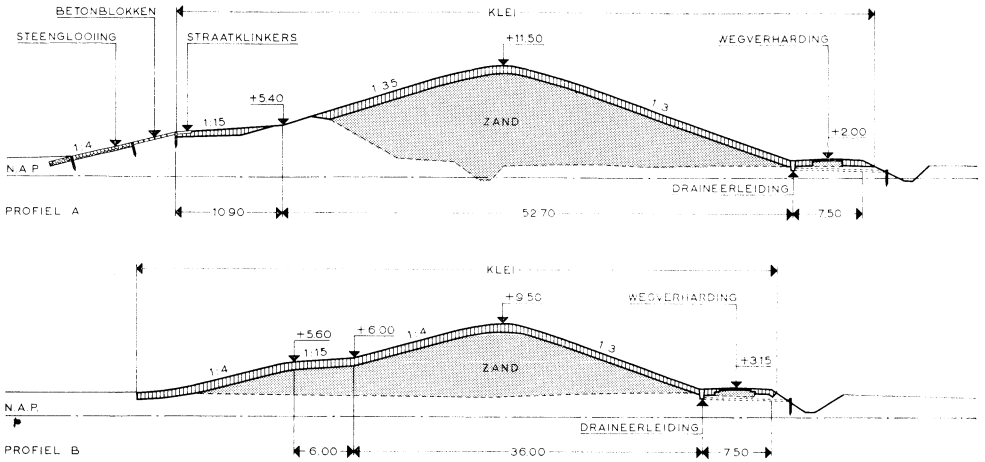
Situatie van het te verzwaren dijkgedeelte



Situering van de onderdelen van het werk



2



Dwarsprofielen A en B

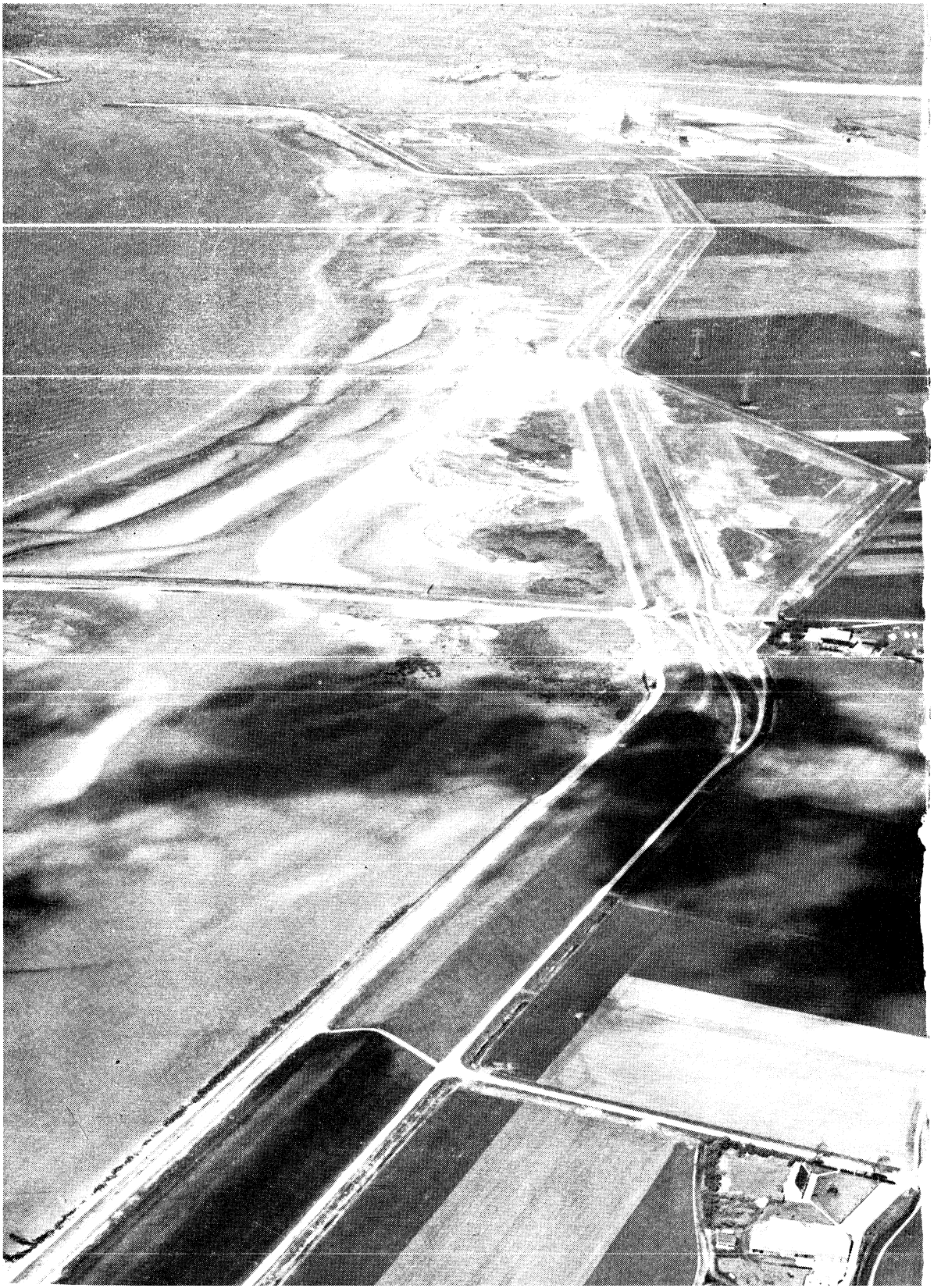
door het aanbrengen van een zandlichaam afgedekt met een kleibekleding. Het benodigde zand werd in de Westerschelde gewonnen. Een deel van de langs de zeedijk gelegen landerijen was reeds in eigendom van de Waterkering van de calamiteuze polder Borssele; de overige voor het werk benodigde gronden moesten worden aangekocht.

De zeedijk van de Van Citterspolder, welke aan de zeezijde wordt begrensd door een schor met een hoogte van ca. N.A.P. + 2,50 m, had een zeer steil binnenbeloop van 1 : 1,5, een tot een hoogte van N.A.P. + 5,70 m reikende kruin met een breedte van 1,20 m en een buitenbeloop van 1 : 2,7. De dijk was voorzien van een lage buitenberm op N.A.P. + 3 m en een 4 m brede binnenberm op N.A.P. + 2 m. In het dijklichaam bevonden zich een 18-tal betonnen bunkers en geschutstellingen, zodat de zeewering mede gezien de geringe afmetingen in een minder zeewaardige toestand verkeerde.

De hoogte van de kruin van de nieuwe dijk van de Van Citterspolder werd bepaald op N.A.P. + 9,50 m voor het 2 km lange dijkvak grenzend aan de Borsselepolder en voor het overige gedeelte verlopend van N.A.P. + 9,50 m naar N.A.P. + 6,75 m nabij de oostelijke havendam van de zeehaven Vlissingen-Oost. De kruin verkreeg een breedte van 2,50 m, het binnenbeloop een helling van 1 : 3, en het buitenbeloop, zowel boven als onder de buitenberm, een helling van 1 : 4. De breedte van de buitenberm, die is aangelegd op een hoogte van N.A.P. + 5,60 m tot N.A.P. + 6 m, bedraagt 6 m. Op de 7,50 m brede, op N.A.P. + 3 m gelegen binnenberm is een 3 m brede beheersweg aangelegd. Het dijkvak werd aan de zeezijde verzwaard door het aanbrengen van een zandlichaam afgedekt met een kleibekleding. Het benodigde zand werd in de Westerschelde gewonnen.

Teneinde een beter tracé te verkrijgen werd de nieuwe dijk over een lengte van 1 km over een schor aangelegd, waardoor 7,5 ha terrein werd ingepolderd. Behalve enkele tot de eigendommen van de Waterkering behorende kleine percelen, moesten de voor de uitvoering van het werk benodigde schorgronden door het Waterschap De Brede Watering van Zuid-Beveland worden aangekocht, met uitzondering van die gronden die aan de Domeinen toebehoren en die aan het Waterschap ter beschikking werden gesteld.

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 aan de kruin van de zeedijk van Borssele een overhoogte gegeven variërende van 90 tot 120 cm. De



De dijkverbetering, gezien van oost naar west.
Op de achtergrond de zeehaven Vlissingen-Oost

overhoogte bedroeg voor de aan Borssele aansluitende kruin van de dijk van de Van Citterspolder, over een lengte van 1300 m, gemiddeld 80 cm en voor het overige deel van de dijk gemiddeld 15 cm.
Op 19 april 1963 werd de versterking van het 2186 m lange dijkvak van de calamiteuze polder Borssele door de Watekering aanbesteed. Het werd op 23 april 1963 gegund aan de laagste inschrijver, de N.V. Zand Transport Maatschappij te Breda, voor een bedrag van f 2 871 000,–. In de aannemingssom was onder meer begrepen het leveren en verwerken van 775 000 m³ zand en het verwerken van 131 400 m³ klei, waarvan 130 000 m³ uit het werk moest worden ontgraven. Voorts behoorde tot de te verrichten werken het maken van 9800 m² betonblokkenglooiing, waarvoor de materialen door de Waterkering ter beschikking van de aannemer werden gesteld. Bovendien moest 4200 m² bestaande basalt- en Vilvoordse glooiing worden opgenomen en herzet, en over een oppervlakte van 190 m² een steenglooiing van Portugees graniet worden aangebracht. De eerder vermelde steenstrook van straatklinkers had een oppervlakte van 3590 m² en de wegverhardingen een oppervlakte van ca. 9000 m². Het werk, uitgevoerd onder directie van de technische dienst van het waterschap, is op 1 juli 1966 geheel voltooid opgeleverd.
De Waterkering van de calamiteuze Borsselepolder heeft, vooruitlopend op de totstandkoming van een wettelijke bijdrageregeling, een overschot van 100 % ontvangen op de te zijner tijd te verlenen rijksbijdrage.
De versterking van de zeedijk van de Van Citterspolder en van het resterende gedeelte zeedijk van de calamiteuze polder Borssele werd op 12 mei 1966 door het Waterschap en de Waterkering aanbesteed en gegund aan de laagste inschrijver, de N.V. Van Hattum en Blankevoort te Beverwijk, voor f 2 837 000,–. In de aannemingssom was onder meer begrepen het leveren en verwerken van 630 000 m³ zand, het verwerken van 40 000 m³ in het werk aanwezige zand en het ontgraven en verwerken van 133 000 m³ klei. Mede tot de verplichtingen van de aannemer behorende het maken van 5000 m² steenglooiing, waarvan 3300 m² van aanwezige steen en 1700 m² van betonblokken, welke ter beschikking van de aannemer werden gesteld.
Overigens moest door de aannemer het onder-buitenbeloop van de dijk langs het schor tot een hoogte van N.A.P. + 4 m, over een oppervlakte van 28 000 m ², worden voorzien van een winterkrammat, zulks in verband met het feit dat de dijk aldaar niet werd verdedigd, terwijl 10 650 m² wegverharding moest worden aangebracht.
Het werk, dat eveneens is uitgevoerd onder directie van de technische dienst van het waterschap, werd op 1 december 1967 voor de eerste maal opgeleverd; de eindoplevering vond plaats op 1 juni 1968.
Van de aannemingssom kwam 14,18 % voor rekening van de Waterkering en 85,82 % ten laste van het Waterschap. Als voorschot op de te zijner tijd krachtens een nog tot stand te brengen bijdrage-regeling te verlenen rijksbijdrage werd 100 % van de kosten van uitvoering aan de Waterkering vergoed en 75% van die kosten aan het Waterschap.

Het verloop van de waterbeweging gedurende de afsluiting van de Lauwerszee. Vergelijking tussen voorspelling en berekening

De wijze waarop de Lauwerszeedijk in mei van dit jaar is gesloten – met behulp van een vijfentwintigtal doorlaatcaissons – en de manier waarop de plaatsingen zijn uitgevoerd, werden in het vorige nummer van het Driemaandelijks Bericht uitvoerig behandeld. Thans zal breedvoeriger worden gesproken over de hydraulische aspecten van de sluiting.
Evenals bij de afsluiting van het Volkerak is het verloop van de waterbeweging gedurende de afsluiting van de Lauwerszee van te voren berekend. Om de risico's bij het plaatsen der caissons zoveel mogelijk te beperken is het vooral noodzakelijk om de waterbeweging voor en gedurende het moment van kentering zo nauwkeurig mogelijk te voorspellen. De caissons kunnen in beginsel worden geplaatst zowel op de hoogwaterkentering, die na het hoogwater optreedt, als op de laagwaterkentering, vlak na laagwater. Om te bepalen welke van deze twee mogelijkheden de voorkeur verdient, is het van belang de tijdsduur te kennen waarin de snelheden vóór het moment van kentering teruggelopen zijn tot minder dan een halve meter per seconde, en ook de tijd die een caisson nodig heeft om op de drempel te zakken. Uit de berekeningen was gebleken dat de beschikbare tijdsduur bij de hoogwaterkentering in het algemeen ongeveer 5 minuten langer was dan bij de laagwaterkentering. De zinktijd van de caissons was, vanwege de langere af te leggen zinkweg, bij hoogwater ook langer: 8 minuten tegenover 6 minuten bij de laagwaterkentering.
Er was op beide kenteringen voldoende tijd beschikbaar om de noodzakelijke manoeuvres met de caissons uit te voeren. Wel werd gedurende de afsluitingsperiode de ervaring opgedaan, dat de hoogwaterkentering nauwkeuriger kon worden voorspeld. In de praktijk is ook inderdaad van beide mogelijkheden gebruik gemaakt. Hoewel de getijberekeningen konden worden uitgevoerd met behulp van het elektrische analogonmodel de 'Deltar', heeft men er toch de voorkeur aan gegeven, de berekeningen op de traditionele manier, zonder hulp van een computer, uit te voeren.
De berekeningen konden hier ook zonder hulp van het analogon snel worden gemaakt, omdat ze een tamelijk klein afgesloten gebied betroffen. De belangrijkste moeilijkheid betrof de vaststelling van de afvoercoëfficiënten van de caissons, die bovendien met het verloop van het getij verandering ondergingen. Om de invloed daarvan te bepalen moest een groot aantal variatieberekeningen worden uitgevoerd. Een andere reden om de Deltar niet te gebruiken hield verband met de moeilijkheden bij de voorspelling van het getij.
Bespreken we nu eerst het voorbereidende werk waarop het programma voor de plaatsing der caissons is gebaseerd. Voor deze berekeningen was het verloop van de getij-

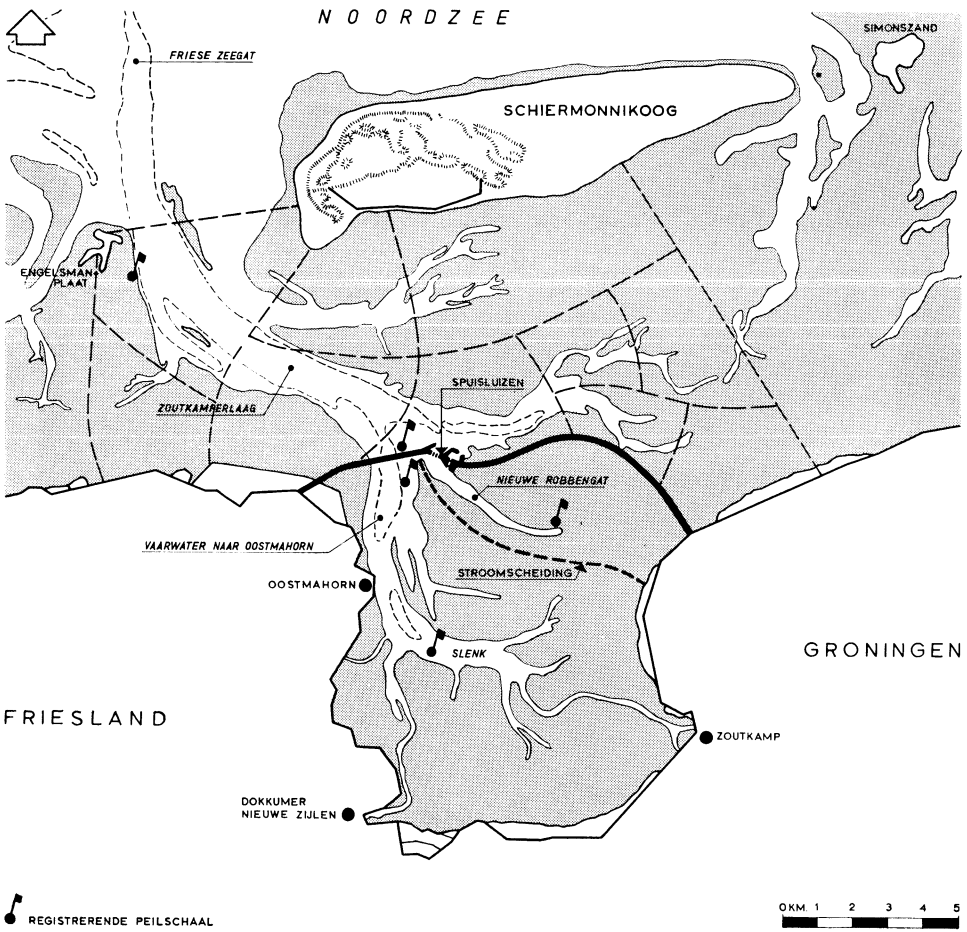
beweging in het Lauwerszeegebied in de situatie die voorafging aan de sluitingsperiode maatgevend.
Na de sluiting van het oostelijk deel van de dam, tussen Lauwersoog en de kust van Groningen, vond het vullen en ledigen van het bekken van de Lauwerszee alleen nog plaats door het uiteindelijke sluitgat van de Lauwerszeedijk, dat een breedte had van 880 m en een drempelhoogte van N.A.P. – 6,50 m. Het Vaarwater naar Oostmahorn was de hoofdgeul voor de vulling en lediging van het Lauwerszeebekken. Het Robbengat functioneerde als secundaire geul; dit water mondde uit in het oostelijk deel van het sluitgat en vulde en ledigde het gebied ten zuiden van de oostelijke dam. De stroming van en naar het Robbengat veroorzaakte een onregelmatig stroombeeld in het sluitgat, vooral wat betreft de richting van de stroom. De Zoutkamperlaag, de hoofdgeul van het Waddengebied tussen Schiermonnikoog en Friesland, en het Friese Zeegat vormden de verbinding van het sluitgat met de Noordzee. De afstand tussen het sluitgat en de uitmonding van de Zoutkamperlaag in het Friese Zeegat bedroeg maar 9 km. Deze korte afstand tot de Noordzee maakte het verticale getij aan de buitenzijde van het sluitgat direct afhankelijk van de getijbeweging op de Noordzee, waardoor storingen als gevolg van meteorologische invloeden praktisch niet gedempt werden, en zich direct in het Lauweerszeebekken deden gevoelen. De voorspellingen van de getijden en de tijden van de kentering voor die dagen waarop caissons zouden worden geplaatst, konden daardoor aanmerkelijk gaan verschillen met de werkelijk voorgekomen getijden en kenteringstijden. Het dichtstbijzijnde waarnemingspunt bij de Noordzee was de registrerende peilschaal bij de Engelsmanplaat, ongeveer ter hoogte van de uitmonding van de Zoutkamperlaag in het Friese Zeegat. Voor de voorspelling van de getijbeweging in het sluitgat vóór en tijdens de sluitingsoperatie waren tevens registrerende peilschalen geplaatst aan de buiten- en binnenzijde van het sluitgat, in de Slenk – een geul midden in de Lauwerszee – en aan het einde van het Nieuwe Robbengat.
De belangrijkste getijgegevens vindt men in de volgende tabel (in cm t.o.v. N.A.P.)

	Engelsmanplaat			Buitenzijde sluitgat		
	L.W.	H.W.	tijverschil	L.W.	H.W.	tijverschil
springtij	– 142	+ 100	242	– 155	+ 110	265
gemiddeld getij	– 128	+ 86	214	– 140	+ 95	235
doodtij	– 105	+ 71	176	– 115	+ 80	195

De dagelijkse ongelijkheid in het astronomische laag- en hoogwater en de verhoging of verlaging van de middenstand door de windinvloed op de Noordzee kunnen in dit gebied zeer belangrijk zijn, zodat grote verschillen kunnen optreden in de getijden gedurende opeenvolgende dagen. Uit de waarnemingen is gebleken dat de laagwaterstanden bijna gelijktijdig optraden in de Zoutkamperlaag en in het bekken van de Lauwerszee, hetgeen wijst op een grote voortplantingssnelheid. De voortplantingstijd van het hoogwater van de Engelsmanplaat tot aan de buitenzijde van het sluitgat bedroeg daarentegen 20 tot 30 minuten, en vandaar tot naar Zoutkamp nog eens ruim 20 minuten; de voortplantingssnelheid van het hoogwater was derhalve veel geringer.
In de volgende tabel zijn enkele gegevens over vloed- en ebvolume en maximaal vloed- en ebdebiet bijeengezet.
Van het ebvolume door het sluitgat was 80% afkomstig uit het Vaarwater naar Oostmahorn, en 20% uit het Robbengat. Bij vloed was de invloed van het Robbengat wat ge-

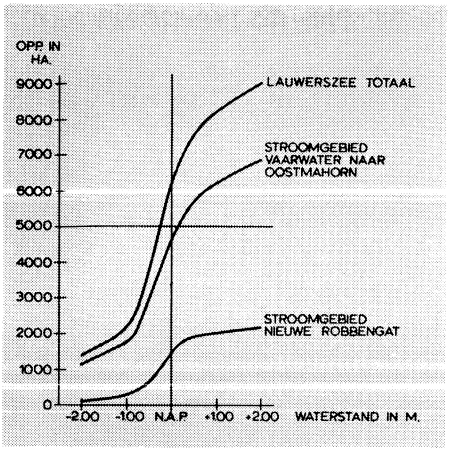
	L.W.	H.W.	L.W.	max. vloed debiet m³/sec.	volume milj. m³	max. eb debiet m³/sec.	volume milj. m³
gemiddeld getij 16 juli 1968	– 124	127	– 128	9 750	153	10 000	151
doodtij 18 juli 1968	133	95	– 124	6 300	126	6 700	125
19 juli 1968	– 120	87	– 107	8 100	125	8 250	117
springtij 5 oktober 1968	– 151	117	– 165	9 700	142	10 950	154

Fig. 1. De stroomgeulen in het Lauwerszeegebied. Voor de berekeningen werd het gebied schematisch ingedeeld in vakken

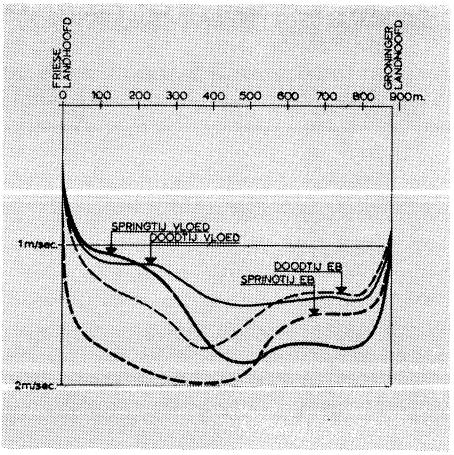


ringer. Deze stromen waren uiteraard in hoofdzaak afhankelijk van de komberging van het Lauwerszeegebied als functie van de waterstand, zoals weergegeven in fig. 2.
Het genoemde verschil in voortplantingssnelheid tussen het hoog- en het laagwater veroorzaakte dat de duur van de ebstroom in het sluitgat 40 tot 60 minuten geringer was dan die van de vloedstroom. De kortere ebduur en het optreden van de maximale ebstroom bij een lagere waterstand dan de vloedstroom had tot gevolg dat de maximale ebsnelheid nogal wat hoger was dan de maximale vloedsnelheid. Dit bleek ook uit de gemeten maximale snelheden gemiddeld in de verticaal in het midden van het sluitgat bij het doodtij van 18 juli 1968 en het springtij van 5 oktober 1968, met respectievelijk ebsnelheden van 1,70 en 2 m/sec en vloedsnelheden van 1,40 en 1,80 m/sec.
Om dezelfde reden was de vloedkenteringsduur, na hoogwater, wat groter, dus voor de plaatsing van caissons wat gunstiger dan de ebkenteringsduur, na laagwater.
Het verloop van de snelheid over de breedte van het sluitgat is een ander belangrijk gegeven voor het plaatsingsprogramma van caissons, mede in verband met de ontgronding die verwacht kan worden ter plaatse van de caissons en aan het kopeinde van een caissonrij.
In fig. 3 is het verloop weergegeven van de snelheid ten tijde van het maximum, zowel voor vloed als voor eb, bij doodtij en springtij. Uit deze figuur blijkt dat de verdeling onregelmatig verliep. Zowel bij vloed als bij eb viel de maximale snelheid evenwel in het midden. In het oostelijk deel was de vloedsnelheid het grootste, in het westelijk deel de ebsnelheid. Ook de tijd van de kentering viel niet overal in het sluitgat gelijk. Tijdens de hoogwaterkentering konden verschillen van 10 tot 20 minuten voorkomen. Bij de laagwaterkentering waren de variaties geringer. Getijberekeningen werden uitgevoerd voor die dagen in de periode vóór de afsluiting waarop ook getijmetingen zijn uitgevoerd, zowel bij springtij, gemiddeld getij als doodtij. Vervolgens werden er getijberekeningen uitgevoerd voor bepaalde gevallen die bij de afsluiting zouden voorkomen: een volledig open sluitgat, de toestand als er 17, en als alle 25 caissons zouden zijn geplaatst. Afzonderlijke berekeningen werden gemaakt voor het geval de spuisluizen gedurende de ebperiode open dan wel gesloten zouden zijn. Het doorstroomoppervlak van deze sluizen bedraagt bij N.A.P. 600 m². In de vloedperiode moesten de sluizen om technische redenen steeds gesloten zijn.
Door de plaatsing van open caissons werd de stroomopening in het sluitgat geleidelijk beperkt. De totale doorstroombreedte van een caisson bedroeg 28,70 m; de bodemhoogte in het sluitgat bedroeg na het plaatsen der caissons N.A.P. – 4,50 m.
De bepaling van de afvoercoëfficiënt van de doorlaatcaissons en van het sluitgat naast de caissons was zeer moeilijk, als gevolg van scheve aanstroming, contractie, bodemwrijving, en bij de caissons nog door extra factoren, zoals de invloed van de wandwrijving en van het traliewerk. Wat men voor een adekwate voorspelling van de waterbeweging gedurende de afsluiting moet zien te berekenen is het zogenaamde effectieve stroomprofiel, waarbij deze invloeden in rekening gebracht zijn. Daartoe moet men het berekende stroomprofiel vermenigvuldigen met de afvoercoëfficiënt. In het Waterloopkundig Laboratorium te Delft zijn de afvoercoëfficiënten nader bepaald; ze bleken afhankelijk van de waterstand te variëren, en ook voor vloed en voor eb te verschillen. Gedurende de eb varieerden ze van 0,51 (bij N.A.P. – 2 m) tot 0,67 (bij N.A.P. + 1,5 m) en bij vloed van 0,63 tot 0,715. Verder zou de afvoercoëfficiënt door het open deel van het sluitgat bij eb 0,85 zijn, en bij vloed 0,95. Het effectieve doorstromingsoppervlak vóór de plaatsing der caissons bedroeg bijna 5000 m² bij een waterstand op N.A.P. Na plaatsing van 17 caissons verminderde dit oppervlak bij eb tot 2900 m²; waren 23 caissons op hun plaats gebracht, dan bedroeg het profiel bij eb nog 2200 m². Voor de vloed luidden

2



3



deze cijfers bij N.A.P. respectievelijk 3300 m² en 2500 m². Ook voor de bepaling van de ebstroom door de spuisluizen, die gedurende de afsluiting in de ebperiode zouden worden opengezet om de stroom door het sluitgat te ontlasten, werden stroommetingen uitgevoerd. Het bleek dat de afvoercoëfficiënt voor deze sluizen door het ongunstige verloop van de stroom van het Nieuwe Robbengat naar de sluizen in nadelige zin werd beinvloed: meer dan 0,7 zou hij niet bedragen. De reductie die de openstaande sluizen konden bewerkstelligen op de snelheden in het sluitgat, bedroeg bij een waterstand op N.A.P. ongeveer 14% als er 17 caissons waren geplaatst, en 19% na de plaatsing van 23 caissons. De getijberekeningen voor het nog geheel open sluitgat en voor de toestand na plaatsing van respectievelijk 17 en 23 caissons bij springtij, gemiddeld tij en doodtij, gaven door interpolatie een algemeen inzicht in het verloop van de snelheden in alle tussenliggende fasen, en ook onder de omstandigheden op de laatste dag van de sluiting, wanneer de caissons 24 en 25 afgezonken zouden worden. Voor tussenliggende gevallen zijn nog enkele berekeningen uitgevoerd om de interpolatie nader te verifiëren. Uitgaande van deze gegevens zijn in het Waterloopkundig Laboratorium ook modelproeven verricht voor de te verwachten stroomkrachten op de caissons tijdens het opvaren, indraaien en afzinken, zowel wanneer de plaatsing op de hoogwaterkentering als wanneer ze op de laagwaterkentering plaats zou vinden.

In fig. 4 is het verloop van de berekende maximale ebsnelheden bij een hoogspringtij, gemiddeld getij en doodtij in het midden van het sluitgat weergegeven in zijn afhankelijkheid van het aantal geplaatste caissons. Hierbij is aangenomen dat de spuisluizen zouden zijn geopend. Een analoge grafiek voor de vloedsnelheden is niet gegeven, omdat ze minder interessant is vanwege de kleine waarden.

Een tweede groep van voorbereidende werkzaamheden vormden de voorspellingen van het getij aan de buitenzijde van het sluitgat. Voor deze voorspelling kon geen gebruik worden gemaakt van de door Rijkswaterstaat gepubliceerde getijtafels, omdat de stations waarvoor deze tafels gelden te ver afgelegen waren en de gegevens van de getijtafels ook niet toereikend waren om de vorm van de getijkrommen te bepalen. Daarom werd de volgende werkwijze gevolgd.

Uit het geregistreerde verloop van het verticale getij op een bepaald waarnemingsstation gedurende een periode van bij voorkeur een heel jaar, worden harmonische getijcomponenten afgeleid. Vervolgens wordt iedere component, bepaald door amplitude en

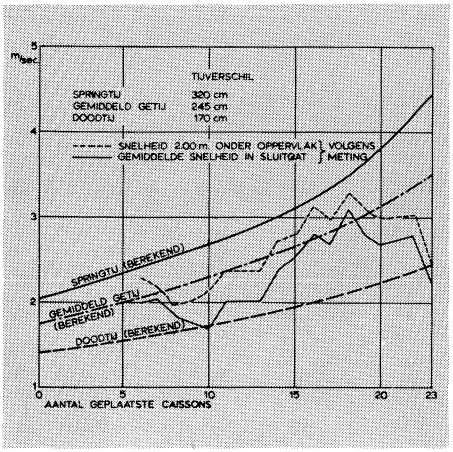


Fig. 2. Komberging van het gebied, als functie van de waterstand

Fig. 3. De verdeling van de gemiddelde maximale snelheden in de verticalen over de breedte van het sluitgat vóór het begin van de afsluiting

Fig. 4. Verloop van de maximale ebsnelheden in het sluitgat afhankelijk van het aantal geplaatste caissons

fase, afzonderlijk berekend. Met behulp van deze getijconstanten kan een voorspelling van het astronomische verticale getij voor toekomstige dagen worden verkregen. De bepaling van een groot aantal harmonische getijconstanten en het snel uitrekenen van een getijvoorspelling geschiedden op de Waterstaatscomputer. Als controle werd een berekende getijperiode vergeleken met de waarnemingen. Het is namelijk de vraag of de afgeleide componenten het getij in voldoende mate bepalen. De moeilijkheid is echter dat het getij mede beïnvloed wordt door meteorologische factoren, die een willekeurig karakter hebben. Ook daardoor treden verschillen op tussen berekening en waarneming. Treft men een verschil aan tussen de berekening en de waarneming van het verticale getij in een periode met onveranderlijke windrichting en windsnelheid, dan kan men daarin aanwijzingen vinden ten aanzien van de grootte der afwijkingen tussen berekening en werkelijkheid. Op deze wijze werden de waarnemingen bewerkt van de tijdelijk geplaatste registrerende peilschaal bij de Engelsmanplaat, het dichtstbijzijnde waarnemingspunt bij de Noordzee. Dit waarnemingspunt lag op een afstand van ongeveer 9 km van het sluitgat nabij de uitmonding van de Zoutkamperlaag in het Friese Zeegat. Van dit station waren echter slechts waarnemingen over een half jaar beschikbaar. Uit de waarnemingen in de periode 7 mei tot 12 november 1968 werden totaal 122 harmonische getijcomponenten berekend. Om een inzicht te kunnen verkrijgen in de verschillen tussen een getijanalyse voor het Waddengebied uit een halfjaarlijkse en uit een heeljaarlijkse periode, werd hetzelfde aantal getijcomponenten over de genoemde halfjaarlijkse periode als ook over een periode van een heel jaar berekend voor de permanente getijstations te Terschelling en te Delfzijl.

Na al dit voorbereidende werk werden getijberekeningen uitgevoerd voor de sluitingsperiode zelf, van 22 april tot 23 mei 1969. Voor iedere dag waarop de plaatsing van een of enkele caissons was voorzien, werd eerst een voorspelling opgesteld van het verticale getij en van het snelheidsverloop in het sluitgat, volgens de boven beschreven methode. Hierbij werd dan uitgegaan van het voorspelde getij aan de buitenzijde van het sluitgat, dat weer werd verkregen uit de voorspelling van het getij in zee bij de Engelsmanplaat. De voorspelling van de hoog- en laagwaters en het verloop van het verticale getij gedurende de afsluitingsperiode in het getijstation Engelsmanplaat werden berekend aan de hand van getijcomponenten die verkregen waren uit de hiervoor genoemde analyse over een half jaar. Deze voorspellingen voor het station op de Engelsmanplaat werden

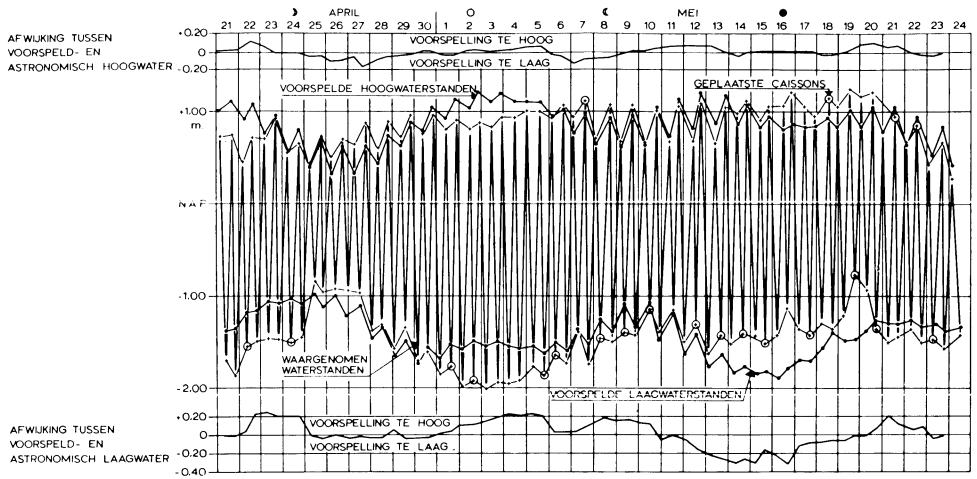


Fig. 5. Voorspelde en gemeten hoog- en laagwaterstanden in de sluitingsperiode

vervolgens gecorrigeerd aan de hand van het verschil dat voor het station Terschelling was opgemerkt tussen de voorspellingen op grond van een halfjaarlijkse en een heeljaarlijkse analyse. De voorspelde hoog- en laagwaters en het verloop van het verticale getij bij het sluitgat gedurende de afsluitingsperiode werden met behulp van een correlatie afgeleid uit de berekeningen voor de Engelsmanplaat. Deze correlatie was bepaald door vergelijking van de op dezelfde dagen waargenomen hoog- en laagwaters bij de Engelsmanplaat en aan de buitenzijde van het sluitgat, bij windsnelheden kleiner dan 5 m/sec. Het verschil tussen de voorspelde en opgetreden hoog- en laagwaters aan de buitenzijde van het sluitgat gedurende de sluitingsperiode werd niet alleen veroorzaakt door meteorologische omstandigheden, maar ook door tekortkomingen in de harmonische analyse. De meteorologische invloed, die afhankelijk is van windrichting en windsnelheid, en die blijkt uit een verhoging of verlaging van de waterstand, werd afzonderlijk beschouwd voor de Noordzee en het Waddengebied tussen de Engelsmanplaat en het sluitgat. De verhoging of verlaging van de waterstand tussen de Engelsmanplaat en het sluitgat bleek slechts enkele centimeters te bedragen. Het maximale effect trad op op 19 mei 1969, met een opwaaiing van 6 cm ten tijd van het tweede laagwater, toen de negentiende caisson in het sluitgat werd geplaatst. De Noordzee bij de Engelsmanplaat gaf bij die gelegenheid een verhoging te zien van 40 cm voor het hoogwater en 60 cm voor het laagwater. De windrichting was noordwest, de windsnelheid 15 m/sec. In de periode van 2 tot en met 4 mei 1969 trad een oostelijke wind op met snelheden van 5 tot 9 meter per seconde; het hoogwater en het laagwater werden toen bij de Engelsmanplaat respectievelijk met 30 en 35 centimeter verlaagd. Over het Waddengebied tussen de Engelsmanplaat en het sluitgat bedroeg de verdere verlaging echter niet meer dan enkele centimeters. Voorts bleek uit het verschil tussen de voorspelling van de hoog- en laagwaterstanden uit de getijanalyse en het opgetreden astronomische getij dat de afwijkingen van het hoogwater tussen de opeenvolgende springtijden in de sluitingsperiode het kleinst waren; ze bedroegen maximaal 12 cm. Het voorspelde laagwater had echter afwijkingen tot maximaal 20 cm te hoog en 25 cm te laag. In het begin van de afsluitingsperiode, in de overgang van springtij naar doodtij – 2 tot en met 10 mei 1969 – is het voorspelde tijverschil maximaal 20 cm te klein geweest. Na het doodtij en tot het

volgende springtij – 13 tot en met 16 mei – is het voorspelde tijverschil maximaal 25 cm te groot geweest. Bij het plaatsen van de laatste twee caissons op 23 mei, bij doodtij, is echter het voorspelde tijverschil praktisch gelijk geweest aan dat van het astronomische. In het algemeen blijken er nogal systematische afwijkingen tussen voorspelling en waarneming voorgekomen te zijn, die niet door meteorologische oorzaken verklaard kunnen worden, en nader onderzoek nodig maken.
Het bezwaar van de verschillen tussen voorspelling en werkelijkheid werd in de praktijk zoveel mogelijk ondervangen door na iedere plaatsing de afwijkingen vast te stellen en bij de voorspelling voor de volgende dag met deze ervaring rekening te houden.
Uit de getijwaarnemingen bleek ook dat de meteorologische invloeden op zee direct van invloed waren op de waterstanden bij de afsluiting. Doordat de gegevens van de peilschaal bij de Engelsmanplaat radiografisch werden overgebracht naar het directiekantoor van de afsluitingswerkzaamheden, kon zonder verwijl met deze gegevens worden gewerkt, en konden de correcties op de voorspelling binnen een uur voor de plaatsing van de betreffende caissons nog zo goed mogelijk worden verwerkt. Deze werkwijze zou niet mogelijk zijn geweest als het getijanalogon 'Deltar' bij de voorspelling van de snelheden door het sluitgat zou zijn ingeschakeld geweest; de minimale tijd voor de correctie zou dan 2 à 3 uur hebben bedragen. Bij de voorspellingen voor de afsluiting van de Volkerakdam leverde een zo lange termijn geen gevaar op, omdat de plaats van de afsluiting daar zoveel verder van zee gelegen was.
In het algemeen bleken de voorspellingen voor de plaatsing bij de hoogwaterkenteringen belangrijk eenvoudiger en ook nauwkeuriger te zijn dan voor plaatsingen bij laagwater. Dezelfde ervaring werd opgedaan bij de sluiting van het Volkerak, waar echter alle plaatsingen zijn uitgevoerd op de hoogwaterkentering. De verklaring van dit verschijnsel is als volgt. Omstreeks laagwater beweegt het water zich hoofdzakelijk door de geulen, waarbij het van de platen naar de geulen afvloeit. Dit gebeurt vaak op een wat onregelmatige wijze, waarbij ook de invloed van de wind een belangrijke rol speelt. Kleine onregelmatigheden in het verticale getij hebben dan reeds invloed op de afvloeiing. Als gevolg van dit alles bleek de snelheid van het water omstreeks de kentering in het sluitgat nogal grote schommelingen te vertonen, hetgeen voor een nauwkeurige bepaling van de kentering moeilijkheden opleverde. In het algemeen zijn de voorspellingen voor de plaatsingen van de caissons bij laagwater onnauwkeuriger gebleken dan die bij hoogwater. Afwijkingen van 10 minuten kwamen voor. Een en ander blijkt duidelijk uit twee voorspellingen, die in fig. 6 en 7 zijn weergegeven, in vergelijking met het waargenomen verloop. In fig. 6 zijn de voorspelde en waargenomen getijden weergegeven, met de snelheden in het sluitgat, bij de plaatsing van de 21e en 22e caisson op 21 mei, omstreeks de hoogwaterkentering. Uit de figuur blijkt dat het hoogwater 10 cm lager was dan voorspeld en het laagwater 20 cm, zodat de middenstand op de Noordzee te hoog was voorspeld. De maximale vloedsnelheid in het sluitgat was berekend op 2,9 m/sec, terwijl 2,6 m/sec gemeten werd, dus ongeveer 10% lager. Aanvankelijk werd de hoogwaterkentering voorspeld op 13.45 uur. Acht uur voor het uitvaren van de caisson werd deze voorspelling gecorrigeerd met 15 minuten, en gesteld op 14.00 uur. Op dat tijdstip is de kentering inderdaad opgetreden. De maximale gemeten vloedsnelheid bovenstrooms van de caissons heeft 1,15 à 1,25 m/sec bedragen.
In fig. 7 een ander voorbeeld: de voorspelling voor de twee laatste caissons, die werden geplaatst op vrijdag 23 mei. Ook op die dag bleek de middenstand lager te zijn dan voorspeld. H.W.- en L.W.-standen waren zelfs ongeveer 20 cm lager dan voorspeld. Hierdoor was ook de maximale ebsnelheid weer ruim 10% lager dan werd verwacht. De plaatsing van de caissons geschiedde ditmaal omstreeks de laagwaterkentering, die

6

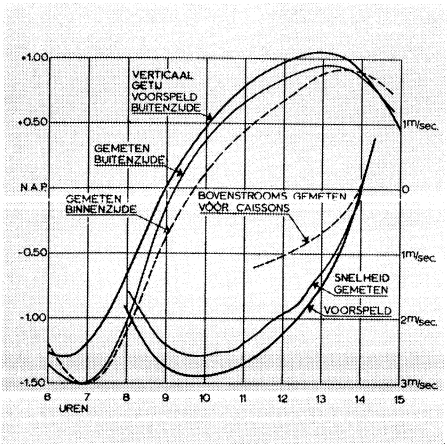


Fig. 6. Voorspelling en waarneming van het verticaal getij en van de stroomsnelheid bij de plaatsing van de 21e en 22e caisson op de hoogwaterkentering, 21 mei 1969

7

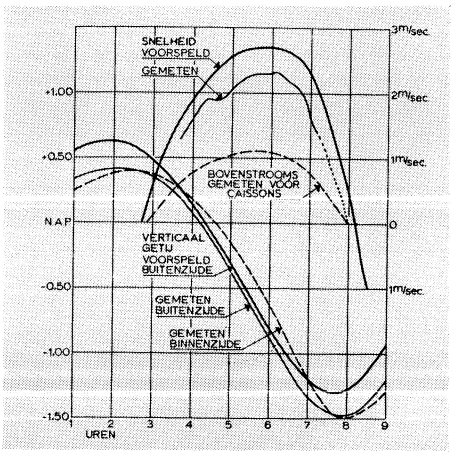


Fig. 7. Voorspelling en waarneming van het verticaal getij en van de stroomsnelheid bij de plaatsing van de laatste twee caissons op de laagwaterkentering, 23 mei 1969

8

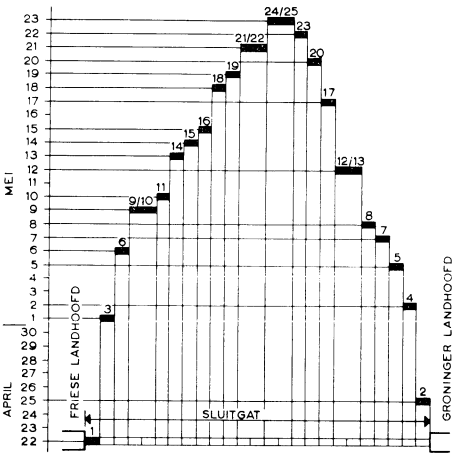


Fig. 8. Schema van de plaatsing der caissons in het sluitgat

tevoren op 8.10 uur was voorspeld, maar die in feite omstreeks 8 uur is opgetreden, dus 10 minuten vroeger. Het was niet mogelijk in dit geval de voorspelling een uur tevoren te herzien, zoals bij de plaatsing op de hoogwaterkentering wel het geval was. Wegens het invaren en indraaien van de caissons moest de snelheid ongeveer een uur vóór de kentering uit metingen bovenstrooms van de caissons worden afgeleid; en op het tijdstip van kentering dus evenzo. Het bleek verder dat het snelheidsverloop ten tijde van de kentering nogal afwijkend was, doordat er stroom liep van het sluitgat via het Robbengat naar de geopende spuisluizen. Verder waren de snelheden over een periode van ongeveer 20 minuten voor de kentering kleiner dan 0,5 m/sec.

In fig. 4 vindt men nog de maximale ebsnelheden ingetekend die gedurende de sluitingsperiode na 7 mei werden gemeten, zowel aan de oppervlakte als 2 m eronder. Ze blijken belangrijk kleiner dan de vroeger berekende snelheidskrommen voor een hoog springtij. Een dergelijk springtij is in de sluitingsperiode niet voorgekomen. Gedurende de nachttijden zijn echter grotere snelheden gemeten: dan waren de spuisluizen gesloten.

Tenslotte is in fig. 8 het plaatsingsprogramma van de caissons weergegeven. Uit deze figuur kan de breedte van het sluitgat op een bepaalde dag worden afgelezen.

Vorderingen in de periode
1 juli - 1 oktober 1969

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput en beëindiging van de stortebedden

De belopen van de dijkgedeelten achter de landhoofden van de uitwateringssluizen werden verder onder profiel gebaggerd. Bij het werk kwam 187 000 m³ zand vrij, dat in het Haringvliet werd geklapt. Om afschuiven van de zinkstukken te voorkomen werden de belopen ruw gemaakt door er ruggen van mijnsteen op aan te brengen. Op het noordwestelijke kwadraat is thans alle bezinking aangebracht. Het werk wordt voortgezet aan de zuidwestelijke zijde van de voormalige bouwput. Verwerkt werden 53 000 m² zinkstuk en 23 000 ton stortsteen.

Afsluiting van het Noord-Pampus; aanleg van de buitenhaven

Het gehele weglichaam tussen de schutsluis en de uitwateringssluizen is thans opgespoten, ook het oostelijk plateau is in de verslagperiode gereedgekomen. De win- en perszuigers konden worden afgevoerd. Aan de zeezijde werden de taluds al onder profiel gebracht en tot N.A.P. + 14 m met asfaltbeton bekleed. Voor de secundaire weg over de dam werd de aarden baan gereedgemaakt, terwijl een begin werd gemaakt met de kleibekleding.

Bij de havendam werd voortgewerkt aan de aanleg van een glooiing van stortsteen aan de zeezijde en een glooiing van koperslakblokken aan de havenzijde. Boven deze glooiing werd het zand onder profiel gebracht en met asfalt bekleed.
De onderwaterbelopen aan de zuidzijde van de haven werden geprofileerd en met kraagstukken verdedigd. Aan de noordkant van de haven werd de teenconstructie van houten damwand voortgezet. Het baggerwerk in de haven vond gewone voortgang.

Uitbreiding van de binnenhaven

Op 30 september werd het werk geheel voltooid opgeleverd. In de verslagperiode werden de betonsloof en de bestrating van de loswal voltooid, alsook de geleidewerken, bestaande uit vloeipalen, aanvaargordingen en wrijfstijlen van tropisch hardhout.

Bodembescherming in het Rak van Scheelhoek

De constructie van een steenkorst over de gehele drempel in het Rak van Scheelhoek werd voortgezet, en beëindigd met een 'neus' tegen de dijk achter het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen. 51 000 ton stortsteen en 5 000 ton grind werden nog verwerkt. Midden september kwam het werk gereed.

Vervaardiging van betonblokken voor de sluiting van het Rak van Scheelhoek

Op de werkterreinen in Oosterhout en Hellevoetsluis zijn tot op heden in totaal 34 000 blokken gefabriceerd. Hiervan zijn er 31 000 afgeleverd en gestapeld in de depots op het Voorns plateau. In Stellendam zijn tot nu toe 30 000 blokken gemaakt, waarvan er 27 000 in depot zijn afgeleverd en gestapeld.

Aansluiting van het boezemmeer

De uitwateringssluis van het Zuiderdiep werd in verbinding gebracht met het boezemmeer. Hiertoe werd 14 000 m³ grond in den droge ontgraven. De taluds van de toeleidingsgeul werden bekleed met grof grind van N.A.P. – 0,50 tot N.A.P. + 0,50 m.

Volkerak

Geul door de Plaat van Maltha; doorgraving van een gedeelte van de ringdijk van de bouwput voor de caissons en herstel van de ringdijk

De werkzaamheden zijn op 25 september 1969 voor de eerste maal opgeleverd en goedgekeurd.

De afsluitdam in het Volkerak en de uitbreiding van het Hellegatsplein

In de verslagperiode werd aanvankelijk met drie cutterzuigers en later met twee cutterzuigers zand geperst in de afsluitdam aan weerszijden van de caissons. Op 1 oktober was ter plaatse van de caissons een zandhoogte bereikt van N.A.P. + 6 m.

In de dam en de daarbij behorende primaire uitbreidingen van het Hellegatsplein werd 4,5 miljoen m³ zand geperst. De aannemer heeft inmiddels de perskade van mijnsteen aan de zuidzijde van de afsluiting voltooid en het benodigde zinkwerk uitgevoerd, waarna is begonnen met het profileren van het beloop en de verdere opbouw van grof grind, zware vlijsteen 80/200 kg, het plaatsen van damwand op N.A.P. + 2,75 m en het gereedmaken van het zandbeloop voor de tot N.A.P. + 6 m reikende asfaltglooiing.
Aan de noordzijde is in plaats van mijnsteen zandasfalt verwerkt met het asfaltschip 'Jan Heymans'. Het tempo van de verwerking en de resultaten met dit materiaal zijn tot nu toe bevredigend te noemen.

Zandlichaam van de dam door het Volkerak. Stand van het werk op 19 september 1969



De aannemer is na voltooiing van het zinkwerk eveneens begonnen met de opbouw van de glooiing aan de noordzijde. Het terrein aan de zuidzijde van het Hellegatsplein moet worden voorzien van een betonglooiing met daarvoor een kreukelberm. Tengevolge van de versterkte getijbeweging ondervinden de werkzaamheden hier enige vertraging.
Aan de noordwestzijde van het Hellegatsplein is de bestaande asfaltglooiing tot N.A.P. + 5 m verwijderd en is de uitbreiding van zand in ruwe vorm reeds aangebracht.

Deurenbergplaats met loswal en uitzichtplateau nabij het sluizencomplex

De betonnen onderbouw van de deurenbergplaats is inmiddels voltooid. Spoedig zal worden begonnen met de verdere opbouw bestaande uit een staalconstructie met aan de buitenzijde een beplating. Daarna kan de verdere afbouw plaatsvinden.
Van het uitzichtplateau is het tweede stort voltooid, waarna een begin is gemaakt met het stellen van de bekisting voor het derde stort.

Uitbreiding van de wachtplaatsen in de voorhavens

In de noordelijke voorhaven zijn de dukdalven en de betonnen loopbruggen nagenoeg gereed.
In de zuidelijke voorhaven zijn de betonpalen voor de loopbruggen geheid.

Brouwershavensche Gat

Werk- en opslagterrein bij West-Repart

Nadat de werkzaamheden voor de fundering van de kabelbaan voldoende ver waren gevorderd, is nog een klein gedeelte van het terrein voorzien van een zand-cementstabilisatie. Op de gereedgekomen terreingedeelten werden wegverhardingen van open asfaltbeton aangelegd. Bermen en belopen werden ingezaaid.

Werkweg tussen Schelphoek en West-Repart

Begin september werden de laatste lagen asfaltbeton aangebracht. Over een watergang van de polder 'Schouwen' werd een baileybrug gelegd. De bermen worden ingezaaid. De werkweg, met inbegrip van de aansluiting op de provinciale weg Serooskerke-Renesse, is vrijwel gereed.

Werk- en opslagterrein op de Middelplaat

Een begin werd gemaakt met de verharding van het opslagterrein door middel van een zand-cementstabilisatie.

Fundering van de kabelbaan

Het gedeelte op de Middelplaat werd voor de eerste maal opgeleverd. Van het gedeelte op Schouwen zijn alle sloven en een deel van de jukken gestort. Voor de fundering van het contragewicht werd voor de eerste maal beton gestort. Over de open stukken tussen de moten van de verkeerstunnel werd een tijdelijke afdekking aangebracht.

Damvak Springersdiep

Het persen van zand werd tot een week voor de bouwvakvakantie in volcontinubedrijf voortgezet met de zuiger 'Edax' en de cutterzuiger 'H.A.M. 207'. Op 4 juli werd het strand van Goeree bereikt, waarmee het Springersdiep was afgesloten en het damvak op volle lengte gekomen. In normaal dagbedrijf werd doorgegaan met de verzwaring en ophoging van het damlichaam. Op 14 augustus werd de cutterzuiger 'Linquenda II' ingezet om de beide kophavens af te werken. De zomerstorm van 21 en 22 augustus, die ertoe noodzaakte het werk tijdelijk te stoppen, veroorzaakte nogal wat zandverliezen. In totaal is nu 3 000 000 m³ zand in het damlichaam verwerkt.
Voortgegaan werd met de aanleg van terreinafdekkingen en kaden van mijnsteen. Tevens werd de mijnsteenkern van

de binnenhavendam aangebracht; tot nu toe is ongeveer 180 000 ton van dit materiaal in het damvak verwerkt.
De verdediging met zinkstukken van het onderwaterbeloop van de damkop is nog niet geheel gereed, mede omdat vertragingen optraden bij het afwerken van het zandbeloop. Totaal is rond 55 000 m² zinkstuk gezonken, waarop 33 000 ton steen werd gestort. Begonnen werd met het zetten van de glooiing van koperslakblokken aan de damkop. Eind augustus werden de eerste betonnen damwanden in de buitenteen geplaatst, waarna steenkorven konden worden gezet en een asfaltslab en een glooiing van gepenetreerde stortsteen aangebracht.

Aanvoer van materialen

De aanvoer van stortsteen is tot het begin van de bouwvakvakantie voortgezet. Dit jaar werd totaal 106 000 ton stortsteen in diverse afmetingen in het werk gelost dan wel in depot gebracht. Aan mijnsteen werd ongeveer 225 000 ton aangevoerd en in het werk of in het depot in de werkhaven Kabbelaarsbank gebracht.

Bouw van de doorlaatcaissons

In de verslagperiode werd van vier caissons het tweede stort in het werk gebracht, zodat dit nu voor negen caissons gereed is. Van vijf caissons zijn de kolommen – het derde stort – klaar; voor twee caissons de kopwanden – derde stort – en voor vier caissons de bovenregels van de spanten, die bij het vierde stort worden vervaardigd.
Bij twee caissons zijn op de bovenregels voorgespannen platen gelegd waarop vervolgens als vijfde en laatste stort de ballastbak wordt aangebracht, waarmee de caisson dan voor zover het betonwerk betreft gereed is.
Voor tien caissons zijn de diagonaalverbanden en de schuifgeleidingen gesteld. De al eerder bij de sluiting van het Volkerak en de Lauwerszee gebruikte drijfschotten zijn op het werk aangevoerd en opgeslagen. Zij zullen worden gedemonteerd, waarna van de vrijkomende balken schotten zullen worden samengesteld voor de caissons die in het Brouwershavensche Gat dienst zullen doen. Het werk aan de landhoofdcaissons ondervond vertraging door gebrek aan personeel, vooral betontimmerlieden.

Oosterschelde

Werkhaven Schelphoek

Ten behoeve van de werkzaamheden in de Oosterschelde werden in de verslagperiode aangevoerd en in depots opgeslagen of verwerkt: 85 000 ton Belgische mijnsteen, 67 000 ton Duitse mijnsteen, 19 000 ton Hollandse mijnsteen en 115 000 bossen rijshout.

Werkhaven Sophia-polder

Op 16 september werd de werkhaven voor de tweede maal opgeleverd. In de verslagperiode werd 40 000 ton Belgische stortsteen voor de oostelijke schermdam en 130 000 ton fosforslakken aangevoerd en verwerkt.

De oeververdediging van Noord-Beveland

Het storten van fosforslakken langs de oever van Noord-Beveland werd voortgezet. In totaal werd 130 000 ton fosforslakken met behulp van een onderlosser verwerkt. Het stortwerk, dat vervolgens werd voortgezet met grof grind, nadert zijn voltooiing.

Werkeiland op de Roggenplaat

De bezinking met zoolstukken rondom het eiland en met kraagstukken ter plaatse van de schermdam kwam gereed. In de verslagperiode werden 45 000 m² zoolstukken, 27 000 m² klassieke zinkstukken en 120 000 ton stortsteen verwerkt.
De beneden N.A.P. gelegen mijnsteenkaden werden aangebracht met behulp van twee afmeerpontons en een aantal

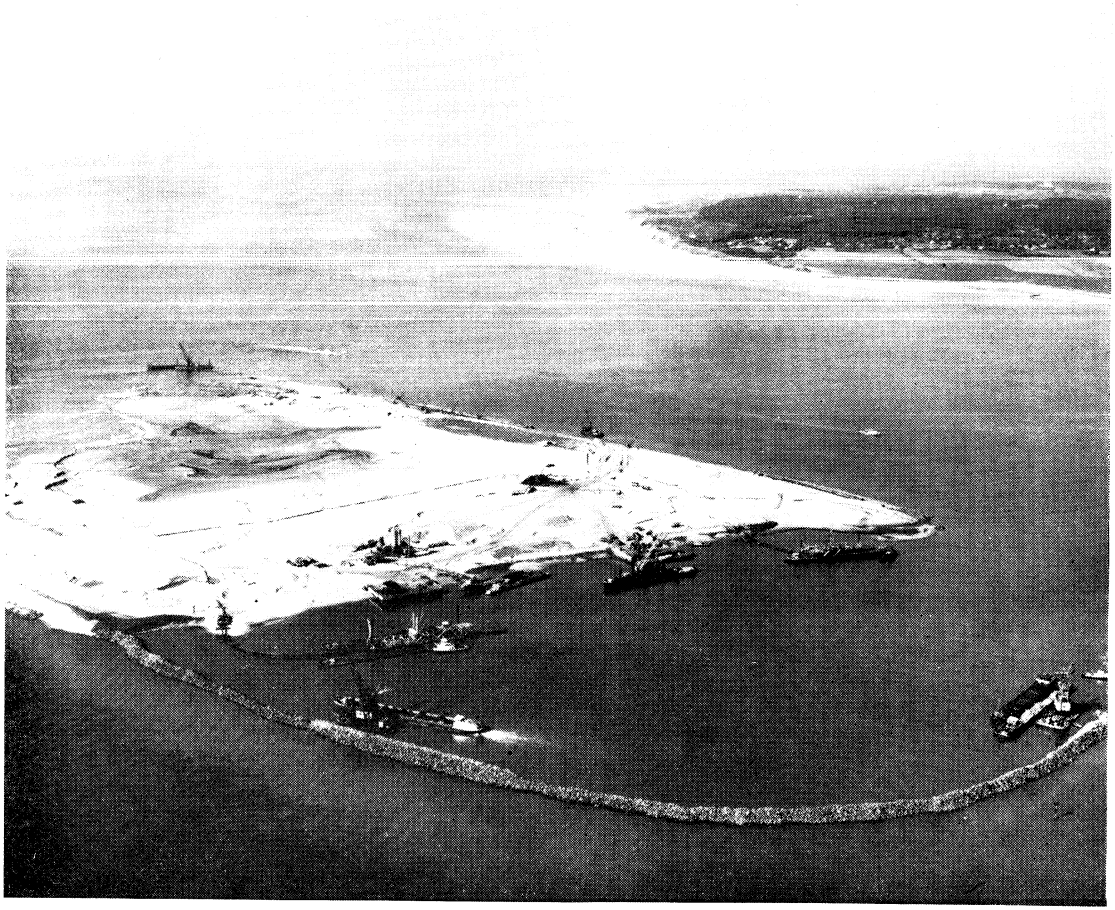


De bouwput van de doorlaatcaissons voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat. Opname op 30 september 1969

De zuidelijke stroomgeul van het Brouwershavensche Gat, met de pylonen voor de kabelbaan, gezien van zuid naar noord

onderlossers. De mijnsteen in de boven N.A.P. gelegen kaden werd grotendeels met behulp van auto's in het werk gebracht. In totaal werd 250 000 ton mijnsteen verwerkt. De schermdam rond de werkhaven werd in eerste aanleg gemaakt met stortsteen uit de depots van de werkhaven Schelphoek. De verdere ophoging tot N.A.P. + 3 m vindt plaats door opslag van stortsteen die rechtstreeks vanuit de schepen in het werk wordt gelost.

Het werkeiland op de Roggenplaat in de Oosterschelde in opbouw. Foto van 30 september 1969





Het sluitgat van de Lauwerszeedijk gezien van de Friese kant. Op de voorgrond de loopbrug die zorgt voor verbinding met de vaste wal

Het zandbedrijf werd voortgezet met vier zuigers: één winzuiger voor het beladen van bakken die een inhoud hebben van 750 m³, twee bakkenzuigers die een ligplaats in de werkhaven hebben, en één winzuiger die het zand via een ten dele op de geulbodem liggende leiding rechtstreeks in het werk perst. In totaal werd 2 500 000 m³ zand aangebracht. Nu de loswallen in de werkhaven gereed zijn wordt er een druk gebruik van gemaakt voor de aanvoer van materieel en materialen zoals betonblokken, mijnsteen en damwand.

Op 2 september werd een begin gemaakt met het zetten van een glooiing van betonblokken van 50 x 50 x 30 cm. Op 24 september werd begonnen met het aanbrengen van de asfaltbetonbekleding boven de betonblokkenglooiing.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

In de verslagperiode is ongeveer 1 miljoen m³ zand in het dijklichaam ter weerszijden van en in de caissons verwerkt. De caissons zijn vrijwel over de gehele lengte onder het zand verdwenen. Aan de Waddenzeezijde is de glooiing van koperslakblokken op mijnsteen en grind, steunende tegen een houten damwand en beschermd door kraagstukken, geheel gereedgekomen. Daar wordt nu al een begin gemaakt met het aanbrengen van de asfaltverdediging. Aan de Lauwerszeezijde is het onderwaterbeloop over een honderdtal meters van een verdediging en een damwand voorzien. De overgebleven reserve-caisson werd op 24 en 25 juli naar Zeeland versleept en in het Veerse Meer aan de grond gezet.

Op de drooggevallen gronden van de Bantspolder is een aanvang gemaakt met de grondwerken voor de aansluiting van de weg over de dijk op het in 1968 gereedgekomen wegvak Banthuis–Anjum, als onderdeel van de provinciale weg Lauwersoog–Anjum–Metslawier–Dokkum.

De voorbereidingen voor diverse werkzaamheden in en om de Lauwerszee vinden voortgang; vele werken zijn reeds vrijwel bestekklaar. Zo is reeds een aanvang gemaakt met de aanpassing van de Friese sluis te Zoutkamp, en zijn op de drooggevallen gronden reeds uitgebreide maatregelen genomen tegen verstuiving door het plaatsen van rijsschermen en het inzaaien van een mengsel van winterrogge en graszaad. De ontzilting van de Lauwerszeeboezem vordert goed; de eerste zoetwatervissen – het waren snoekbaarsjes – zijn reeds in netten gevangen.

A. Deltawerken

Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 1091	26 juni 1968	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 1096	30 juli 1968	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1097	30 juli 1968	Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 1098	30 juli 1968	idem
DED 1103	27 augustus 1968	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1104	27 augustus 1968	idem
SS 495	21 juni 1968	Het maken van caissons voor de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
BR 4419	23 februari 1968	Het vervaardigen en leveren van in te betonneren onderdelen, bovenaanslag-contra-gewicht en ankermal ten behoeve van de kabelbaan in het Haringvliet
BR 4428	7 augustus 1968	Het vervaardigen en leveren en bedrijfsvaardig opstellen van 4 schuiven met bijbehorende bewegingswerken c.a. ten behoeve van de uitwateringssluis in het Zuiderdiep behorende tot het sluizen-complex in het Haringvliet
BR 4431	28 maart 1968	Het vervaardigen en leveren van 28 motoren ten behoeve van de nieuwe lieren voor de caissons voor het Volkerak
BR 4432	28 maart 1968	Het vervaardigen en leveren van 76 schakelkasten c.a. ten behoeve van 28 nieuwe en 48 oude lieren voor de caissons voor het Volkerak
BR 4504	10 mei 1968	Het vervaardigen en leveren van hoezen voor lieren ten behoeve van de doorlaatcaissons
BR 4508	28 mei 1968	Het vervaardigen en leveren van in te betonneren schuifgeleiding en wegneembare geleidingen en bijbehorende malplaten en ankers ten behoeve van de doorlaatcaissons voor het Brouwershavensche Gat
BR 4509	28 mei 1968	Het vervaardigen en leveren van in te betonneren onderdelen en malplaten ten behoeve van de doorlaatcaissons voor het Brouwershavensche Gat
BR 4510	7 juni 1968	Het vervaardigen en leveren van gietijzeren afsluiters, handwielen en pijpstukken c.a. alsmede in te betonneren onderdelen ten behoeve van de doorlaatcaissons voor het Brouwershavensche Gat
BR 4536	7 juni 1968	Het vervaardigen en leveren en bedrijfsvaardig opstellen c.q. aansluiten van de luchtleidingen c.a. op de schuifarmen C, rivier- en zeezijde van de spuisluis in het Haringvliet
BR 4543	24 juli 1968	Het leveren van 4 stuks flexibele pennenkoppelingen en 4 stuks flexibele tandkoppelingen ten behoeve van de uitwateringssluis in het Zuiderdiep
BR 4544	24 juli 1968	Het vervaardigen en leveren van 4 stuks geheel gesloten gietijzeren tandwielkasten ten behoeve van de uitwateringssluis in het Zuiderdiep

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

Provincie c.q. gebied	Nummer en dienstjaar	Omschrijving van het werk
Zeeland (waterschap Walcheren)	11/1966	Verlenging van de uiteinden van de glooiing van de zeedijk te Zoutelande
Zeeland (waterschap 'Het Vrije van Sluis')	66/677B1/2	Het leveren en opstellen van een machineïnstallatie voor het gemaal Nieuwe Sluis
Zeeland (waterschap 'Het Vrije van Sluis')	67/677B2/1	Het leveren van persleidingen voor het gemaal Nieuwe Sluis
Zeeland (gem. Terneuzen)	Tnz. 3.2.	Aanpassingswerken van de rioleringen te Terneuzen

Deltawerken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer(s)
eenheidsprijzen	Fa. G. van Weverwijk & Zn. te Zijderveld
eenheidsprijzen	Fa. Kraayenveld's Aannemings- en Handelsonderneming te Barendrecht
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruiter c.v. te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
f 15 640 000,—	Combinatie Caissonbouw Brouwershavensche Gat te Zonnemaire
f 11 705,—	Constructiebedrijf M. J. Stekelenburg te Middelharnis
f 123 940,—	Machinefabriek Thole N.V. te Enschede
f 40 820,—	Electrotechnische Mij N.V. van Rietschoten en Houwens te Rotterdam
f 20 889,68	N.V. Electromotorenfabriek 'Dordt' te Dordrecht
f 18 791,—	N.V. Telemecanique te 's-Gravenhage
f 11 580,—	N.V. Weco te Hoogezand
f 493 300,—	De Groot Zwijndrecht N.V. te Zwijndrecht
f 30 745,—	N.V. Machinefarbriek Figee te Haarlem
f 280 319,—	N.V. Machinefabriek en IJzergieterij 'Holland-Bergen op Zoom' te Bergen op Zoom
f 52 000,—	Boele's Scheepswerven en Machinefabriek N.V. te Bolnes
f 10 540,—	Van Gelder Compagnie N.V. te Rotterdam
f 32 200,—	Machinefabriek Aug. Bierens & Zonen N.V. te Tilburg

gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
f 40 500,—	N.V. v-h fa. B. M. van Noordenne en Zoon te Hardinxveld-Giessendam
f 266 565,—	Stork en Co. N.V., Hengelo
f 82 715,—	N.V. Betondak, Arkel
f 147 400,—	Combinatie Havens, Terneuzen

A. Deltawerken

Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 1078	8 oktober 1968	Het verrichten van werkzaamheden voor een ontwerp dambouwschip
DED 1080	1 november 1968	Aanbrengen van een bodembescherming van gietasfalt in het Brouwershavensche Gat
DED 1081	13 januari 1969	Het leveren van grof grind ten behoeve van de afsluiting van het Haringvliet
DED 1086	9 oktober 1968	Vervaardigen en leveren van tangdrijverbuizen en grendelliertjes
DED 1089	17 oktober 1968	Maken van grondverbeteringen door middel van de diepteverdichtingsmethode nabij de spuisluis in het Haringvliet en het maken van zandpalen in de oprit door het voormalige Zuiderdiep
DED 1093	11 oktober 1968	Maken van opstaande randen op en van een zoom in filterdoek
DED 1110	31 oktober 1968	Het verrichten van werkzaamheden voor het onderzoek van grondmonsters
DED 1111	20 december 1968	Het verrichten van onderhouds- en reparatiewerkzaamheden aan de technische installatie van de Rijksbok 'Ursus'
DED 1122	3 december 1968	Leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
DED 1123	5 december 1968	Idem
DED 1124	5 december 1968	Idem
DED 1125	10 december 1968	Idem
DED 1126	5 december 1968	Idem
DED 1131	31 december 1968	Leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
DED 1132	31 december 1968	Idem
DED 1133	6 januari 1969	Idem
DED 1134	3 januari 1969	Idem
DED 1135	31 december 1968	Idem
BR 4423	1 maart 1968	Het vervaardigen en leveren van elf stuks aandrijving hydraulische pompen ten behoeve van de revisie van de kabelbaan
BR 4584	30 september 1968	Het leveren van afsluiters met bijbehorende losse handwielen ten behoeve van eenheidscaissons voor de afsluitingswerken-zuid van de Deltadienst
BR 4640	27 december 1968	Vervaardigen en leveren van nodulair gietijzeren onderdelen ten behoeve van de werkhaven in de voormalige Sophiapolder
BR 4670	15 oktober 1968	Vervaardigen en leveren van ankers, gordingen enz. voor de loswal en voor de werkhaven in de voormalige Sophiapolder ten behoeve van de afsluiting Oosterschelde

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

Nummer van het bestek	Dienst	Omschrijving
DED 1059	1968-1969	Het bouwen van twee dienstwoningen met een dubbele schuur nabij de schutsluis in het Haringvliet te Stellendam
DED 1095	1969	Maken van de onderbouw van de landgedeelten voor de kabelbaan over het Brouwershavensche Gat, alsmede van een verkeerstunnel met bijkomende werken in de gemeenten Goedereede, Middenschouwen en Brouwershaven
DED 1099	1969-1970	Maken van een weg, watergangen, duikers en bijkomende werken op en nabij de drooggevallen gronden in de omgeving van de Middelplaten in de gemeente Wolphaartsdijk

Deltawerken gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer(s)
verrekenprijzen	Bureau voor Scheepsbouw ir. P. H. de Groot N.V. te Bloemendaal
f 1 768 143,—	'Bitumarin' N.V. te Zaltbommel
eenheidsprijzen	Rheinisches Lavakontor G.m.b.H. Tochtergesellschaft der Firma Horst und Jüssen O.H.G. te Sinzig/Rhein
f 75 000,—	Scheepswerf 'De Rijn' v/h Hoebé N.V. te Dordrecht
f 327 550,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
f 11 690,—	N.V. Zakkencentrale te Schiedam
eenheidsprijzen	Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek te Oosterbeek
f 31 489,47	N.V. Arie Rijsdijk-Boss en Zonen te Hendrik Ido Ambacht
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	N.V. J. de Jong Bzn. te Sliedrecht
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruiter C.V. te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. Gebr. Dubbeldam Bzn. te Lage Zwaluwe (N.Br.)
eenheidsprijzen	N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	N.V. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
eenheidsprijzen	Fa. J. A. de Ruiter C.V. te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. Adr. Volker Lzn te Rotterdam
eenheidsprijzen	Fa. Gebr. Hakkers te Werkendam
f 14 580,—	Motorfabriek Smit en Bolnes N.V. te Zierikzee
f 17 670,—	N.V. Econosto te Rotterdam
24 927,60	Nederlandsche IJzergieterij 'Vulcanus' N.V. te Vaassen
f 36 200,—	Lubbers Constructiewerkplaats en Machinefabriek 'Hollandia' N.V. te Krimpen a/d IJssel

gegunde werken

Aannemingssom	Aannemer
f 128 500,—	Fa. C. Goeter & Zn. te Sommelsdijk
f 1 709 000,—	Beton- en Aannemingsmaatschappij J. H. Laeven te Heerlen
f 1 488 200,—	N.V. Aannemings- en Wegenbouwbedrijf P.H. Offringa te Vught

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

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving van het werk
DED 1071	dienst 1968-1969	Het maken en leveren van gewapend betonnen eenheidscaissons met bijbehorende opzetstukken
DED 1094	dienst 1968-1969	Het aanleggen van terreinen en het maken van een steiger c.a. met bijkomende werken in de haven van Burghsluis onder de gemeente Westerschouwen (Schouwen-Duiveland)
SS 487	dienst 1967-1968	Het maken van een fundering voor een deurenbergplaats, een remmingwerk en een meerstoel met bijkomende werken, gelegen nabij de schutsluis Haringvliet in de gemeente Stellendam
Z 1148	dienst 1967-1968	Het maken van twee kribben op de rechteroever van de Eendracht in de gemeente St. Philipsland

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

Provincie c.q. gebied	Nummer en dienstjaar	Omschrijving van het werk
Zeeland (waterschap 'Het Vrije van Sluis')	6/1967	Het graven, verruimen en opschonen van leidingen, lang ± 33 km, het leggen van duikers en het verwerken van de vrijkomende grond
Zeeland (waterschap 'Hulster Ambacht')	—	Verhogen en verzwaren van de zeedijk langs de Westerschelde van het voormalig waterschap 'Stoppeldijk c.a.'
Zeeland (gem. Terneuzen)	Tnz. 3.1/1967	Aanpassingswerken van de riolering ten gevolge van de afsluiting van de Oost- en Middensluis
Zeeland (waterschap 'Het Vrije van Sluis')	67/677/B3/1 sept. 1967	Het bouwen van een poldergemaal met persleidingen en uitstroomwerk en het slopen van de bestaande uitwateringssluis in de gemeente Breskens (Nieuwe-Sluis)
Zeeland (waterschap 'Het Vrije van Sluis')	4281-mrt. 1967	Het graven en verruimen van leidingen, lang ± 10 km, het vervoeren en verwerken van de uitkomende grond en het maken van zestien kunstwerken in het Hoofdafwateringsgebied Nieuwe-Sluis
Zeeland (waterkering van de cal. polders Hoofdplaat en Thomaes)	67/677/C1/1 juni 1967	Het bouwen van een uitwateringssluis, voornamelijk in gewapend beton met stortebedden aan in- en uitstroomzijde, nabij dijkpaal 84 van de cal. Hoofdplaatpolder (Sluis bij Nol Zeven)

werken

Aannemingssom	Aannemer(s)
f 888 500,—	Combinatie Brug Oosterschelde te Beverwijk
f 275 800,—	Aannemersbedrijf 'Schouwen-Duiveland' N.V. te Zierikzee
382 420,—	N.V. Aannemersmaatschappij W. C. van Dijk te Hardinxveld-Giessendam
f 61 700,—	N.V. Gebr. van Oord te Werkendam

gegunde openbaar aanbestede bestekken

Aannemingssom	Aannemer(s)
f 661 650,—	Aannemingsbedrijf S. Zijlstra te Andel (N.Br.)
f 2 959 000,—	Van Hattum en Blankevoort N.V., Beverwijk
f 685 130,—	Aannemingsbedrijf W. J. de Bruyn, Terneuzen
f 924 000,—	Leenhouts Aannemingsbedrijf N.V. Sluis
1 447 000,—	Aannemersbedrijf fa. M. Uil te Middelburg
f 889 900,—	N.V. Aannemersbedrijf Ph. de Koning Jr., Papendrecht

VERANTWOORDING VAN DE FOTO'S

Hofmeester	556 559 560
De Klerk	536 537
Rijkswaterstaat	530
Slagboom en Peeters	540 544
De Vries	561