
Inhoud

A. De werken van het Deltaplan

De kabelbaan over het Rak van Scheel-
hoek 2

Veranderingen van de zouttoestand in de
wateren aan weerszijden van de Volkerak-
dam 19

Veranderingen in de stroomsnelheden ten
zuiden van de Volkerakdam 25

Het werkeiland 'Neeltje Jans' in de Ooster-
schelde 33

De toekomst van het mosselbedrijf 37

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Schielands Hoge Zeedijk 46

Vorderingen 52

De kabelbaan over het Rak van Scheelhoek

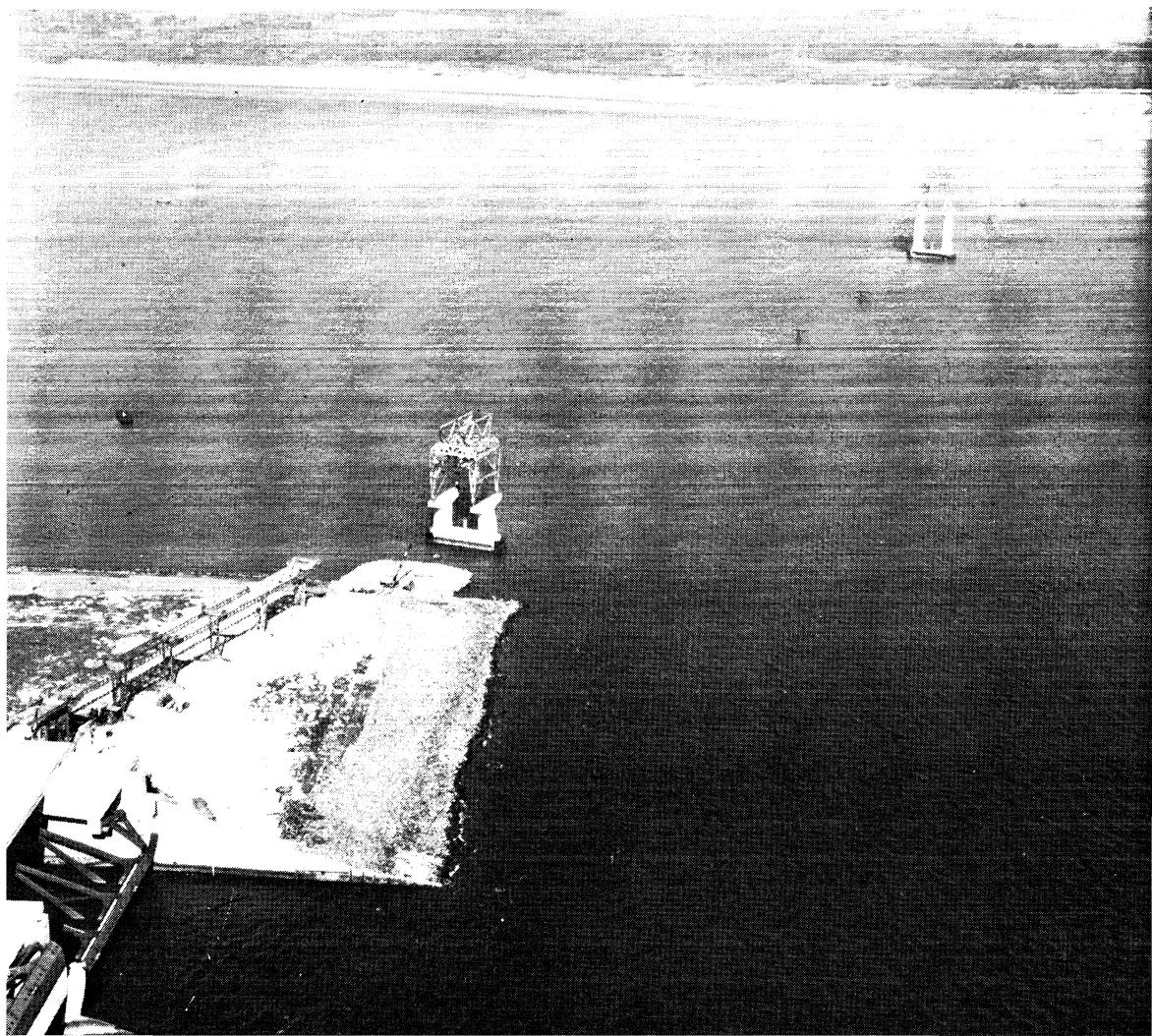
De kabelbaan waarmee in 1964 de sluiting van de Grevelingen werd voltrokken, zal dit jaar dienst doen als werktuig met behulp waarvan in het Rak van Scheelhoek een beteugelingsdam van betonblokken wordt opgestort. Intussen is van 1965 tot 1969 gewerkt aan het herstel en de constructieve verbetering van deze kabelbaan.

Met behoud van het hoofdsysteem zijn belangrijke details verbeterd, terwijl de motorgondels (ook wel automoteurs genoemd) en de stalen bovenbouw aan een grondige revisie zijn onderworpen. De algemene opzet is aangepast aan de omstandigheden in het Haringvliet. Aan de zuidzijde van het sluitgat, op het landhoofd van de uitwateringssluizen, is maar weinig ruimte aanwezig, juist voldoende voor een laadstation van 100 m en een draaischijf; aan de noordzijde, op het Vooronse plateau, zijn behalve een laadstation en een draaischijf tevens een garagespoor en een kort opstel-spoor gebouwd. Tijdens het bedrijf kunnen maximaal 10 motorgondels worden uitgerangeerd, 4 stuks op het garagespoor en 6 stuks op het opstel-spoor. Doorsmeren, olie versen en kleine reparaties zullen op het garagespoor plaatsvinden.

Wanneer ze grote reparaties moeten ondergaan, worden de gondels op de begane grond neergelaten en naar de werkplaats ten westen van het garagespoor overgebracht.

De kabelbaan over de Grevelingen was opgehangen aan drie pylonen. De pylonen op de beide oevers van het sluitgat stonden gemonteerd op een eenvoudige paalfundering, terwijl de middenpyloon gefundeerd was op een viertal betonnen eenheidscaissons, die op een vlakgebaggerd grindbed waren afge-



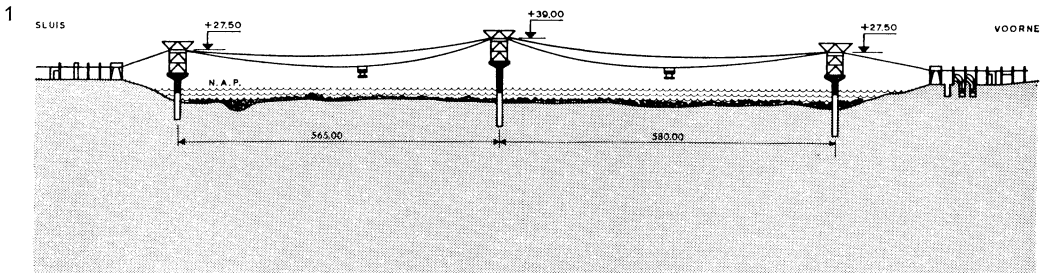


zonken, van zware betonnen sloven waren voorzien en rondom met steen aangestort. Omdat de bodem ter plaatse losgepakte zandlagen bevatte van een gelijkmatige fijne korrelopbouw werd de kans op zettingsvloeiingen bij te sterk oplopende waterspanningen in het zand niet uitgesloten geacht. Met het oog daarop waren in de ondergrond waterspanningsmeters geplaatst en was zelfs in de mogelijkheid voorzien om zo nodig een bemaling aan te brengen.

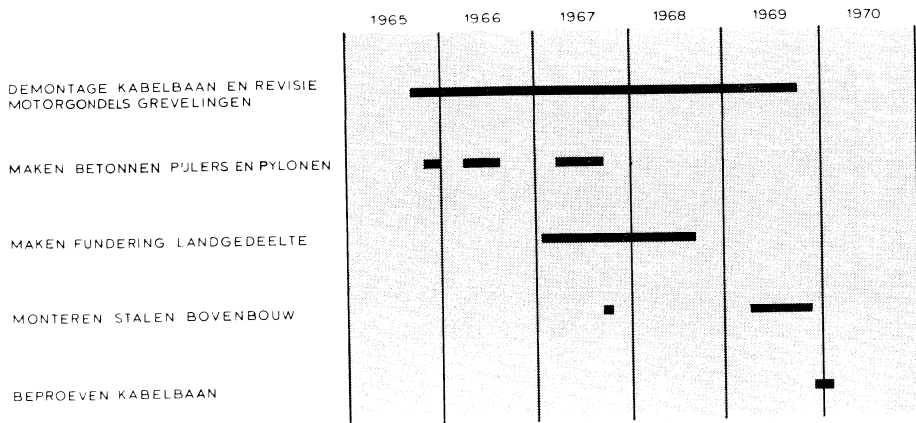
Ofschoon de funderingsdrukken relatief zeer weinig hoger werden tijdens het rijden met de afzonderlijke gondels bleek toch uit de waarnemingen dat de waterspanningen bij een te snelle opeenvolging van de wagens geen gelegenheid kregen volledig terug te lopen tot het oorspronkelijke niveau, maar geleidelijk hoger werden. De registratie van het spanningsverloop was zo nauwkeurig, dat de gehele loop van een over de kabelrijdende motorgondel in de waarnemingen van de waterspanningsmeter kon worden gevolgd. Omdat er telkens weer werkpauses waren, waarin de waterspanningen konden teruglopen, behoefde geen bemaling te worden aangebracht. Maar toch werd op grond van nader overleg met de deskundigen van het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft, dat deze metingen had uitgevoerd, de conclusie geformuleerd dat hernieuwde toepassing van deze funderingswijze in het Haringvliet, waar het bedrijf intensiever zal zijn, te grote risico's zou inhouden. Besloten werd in het vervolg een fundering toe te passen die reikt tot in de diepe pleistocene zandlagen. Vanwege de geëxposeerde ligging van het Haringvliet en het Brouwershavensche Gat leek het eerder bij de Zeelandbrug over de

Oosterschelde toegepaste systeem van putten-fundering -- waarover meer te vinden is in Driemaandelijks Bericht nr. 21 (augustus 1962) -- aantrekkelijker te zijn dan de klassieke oplossing met een paalfundering in een open en bemalen bouwkuip. Bij het opstellen van het belastingsschema bleek dat de horizontale drukken die het gevolg zouden zijn van eventuele ijsgang verreweg het grootst waren en ertoe noodzaakten elke pyloon op drie putten te funderen. De verticale belasting wordt voornamelijk bepaald door de negatieve kleeft en gevolge van de zetting van de ondergrond door de druk van de op te storten afsluitdam.

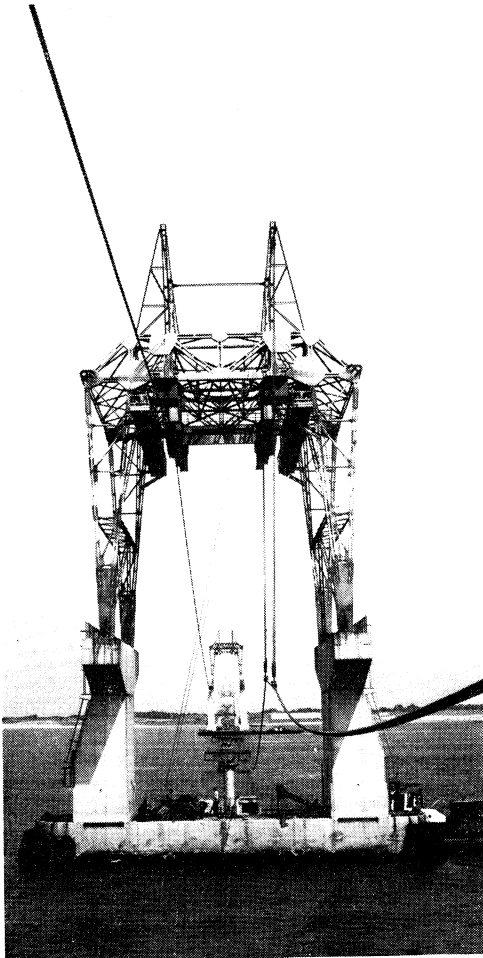
Een ander markant verschil met de pylonen van de kabelbaan over de Grevelingen is de toepassing van geprefabriceerde voorgespannen betonnen opzetstukken ter vervanging van een deel van de staalconstructie. Bij het ontwerpen van de kabelbaan over de Grevelingen was de mogelijkheid nog opengelaten om als proef twee motorgondels naast elkaar op beide kabels te laten rijden, zodat ze samen een groot element van 20 ton zouden kunnen transporteren, bijvoorbeeld een stalen kooi die na plaatsing met steen kon worden gevuld. De motorgondels moesten de pylonen derhalve aan de binnenzijde van de staanders passeren; de portaalconstructie der pylonen garandeerde tevens een grote mate van wringstijfheid. Tijdens het werken bleek aan deze constructie echter ook een nadeel te kleven, en wel de kans op beschadiging door onbedoeld vallende lasten. Het is voorgekomen dat een gondel door een foute manoeuvre juist in de pyloondoorgang een paar zandasfaltzakken liet vallen, waardoor het onderliggende stalen vakwerk zodanig werd



2



3



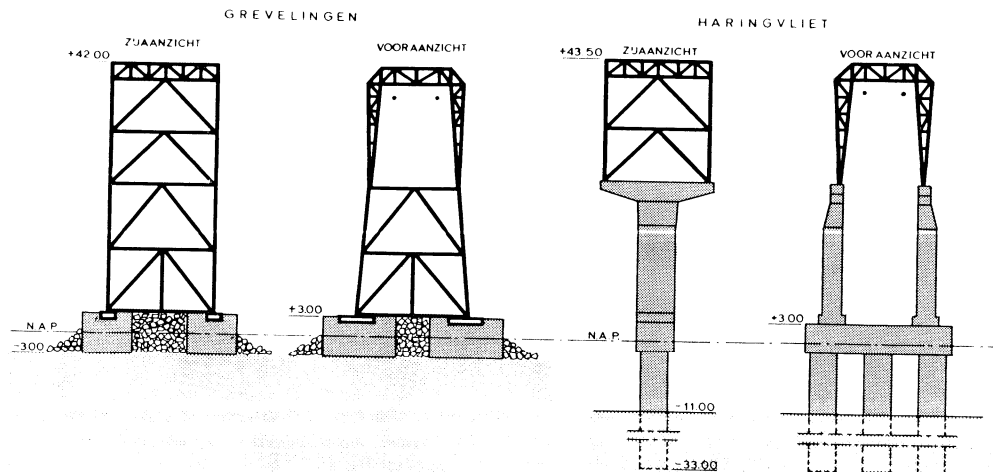
beschadigd, dat het bedrijf moest worden stilgelegd. In het Haringvliet is gekozen voor een volledige portaalconstructie, waarvan het onderste deel uit voorgespannen beton bestaat, dat voor het opvangen van de schok van een onverhoeds vallende last wordt afgedekt met stortsteen. De elementen van voorgespannen beton zijn door de 'Combinatie Brug Oosterschelde' op haar werkterrein in Kats geprefabriceerd, over water aangevoerd en met behulp van de drijvende bok 'Ir. J. G. Snip' op de fundering geplaatst.

Aangezien inmiddels uit het waterloopkundig onderzoek is gebleken dat voor de resterende afsluitingen geen elementen nodig zijn die het naast elkaar rijden van twee motorgondels vereisen, zijn de pylonen voor het Brouwershavensche Gat als enkelvoudige wringstijve betonnen torens geconstrueerd. Dit is een-

1 Overzicht van de kabelbaan-overspanningen

2 Tijdschema van de demontage en heropbouw van de kabelbaan

3 De oostelijke draagkabel wordt in de middenpyloon gehesen

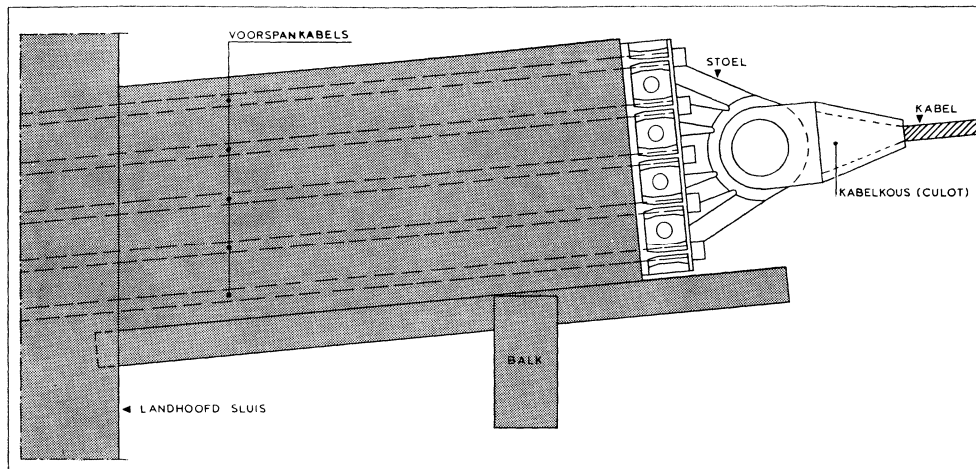


voudiger en goedkoper (zie Driemaandelijks Bericht nr. 45, augustus 1968).

Met het oog op de daar later te maken vaste verankering voor de draagkabels is reeds tijdens de bouw van de uitwateringssluizen in het noordelijk landhoofd een tiental korte voorspankabels ingestort met een gezamenlijke breekkracht van ongeveer 2500 ton. Deze kabels zijn doorverbonden door een zwaar blok beton en lopen door de dubbele voetplaat van een ongeveer 13 ton zware gietstalen ankerstoel. Aan deze stoel zijn de beide in gietstalen kabelkousen gestoken draagkabels dubbel scharnierend bevestigd. De draagkabels staan onder een spanning van rond 300 ton, de verankeringen zijn berekend op het $1\frac{1}{3}$ -voudige van deze krachten, totaal dus op 900 ton. Om te grote schuifspanningen in de gietstalen stoel en in het betonwerk te voorkomen zijn de voorspankabels die de stoel tegen het betonblok klemmen, met een totale kracht van 1000 ton aangespannen.

Aan de noordzijde worden de kabels op spanning gehouden door twee contragewichten van 300 ton, die in schachten verticaal kunnen bewegen en daarbij door wielen tegen rails worden geleid om draaien en ontwinden van de kabels te voorkomen. De hoekverandering van de kabels wordt bewerkstelligd door twee halve wielen van staal met een kromtestraal van 9 m, die steun vinden op de onderbouw door middel van tonlagers. De holle velgen langs de omtrek van de wielsegmenten zijn voorzien van een hardhouten voering, waar de draagkabels over lopen. De kabels eindigen ook hier in kabelkousen, die scharnierend aan de contragewichten zijn bevestigd. Deze constructie wijkt dus af van

- 1 Pyloon van de kabelbaan over de Grevelingen en over het Haringvliet
- 2 De vaste verankering aan de zuidzijde van de kabelbaan over het Rak van Scheelhoek



die bij de Grevelingen, waar de contragewichten als balansen waren uitgevoerd, en waarbij de afgegeven kracht nog moest worden gecompenseerd door correctieslingers. Een bezwaar van deze oplossing was, dat de draagkabels bij de montage en de demontage vanwege de te kleine slag van het contragewicht tijdelijk met een zware klem op ongeveer 200 ton spanning moesten worden gehouden, een manoeuvre die met zekere risico's gepaard gaat. Daarom is voor de kabelbaan over het Rak van Scheelhoek een andere constructie ontworpen, met verticaal bewegende contragewichten.

De schachten waarin de contragewichten op en neer gaan, konden tevens dienen als funderingsputten van de verankering, wanneer aan de waterkant nog een derde put werd toegevoegd. De drie putten zijn aan de bovenzijde verbonden door een zeer zware horizontale bakvormige ligger van gewapend beton, zodat het geheel werkt als een portaal, bestaande uit drie stijlen met een bovenregel.

De voet van de putten reikt tot in de draagkrachtige zandlagen. Om de funderingsdruk te kunnen opnemen is in elke put een zware plaat van gewapend beton in den droge gestort, nadat een prop van onderwaterbeton was aangebracht en de put was drooggepompt.

Uit het grondonderzoek bleek, dat voor de fundering van de vaste railgedeelten van de kabelbaan met een eenvoudige fundering op staal kon worden volstaan. De funderingsdruk wordt maximaal 1 kg/cm². Wel moest de stabiliteit van de bodem bij het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen door trilverdichting worden verbeterd.

De kabels lopen over de pylonen door glijgoten. In de eindstations worden ze langs korte gootvormige opleggingen geleid naar de verankeringen. Al deze opleggingen zijn aangepast aan de nieuwe omstandigheden en tevens verbeterd doordat een minimum straal van 15 m is aangehouden en de opleggingen van bronzen voeringen zijn voorzien. Om voor de wielstellen een geleidelijke overgang te verkrijgen van de kabels op de staalconstructie van pylonen en stations zijn op de overgang verende tongen aangebracht, te vergelijken met zware bladveren. Deze tongen waren bij de Grevelingen van gietstaal; ze werden zo zwaar belast dat er één is gebroken. Voor het Rak van Scheelhoek zijn ze alle vervangen door iets langere smeedstalen tongen, eveneens met brons gevoerd. Verwacht wordt dat sterke plaatselijke slijtage van de kabels, zoals bij de Grevelingen is voorgekomen, thans kan worden vermeden.

Aanvankelijk is overwogen de kabels van de baan over de Grevelingen van een nieuwe buitenlaag van profielraden te voorzien en ze dan opnieuw te gebruiken. De tweede laag bleek echter, toen de buitenlaag was afgewikkeld, zodanige gebreken te vertonen, speciaal ten aanzien van de verdeling van de lussen over de lengte van de kabels, dat van herwikkelen is afgezien en geheel nieuwe kabels zijn geslagen. Daarbij is de zwaarte van de profielraden in de tweede en de derde laag zodanig gekozen dat de klossen van de machine juist de volle lengte draad konden bevatten. Behalve in de buitenlaag komen thans dus geen gelaste draden meer in de kabel voor.

Door deze verbetering in de samenstelling

kon de gegarandeerde werkelijke breeksterkte worden opgevoerd tot 850 ton.

Bouw van de kabelbaan

Eind oktober 1969 is de kabelbaan over het Rak van Scheelhoek opgeleverd. Over het algemeen is de bouw vlot verlopen, zodat zij niet afzonderlijk behoeft te worden besproken. Moeilijkheden werden slechts ondervonden bij het in de grond brengen van de putten voor de noordelijke kabelveranker-
ring; daarnaast is ook de wijze van montage van de kabels een afzonderlijke bespreking waard.

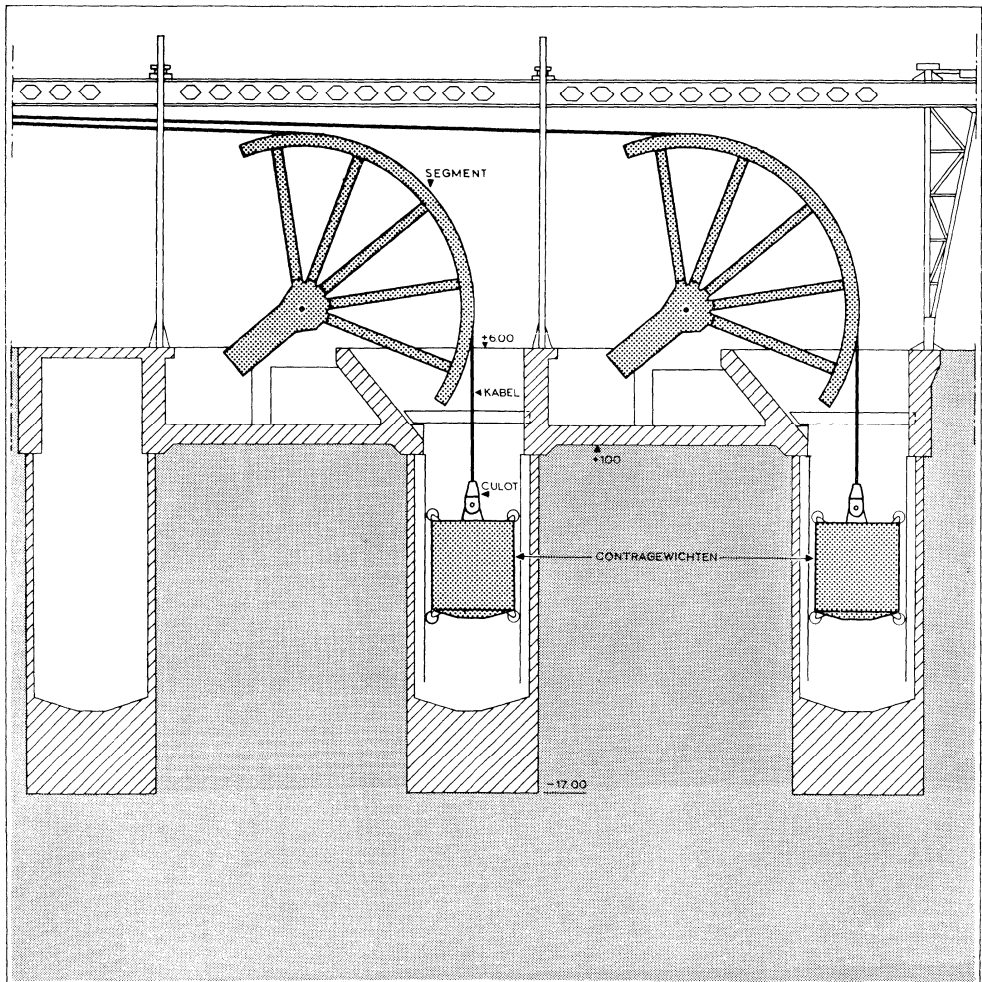
Van de funderingsputten werd allereerst de 90 cm hoge onderste ring gemaakt, voorzien van een mesvormige snijrand. De kleine bouwput die hiervoor nodig was, werd ver-

volgens zowel buiten als binnen de ring aan-
gevuld met zuiver zand, dat laag voor laag werd getrield.

De ring diende als tijdelijke fundering voor de boven het maaiveld te bouwen put. De putten werden zonder onderbreking met behulp van een glijbekisting opgetrokken en in drie richtingen vertuid om vooral in het begin van het zakken wat te kunnen bijsturen.

De bodem bestaat ter plaatse uit twee zandlagen die gescheiden zijn door een ondoorlatend pakket van zand- en kleilagen, en daardoor verschillende grondwaterstanden hebben; om opbarsten van de zand/kleilagen bij het ontgraven te voorkomen was een eenvoudige puttenbemaling in de onderste zandlaag aangebracht. Tot aan de bovenkant van deze zandlaag verliep het ontgraven en zakken van de eerste put tamelijk vlot. Daarna

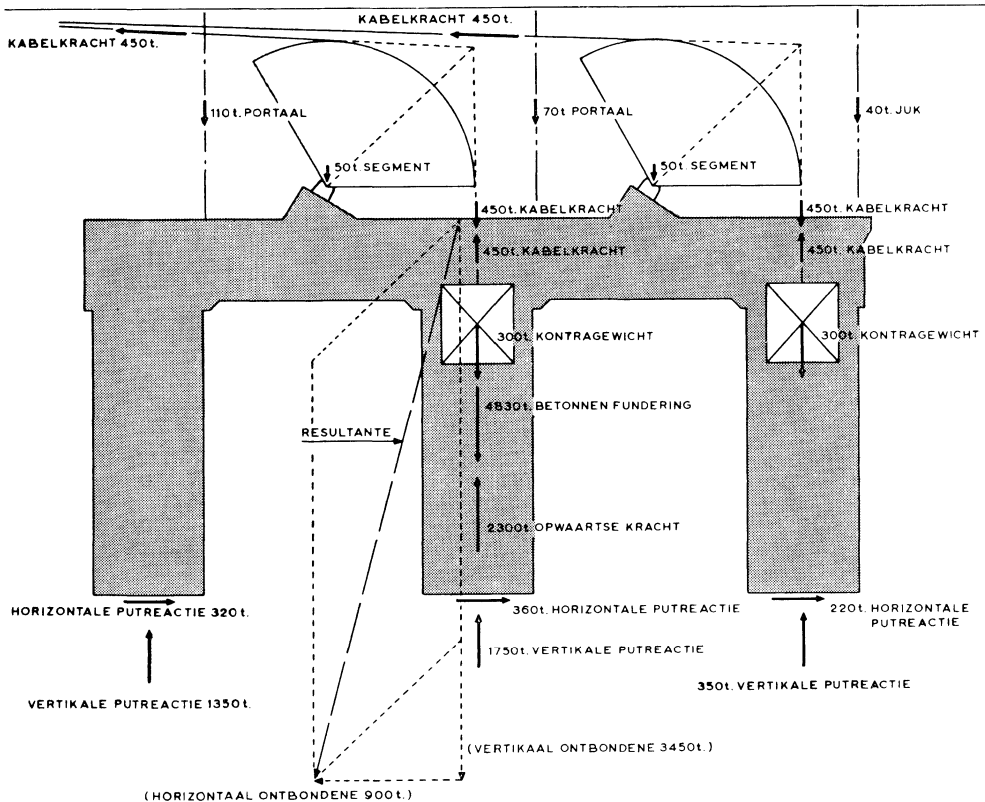
1

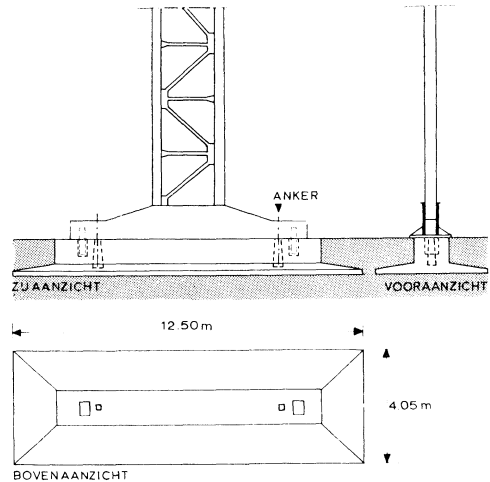


- 1 De beweegbare verankering aan de noordzijde
- 2 Schema van de krachtenverdeling in de beweegbare verankering

kwamen de moeilijkheden, die zich vooral deden gelden over de laatste meters. Het gewicht van de put bleek voor deze werkwijze te gering, en aan de bepaling van het bestek dat binnen de put een hogere waterstand moest worden gehandhaafd dan daar buiten in de bodem, kon niet steeds de hand worden gehouden. Ook was de put slecht bij te sturen; de richting verliep vaak anders dan men op grond van voorgaand gedrag en grondmechanische overwegingen zou verwachten. Toen de eerste put zijn diepste punt had bereikt was de tweede reeds te ver gevorderd dan dat men nog op een andere werkwijze over zou kunnen gaan. Bij het ontgraven van deze put werden dezelfde moeilijkheden ondervonden. De derde put is tenslotte naar beneden gebracht volgens een door de aannemer geotrooieerde werkwijze,

2



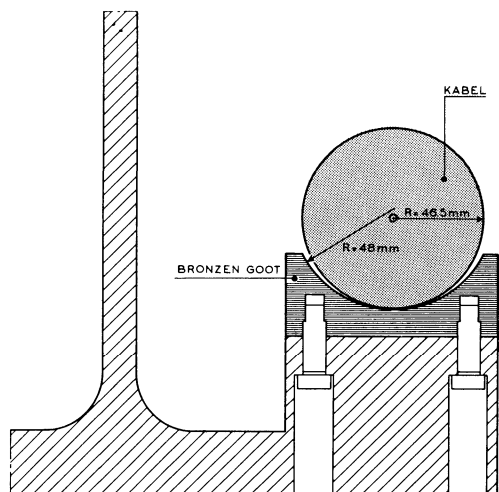


waarbij tijdens het zakken langs de gehele omtrek dubbele banen plastic folie werden uitgerold. Tussen de twee lagen plastic werd een laag vet gesmeerd. De ene laag plastic steunde tegen de grond, de andere tegen de put. De wrijving bleek hierdoor inderdaad zodanig verminderd dat de put vlot en gelijkmatig zakte en keurig op zijn plaats kwam, zonder dat het nodig was met de waterstanden te manipuleren. Zowel vóór als na het aanbrengen van de putten zijn ter plaatse – dus ook in de putten – sonderingen verricht. Door de resultaten te vergelijken kon worden vastgesteld dat de draagkracht van de bodem niet had geleden, zodat toestemming kon worden gegeven het onderwaterbeton te storten. Na verharding werden de putten droog gemalen en geïnspecteerd; ze bleken alle drie waterdicht te zijn, en nu konden de gewapend-beton-proppen die de eigenlijke krachtoverdracht tussen bodem en putten verzorgen, worden gestort. Vermeldenswaard is nog dat het onderwaterbeton terwille van het experiment op drie verschillende wijzen in de putten is aangebracht. In de eerste put met behulp van een stortkoker (contractormethode), in de tweede put met injectiemortel in van tevoren gestort grind (prepaktmethode) en in de derde put met behulp van een ton specie die onder water ter plaatse van het stort werd geopend (bakkenmethode). Na de ervaringen met de puttenfundering is voor de constructie van de beweegbare verankering voor de kabelbaan over het Brouwershavensche Gat een oplossing gezocht als bij de Grevelingenbaan, maar dan met zodanige verbeteringen dat de vrije slag van de balansen groot genoeg is ook tijdens de montage van de kabels, terwijl geen compen-

satieslingers nodig zijn.

Bij de montage van de kabels over de Grevelingen is indertijd gebruik gemaakt van zes drijvende bokken, in elke grote overspanning drie, met in hun toptakels de rollen waarover de kabels, vrij hangend boven water, werden overgetrokken. Een tamelijk kostbare methode, die, indien toegepast voor het Haringvliet, vanwege de ligging aan de open kust ook nog tamelijk riskant leek. De gehele manoeuvre – voorbereiden, overtrekken en vastmaken – duurt 4 à 5 dagen, en over een dergelijke termijn is een betrouwbare weersvoorspelling vooralsnog moeilijk te geven. Omdat gebleken was dat de gesloten kabels geen water opnemen is overwogen een aantal pontons boven de drempel te verankeren, met daarop de rollen en verdere geleiding voor de kabels; de kabels zouden dan weliswaar door het water, maar toch vrij van de stenen drempel worden overgetrokken. Ook dit bleek nogal kostbaar en riskant te zijn. Tenslotte is besloten om tussen de pylonen in totaal acht hulpjukken te plaatsen, en de kabel daaroverheen te trekken. Deze jukken, berekend op stroom- en golfkrachten, werden met een kleine drijvende bok op de drempel geplaatst en daarna op stabiliteit beproefd. Ze hadden de vorm van stalen driepoten met een dwarsbalk aan de bovenkant. Aan de drie hoekpunten onderaan waren kettingnetten gevuld met grofgrind bevestigd, teneinde een goede krachtoverdracht tussen de jukken en de stenen drempel te bewerkstelligen. De manoeuvre van het overtrekken is goed verlopen. Allereerst werd met een sleepboot een hulpkabel van 40 mm dik van noord naar zuid overgetrokken. Aan de zuidelijke oever werd deze hulpkabel met behulp van een

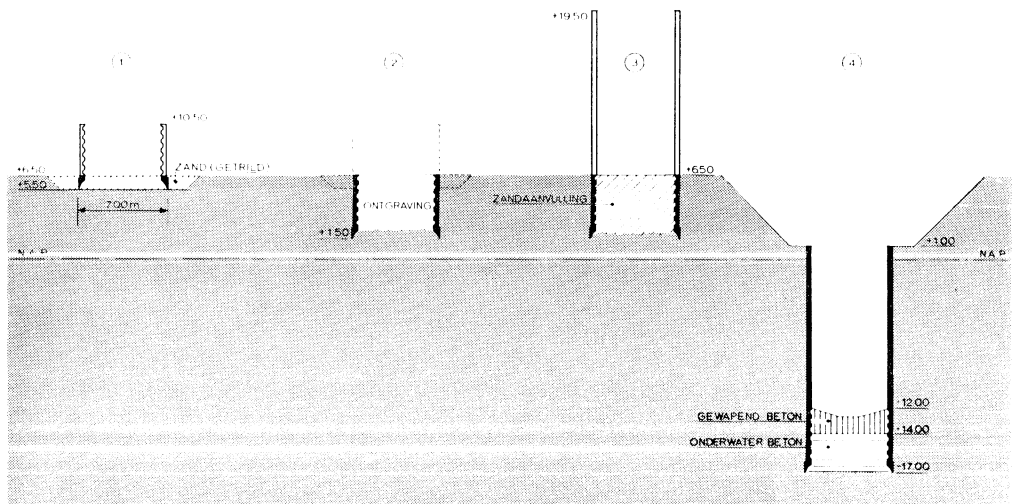
2
—
3



2 Doorsnede van een kabel-
oplegging

3 De hulpjukken voor het over-
trekken van de kabels





dubbelconische kabelkous aan de draagkabel bevestigd, zodat die vervolgens door een op de noordelijke oever staande lier kon worden overgetrokken.

Vervolgens werden aan beide einden van de kabel zware klemmen gemonteerd, die weer met takels aan de fundering waren bevestigd. Daarna werden de kabels een voor een in de pylonen gehesen en in de glijgoten gelegd, waarbij ze los kwamen van het water en van de hulpjukken en een spanning kregen van 80 à 90 ton. Vervolgens werd de zuivere maat bepaald en werden de kabels op de juiste lengte afgesneden en aan beide zijden voorzien van een kabelkous. Na bevestiging van de kabel aan het vaste verankeringspunt en aan het contragewicht kon vervolgens de definitieve spanning van ca. 300 ton worden aangebracht door de gewichten met stalen broodjes te ballasten. Hoewel het weer gedurende de weken waarin deze montage plaatsvond zeer gunstig was en de zee kalm, bleken de kabels toch ten gevolge van de altijd aanwezige zeegang niet bepaald rustig te liggen zolang zij door de hulpjukken werden ondersteund. Overwogen wordt daarom om bij de montage van de kabels voor de baan over het Brouwershavensche Gat geheel vrij van het water en zonder hulpondersteuning te werken.

Beproevingen

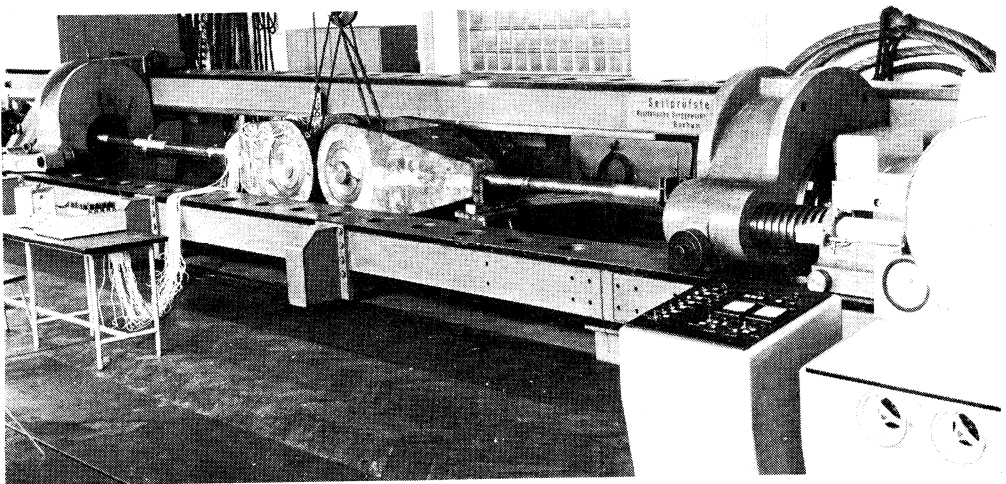
Om na te gaan of de werkelijke spanningsverdeling in de ankerstoel waarmee de draagkabels aan de zuidzijde vast verankerd worden aan het lichaam van de uitwateringsluizen, enigszins in overeenstemming was met de berekende, is de ankerstoel vóór de

montage van de draagkabels met behulp van een zware stalen hulpconstructie en een aantal hydraulische vijzels beproefd tot een trekkracht van totaal $2 \times 400 = 800$ ton. De uit de rekstrookjes herleide spanningsverdeling bleek hier en daar af te wijken van de berekende, maar de afzonderlijke waarden overschreden nergens de toelaatbare spanning. Er zijn speciaal voor de beproefing twee extra kabelkousen gemaakt, die, verbonden door twee zware schalmen en beide voorzien van een kort stuk kabel, tot 750 ton werden beproefd. De gemeten spanningen bleken lager te zijn dan de berekende, ofschoon de spanningsverdeling ook hier enigszins afweek van wat bij de berekening was aangenomen. Van de beide kabels zijn in totaal acht proefstukken genomen en wel twee van elk uiteinde, waarvan er vijf op een zware trekbank tot breuk zijn belast. Het maken van dergelijke proefstukken dient zeer zorgvuldig te gebeuren; de kabel moet ter plaatse goed zijn ontwikkeld zodat geen ontwinden kan plaatsvinden; het aangieten van de conussen waarmee de kabel in de trekbank past, geschiedt in verticale stand. Algemeen wordt ervan uitgegaan dat een breuk vlak naast of in de conus te wijten is aan een niet zuiver gemaakt proefstuk of een niet zuiver uitgelijnde bevestiging in de spankoppelen van de trekbank, waarna de proef herhaald mag worden. Een conus kan immers nooit sterker zijn dan de kabel zelf. De resultaten waren als volgt:

Alle proefstukken braken bij de conus. Ofschoon proef BD I nog juist voldeed aan de gestelde eis (850 ton met een tolerantie van 2 %) is proefstuk BD II van hetzelfde kabeleinde op verzoek van de fabrikant ook

- 1 Bouw van de funderingsputten, in fasen geschetst
- 2 Beproeving van een kabelkous in de trekbank
- 3 Kabelproefstuk BD II na afloop van de breekproef

2



3

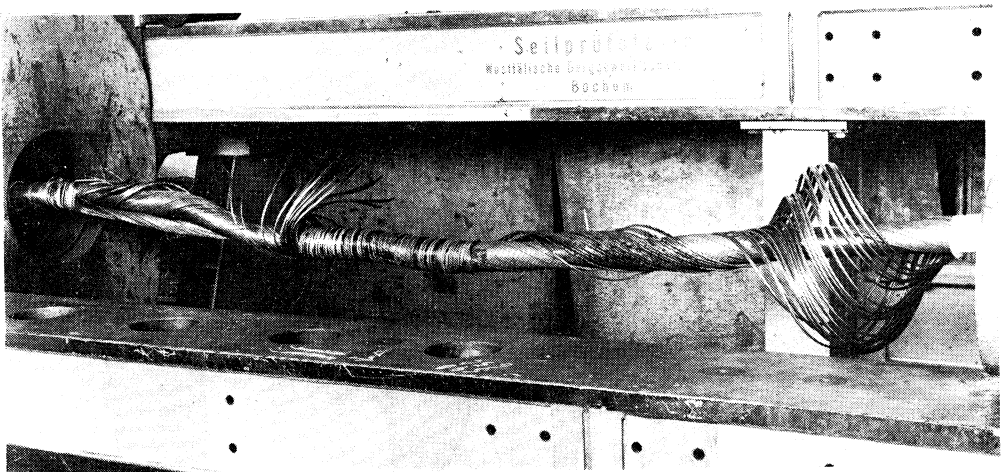
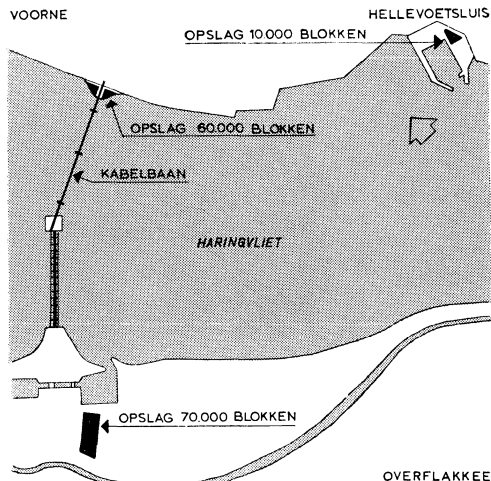




Foto Kabelproefstukken met aangegoten conussen na breuk

Tekening Overzicht van de afsluiting van het Haringvliet



proefstuk nummer	breekkracht in tonnen
AD I	892
AF I	879
BD I	834
BF I	856
BD II	884

nog tot breuk belast.

De elasticiteitsmodulus van de kabels bleek bij het op spanning brengen van 250 tot 350 ton rond $13\,000\text{ kg/mm}^2$ te bedragen en na vijf belastingswisselingen tussen genoemde waarden zijn eindwaarde van rond $15\,000\text{ kg/mm}^2$ te hebben bereikt. Deze waarden hebben betrekking op de zuivere staaldoorsnede van $5\,763\text{ mm}^2$. Ter vergelijking moge dienen dat een massieve stalen staaf een elasticiteitsmodulus van $21\,000\text{ kg/mm}^2$ bezit. In samenwerking voornamelijk met het Instituut T.N.O. voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies is nagegaan welke de invloed is van het afwerpen van lasten op het gedrag van de hele kabelbaanconstructie. Bij dit laatste zijn ook de gevolgen voor het lichame-lijk welzijn van de bemanningen van de motorgondels in de beschouwing betrokken. De onderzoeken hebben onder meer geleid tot het opstellen van een werkvoorschrift voor de bemanningen.

Sluitingsbedrijf

De Grevelingendam werd aangelegd in een wantijgebied; de stroomsnelheden ter plaatse waren daardoor slechts klein. De daar toegepaste geleidelijke sluiting diende dan ook

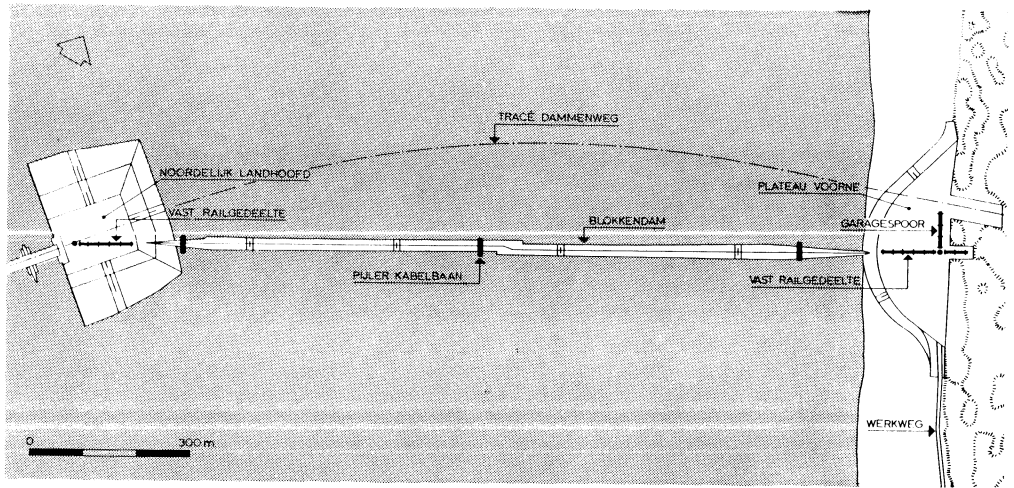
niet in de eerste plaats om de waterloopkundige aspecten van deze sluitingsmethode in de praktijk te leren kennen – ofschoon op dit punt toch wel veel geleerd is – maar om ervaring op te doen met de kabelbaan als transportwerktuig, als instrument voor de sluiting. Daarom was er dan ook slechts op één oever een laadbedrijf geïnstalleerd, waar- bij welbewust werd geaccepteerd dat de capaciteit waarmee de sluitdam werd opge- bouwd slechts de helft was van de bereik- bare. De hydraulische omstandigheden lieten dit toe.

Bij de afsluiting van het Rak van Scheelhoek zijn de waterloopkundige omstandigheden veel moeilijker. Daarom is hier veel zwaarder stortmateriaal nodig en zal met een zo hoog mogelijke capaciteit in het sluitgat moeten worden gestort. Met het oog hierop is thans aan beide zijden van het sluitgat een laad- station geprojecteerd.

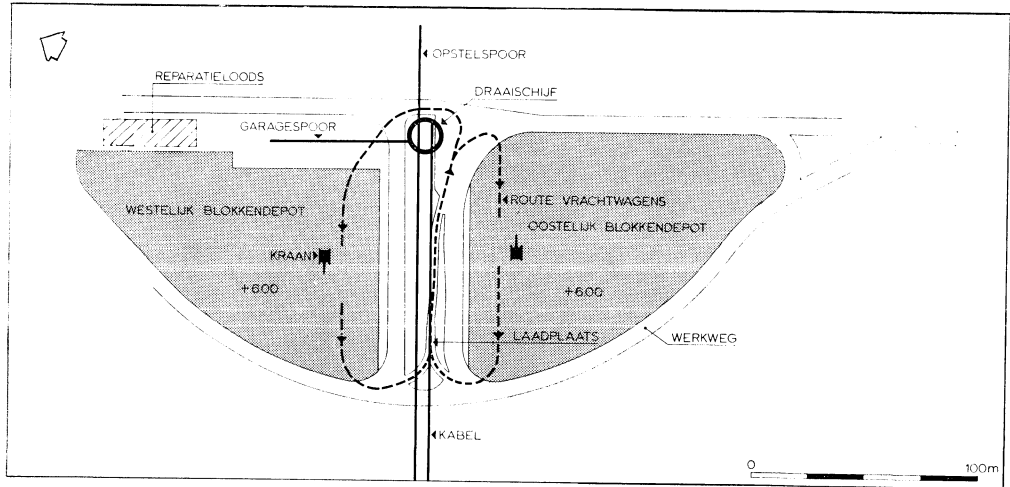
De gondels die een circuit doorlopen, vormen afzonderlijke eenheden met een last van vier blokken. Hun omlooptijden worden evenwel geregeld vanuit een centrale post, van waar- uit ook de aanvoer en belading worden be- paald. De vrachtauto's die deze belading voeden, voeren evenals de gondels telkens eenheden van vier blokken aan. Ook de vrachtwagens doorlopen een circuit. De beide beladingscircuits aan weerszijden van het sluitgat moeten een iets hogere capaciteit kunnen halen dan het stortcircuit dat door de kabelbaan gevormd wordt. Zij mogen nooit achterblijven bij de kabelbaan.

Om het Rak van Scheelhoek af te sluiten zijn $110\,000$ betonblokken nodig. Er worden echter om op alles voorbereid te zijn $140\,000$ blok- ken gefabriceerd.

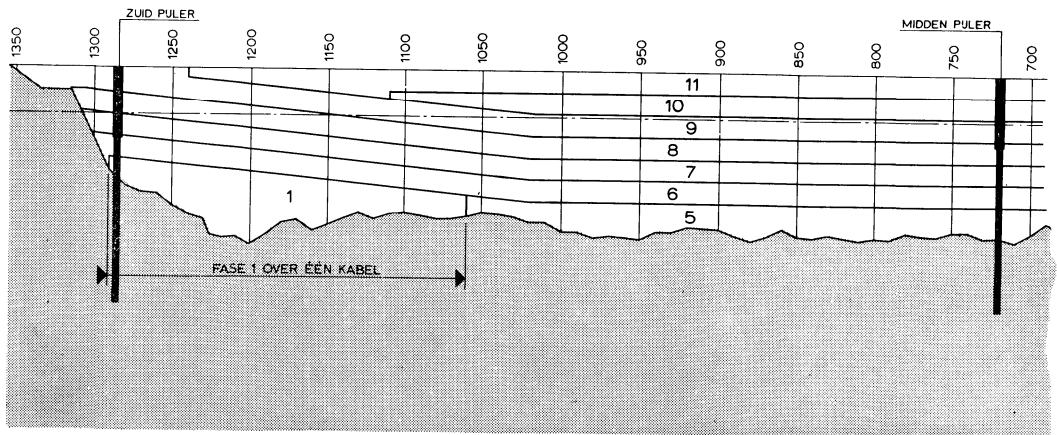
1



2



4 ◀ NOORDELIJK LANDHOOFD



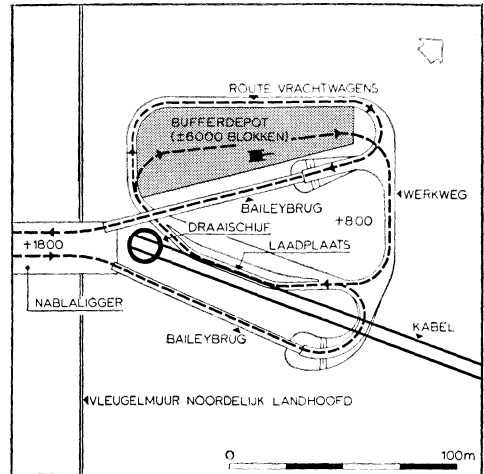
1 Bovenaanzicht van de sluitdam in het Rak van Scheelhoek

2 Het laadterrein op het plateau van Voorne

3 Het laadterrein op het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen

4 De fasen van het stortbedrijf. Onder de kust van Voorne wordt in fase 1 tot en met 4 van twee kabels gestort

3

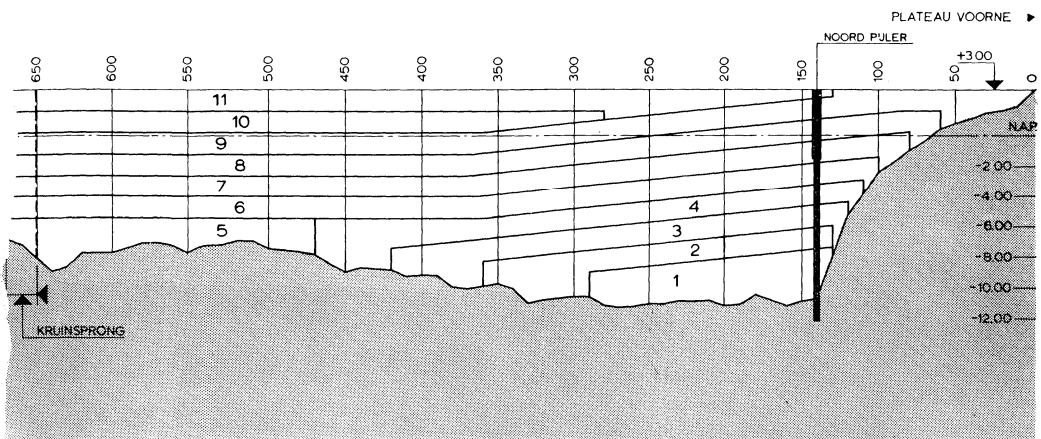


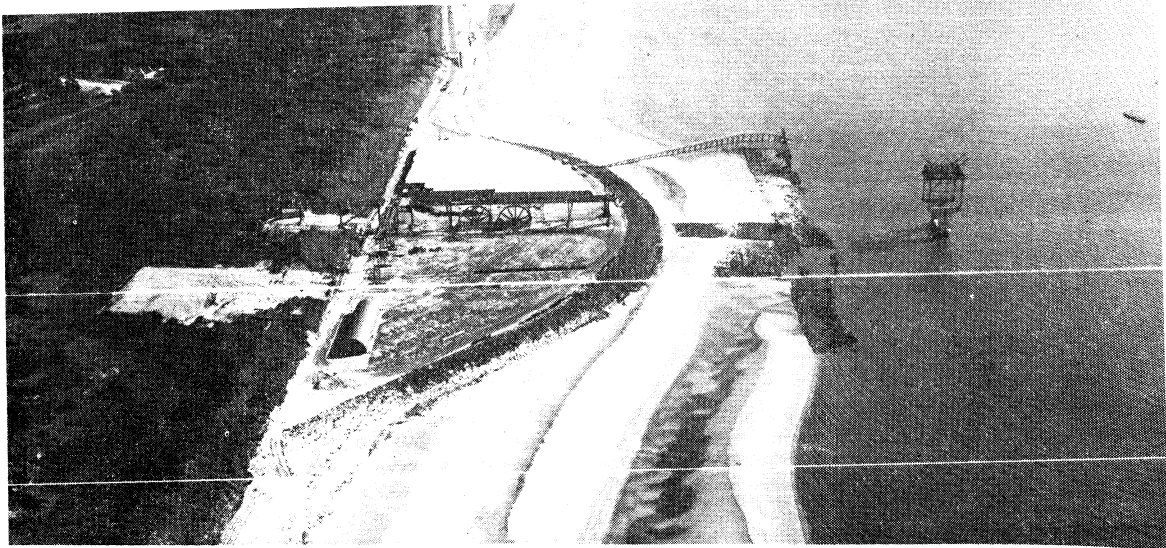
Op elke oever worden ongeveer 70 000 stuks, de helft van de gehele partij, opgeslagen. Op het plateau van Voorne liggen in de onmiddellijke omgeving van het noordelijke laadstation 60 000 blokken gestapeld; de overige 10 000 stuks worden bij de werkhaven in Hellevoetsluis neergezet. Mocht een gedeelte van deze 10 000 stuks voor de sluiting nodig zijn, dan kunnen ze met de inzet van iets meer transportmaterieel met dezelfde frequentie onder de kabelbaan gebracht worden.

De 70 000 blokken op de zuidelijke oever worden gestapeld op een terrein bij de vissershaven in Stellendam. Op en bij het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen is te weinig ruimte om de gehele voorraad te plaatsen. De blokken worden dan ook via een ruim twee kilometer lange aanvoerweg over de schutsluis, het damvak Noord-Pampus en

de uitwateringssluizen naar het zuidelijke laadstation gebracht. Aangezien de schutsluis gepasseerd wordt via de lage ophaalbrug die nogal dikwijls wordt geopend voor het scheepsverkeer, kan het voorkomen dat de transporten voor een geopende brug moeten wachten. Om te voorkomen dat stagnaties in de aanvoer zouden ontstaan is op het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen een bufferdepot nodig. Bij vertraagde aanvoer vanuit Stellendam kan men dan zo lang blokken verwerken uit het bufferdepot.

Zoals reeds vermeld worden de gondels zowel aan de noordzijde, op het plateau van Voorne als aan de zuidkant, dat is het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen, met blokken beladen. De belading geschiedt in het noorden onder de oostkabel en in het zuiden onder de westkabel. Van elk van beide





kabels wordt ongeveer de helft van de lengte van de beteugelingsdam gestort. In de noordelijke overspanning wordt alleen vanaf de oostkabel gestort en in de zuidelijke overspanning alleen van de westkabel. Omdat de diepte van het sluitgat in het noorden groter is, moet daar voor een zo gelijkmatig mogelijke damopbouw gedurende korte tijd van beide kabels gestort worden. De sprong in de kruin zal ongeveer op zestig meter ten noorden van de middenpijler liggen. Verloopt het aanvoer- en stortbedrijf volgens plan – en de proefritten geven dienaangaande goede hoop – dan zal het sluitgat worden gedicht met een capaciteit van 300 ton per uur, dat is 120 blokken.

Gemiddeld zal dan elke vier minuten van beide laadstations een geladen gondel vertrekken. Wachttijden en afstemverliezen in aanmerking genomen houdt dit in dat het aanvoerschema zo moet worden afgesteld dat elke drie minuten een geladen auto op de laadplaats aankomt. In totaal zijn twaalf motorgondels beschikbaar, waarvan negen à tien voor geregeld gebruik en twee of drie als reserve. Na ongeveer vijf weken kan het peil van N.A.P. bereikt zijn. De uitwateringsluizen zullen gedurende de gehele sluiting geopend blijven, waardoor het maximale verval over de blokkendam niet groter zal worden dan 50 cm.

De gehele dam van 1350 m lengte is in stortvakken van 10 m verdeeld, waarbij van tevoren theoretisch is bepaald hoe groot het aantal stortingen per vak moet zijn. De plaatsbepaling vanuit de gondels geschiedt met een meterteller in de gondel en met een speciaal voor dit doel ontwikkelde optische beseining. Voor elke der beide stortbanen is

een richtlicht aangebracht op het strand van Voorne op ongeveer 800 m ten oosten van de kabelbaan. De bemanning ziet het richtlicht over een afstand van 40 m vóór het stortpunt als rood, terwijl ze, eenmaal in het storttraject, wit licht ziet. De meterteller kan dus dienen als globale indicatie van het stortvlak; de rode lichtbaan betekent dat er moet worden geremd en bij overgang rood-wit moet de gondel stoppen. De last wordt dan afhankelijk van de hoogte gevierd en daarna gelost. De hele stortoperatie zal ongeveer drie maanden in beslag nemen. Als de blokkendam geheel is opgestort wordt hij onmiddellijk aan de rivierzijde afgedicht en aan de zeezijde van een steunend zandlichaam voorzien. Deze bewerking zal naar verwachting vier à vijf maanden duren. Daarna kunnen de sluizen worden gesloten en is het noordelijk deltagebied beveiligd. Het is dan inmiddels september of oktober 1970.

Foto Het plateau van Voorne met de beweegbare verankering en het blokkendepot

De afsluiting van het Volkerak bood een unieke gelegenheid om te observeren hoe de zouttoestand van de wateren aan weerszijden van de afsluitdam zou veranderen onder invloed van de wijzigingen in het getij-regime. Deze waterloopkundige wijzigingen zijn gedeeltelijk beschreven in Driemaandelijks Bericht nr. 49 (augustus 1969); voor een ander deel worden ze in dit nummer besproken.

Uit waterhuishoudkundig oogpunt is het van belang te weten met welke zoutgehalten van het water in het Volkerak ten zuiden van de dam van nu af aan rekening moet worden gehouden, omdat het verschil in zoutgehalte van dit water met dat van het Haringvliet en het Hollandsch Diep een uitwisselingsproces veroorzaakt in de schutsluizen van de Volkerakdam, waardoor het Hollandsch Diep–Haringvliet in de periode tot aan de afsluiting van de Oosterschelde met een wisselende hoeveelheid zout wordt belast.

Het kenmerkende verschil in de getijstromingen in de wateren ten zuiden van de afsluitdam vóór en na de afsluiting is weergegeven in figuur 1. De sterkste verandering vindt men bij de dam, waar het gemiddelde eb- en vloedvolume van ongeveer 100 miljoen m³ per getij afgenomen is tot nul.

De verticale getijbeweging op de Krammer en het Volkerak is hierbij aanzienlijk toegenomen, en in de richting van de dam in steeds sterkere mate. De daarmee gepaard gaande vergroting van de komberging op deze wateren heeft een zodanige toeneming veroorzaakt van de kombergings- en komledigingsstromen door het Zijpe, dat de getijstromen op de overgang van Mastgat en Zijpe nagenoeg niet verschillen met de stromen vóór de afsluiting van het Volkerak. Op het Keeten en het Mastgat zijn ze blijkens figuur 1 zelfs iets toegenomen.

Om de verschillen in de zouttoestand te kunnen meten, was het nodig eerst de 'uitgangstoestand' goed vast te leggen. Daarom werd al op 24 april 1969, zeven getijden vóór de afsluiting van het Volkerak, met metingen op de genoemde zeearmen begonnen. De metingen werden op 30 april, dat wil zeggen

Veranderingen van de zouttoestand in de wateren aan weerszijden van de Volkerakdam

vijf getijden na de afsluiting, beëindigd. In de eerste plaats werd gemeten in negen verticalen in de stroomgeulen. Bij waterdiepten kleiner dan 10 m om de meter, en bij waterdiepten groter dan 10 m om de 2 meter.

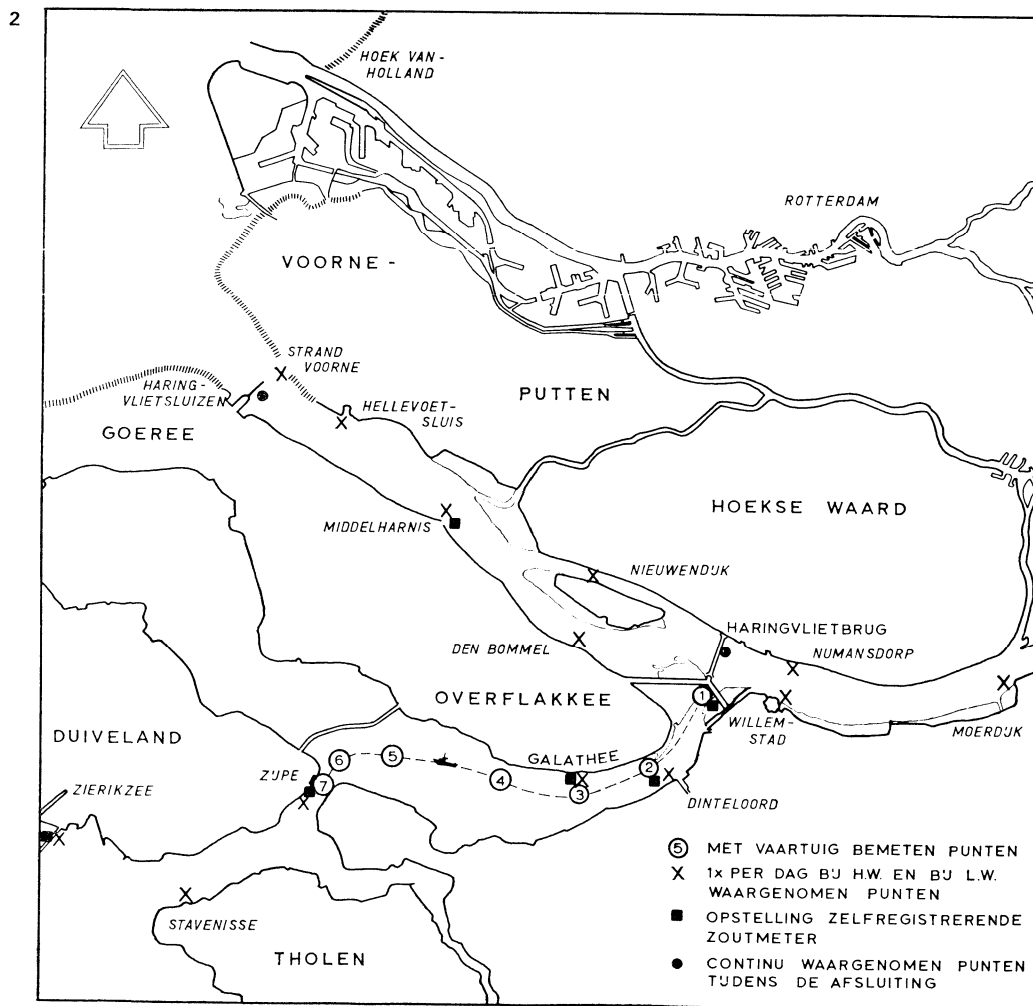
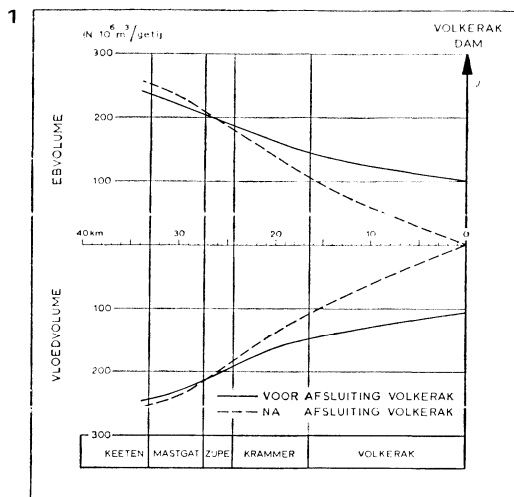
Op het traject Zijpe–Volkerak werd in 7 meetverticalen het chloorgehalte bepaald met behulp van elektrische geleidendheidsmeters. De meest noordelijke verticaal lag ca. 500 m ten zuiden van de sluitgatrempel. De meest zuidelijke lag in het Zijpe tegenover de vluchthaven. In de week van 19 t/m 23 mei 1969 werden de metingen op dit traject in dezelfde verticalen herhaald, zij het dan dat toen – in tegenstelling tot de eerste meting – alleen tijdens de daggetijden werd gemeten. Op het Haringvliet werd in 2 verticalen gemeten en wel vanaf de Haringvlietssluisen en vanaf de Haringvlietbrug.

Langs de oevers van de belangrijkste stroomgeulen van de genoemde wateren werden, ter ondersteuning van de metingen in de verticalen, op gelijkmatige afstanden zelf-registrerende elektrische geleidendheidsmeters geplaatst; ook bij het beweegbare deel van de Zeelandbrug en aan een meetpaal op 300 m uit de drempel van het sluitgat in het Volkerak werden zulke meters opgesteld. Ze registreerden het chlooriongehalte op een vaste diepte, meestal nabij het wateroppervlak. Figuur 2 geeft een overzicht van de genoemde meetpunten.

Het verloop van het gemiddeld chlooriongehalte in ieder van de 7 meetverticalen op het traject Zijpe–Volkerak is in figuur 3 weergegeven als functie van de tijd, tezamen met het verloop van het verticale getij te Zierikzee en Dinteloord en dat van de opperwaterafvoer

Fig. 1 Vloed- en ebvolume in de wateren ten zuiden van de Volkerakdam voor en na de afsluiting van het Volkerak

Fig. 2 Overzicht van de ligging der meetpunten



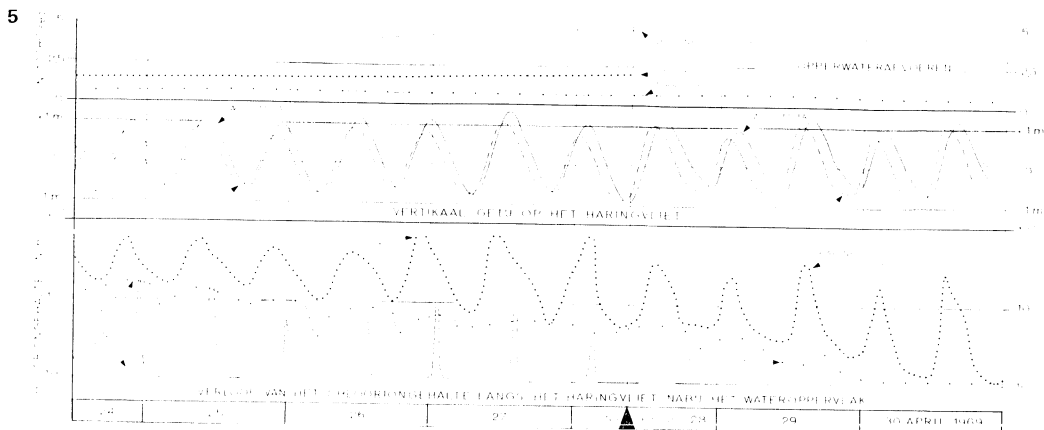
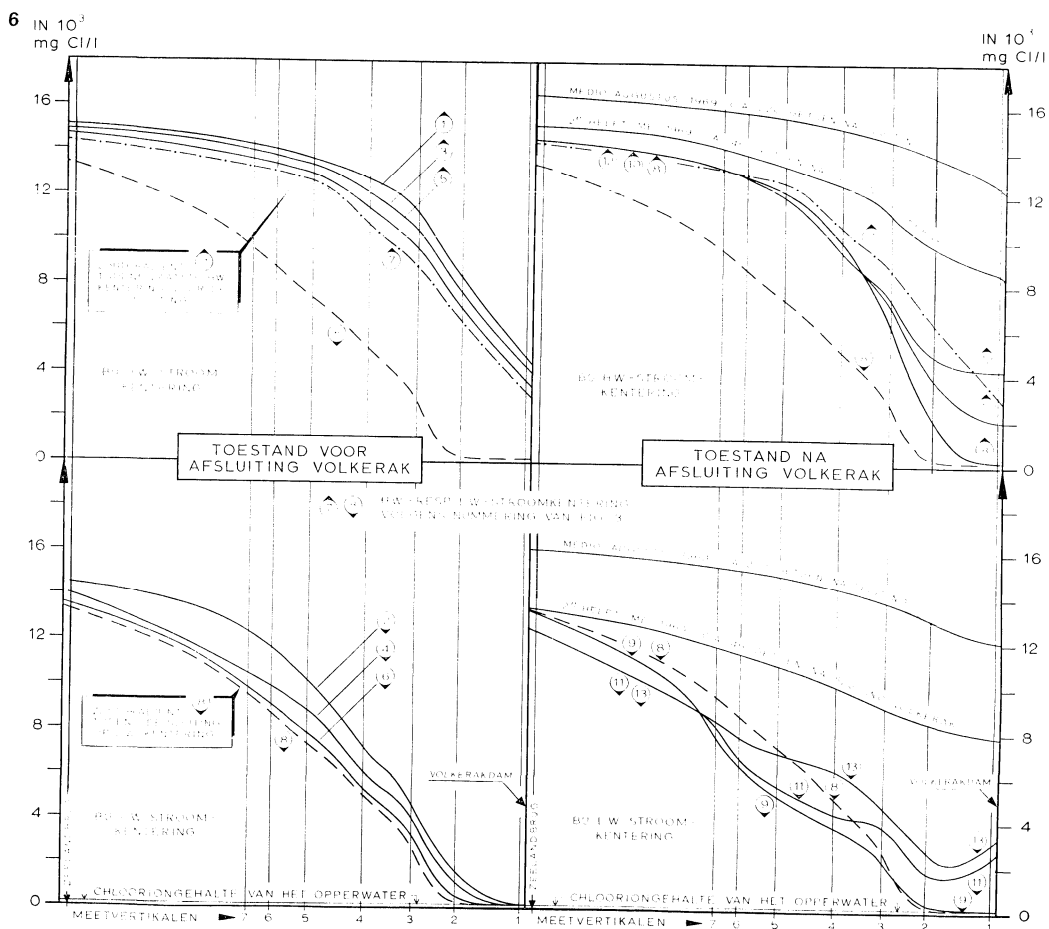
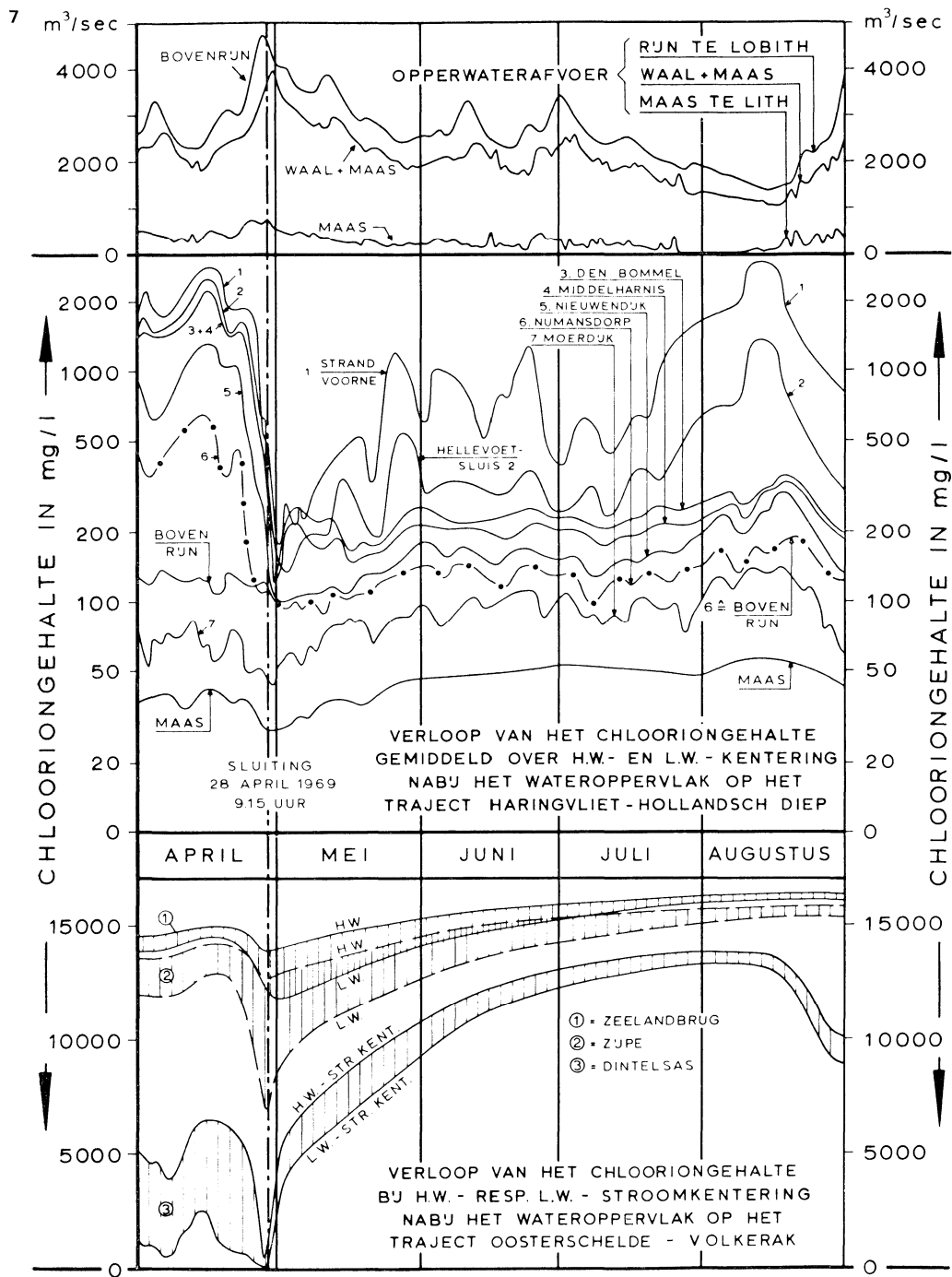


Fig. 5 Verloop van het chlooriongehalte aan de oppervlakte in een aantal meetpunten op het traject Haringvliet-Hollandsch Diep

Fig. 6 Verloop van het chlooriongehalte op het traject Zijpe-Volkerak als functie van de afstand tot de Volkerakdam

Fig. 7 Verloop van het chlooriongehalte aan de oppervlakte op de trajecten Haringvliet-Hollandsch Diep en Oosterschelde-Volkerak





langs het Volkerak, het laatste uiteraard tot het moment van sluiting. Figuur 4 laat over dezelfde meetperiode het verloop van het chlooriongehalte zien nabij de oppervlakte en de bodem.

Het verloop van het chlooriongehalte nabij de oppervlakte in de meetpunten Haringvliet-sluizen, Middelharnis en Haringvlietbrug is als functie van de tijd weergegeven in figuur 5 tezamen met het verloop van het verticale getij te Hellevoetsluis en Willemstad en dat van de opperwaterafvoer van het Haringvliet. Ter vergelijking is in de figuren 3 en 5 steeds het verloop van de Bovenrijnafvoer te Lobith en van de Maasafvoer te Lith ingetekend.

Duidelijk valt uit de verlooplijnen van figuur 3 t/m 5 de invloed af te lezen van de afsluiting van het Volkerak op maandag 28 april 1969 om 9.15 uur. Het Haringvliet past zich snel, dat wil zeggen reeds binnen 5 à 6 getijperiodes, aan het nieuwe getijregime aan. Het traject Zijpe-Volkerak past zich vanwege de sterk gereduceerde getijstrooming op het meest noordoostelijke deel van dit traject, meer geleidelijk aan. De wijze waarop het chlooriongehalte langs dit traject verliep als functie van de afstand tot de dam op de opeenvolgende momenten van H.W.- en L.W.-stroomkentering, is weergegeven in figuur 6. Zulk een verloop wordt zoutgradiënt genoemd.

In figuur 7 is over de maanden april t/m augustus schematisch het verloop weergegeven van het chlooriongehalte nabij de oppervlakte op een aantal bemonsteringspunten langs de oevers van zowel het traject Haringvliet-Hollandsch Diep als het traject Oosterschelde-Zijpe-Volkerak. Tevens is het dagelijks chlooriongehalte van het door de Rijn en de Maas naar het Hollandsch Diep aangevoerde opperwater ingetekend. Het gehalte bij Moerdijk dat kenmerkend is voor de situatie aan de zuidoever van het Hollandsch Diep is het resultaat van een zekere menging van Rijn- en Maaswater. Het gehalte bij Numansdorp aan de noordoever, dat vóór de sluiting nog indirect via het Volkerak beïnvloed werd door de zee, blijkt na de sluiting gelijk te zijn aan dat van de Rijn; men vindt er dus geen menging met Maaswater en geen invloed van het zoutbezwaar van de Volkerak-sluizen. Stroomafwaarts wordt het zoutgehalte op het Haringvliet hoger: vóór de sluiting door de zoutinjectie vanuit het Volkerak ten tijde van de H.W.-stroomkentering en na de sluiting, zij het in mindere mate, door de zoutbelasting van de Volkeraksluizen; in beide gevallen is de verhoging blijkens het verschil tussen de meetresultaten van de punten Den

Bommel en Nieuwendijk aan de zuidoever sterker dan aan de noordoever. Bij Middelharnis is het gehalte aan beide oevers gelijk en houdt het als gevolg van de rivierconfiguratie het midden tussen dat bij Den Bommel en dat bij Nieuwendijk. Bij Hellevoetsluis en Rockanje is ook na de sluiting, zij het in mindere mate, de onmiddellijke invloed van de zee nog merkbaar.

Ter vergelijking is ook de dagelijkse afvoersom van de Waal bij Gorinchem en van de Maas bij Mond der Donge ingetekend; hij werd afgeleid uit de dagelijkse afvoer van de Rijn bij Lobith en die van de Maas bij Lith, waarbij rekening werd gehouden met een gemiddelde looptijd van twee dagen voor het Rijn- en één dag voor het Maaswater.

Op het traject Oosterschelde-Zijpe-Volkerak is, in tegenstelling tot het traject Haringvliet-Hollandsch Diep, onderscheid gemaakt tussen het verloop van het chlooriongehalte bij H.W.- en L.W.-stroomkentering. Wanneer de evenwichtstoestand in de zoutverdeling zich op dit traject heeft ingesteld, is nog onderwerp van nadere studie. Uit figuur 7 blijkt dat de afvoer van het omringende afwateringsgebied hierop mede van invloed moet zijn geweest. Deze afvoer nam van begin mei tot en met de eerste helft van augustus geleidelijk af om in de tweede helft van augustus plotseling sterk toe te nemen. De waarnemingsperiode is nog te kort om er met zekerheid de nieuwe gemiddelde evenwichtstoestand in de zoutverdeling en de daarmee samenhangende aanpassingsperiode op het traject Zijpe-Volkerak uit te kunnen bepalen. Tenslotte zij opgemerkt, dat de omstandigheden voor deze enkelvoudige 'modelproef' schaal 1 : 1' gunstig waren, daar tijdens de sluiting de Bovenrijnafvoer zo groot was, dat het zoete opperwater voldoende ver ten zuiden van de drempel van het sluitgat kon doordringen. De in figuur 6 met '8' gemerkte zoutgradiënt bij L.W.-stroomkentering geeft daar een beeld van.

Tijdens de direct op de sluiting volgende vloedfase kon, in tegenstelling tot de natuurlijke stromingstoestand vóór de sluiting, de ten zuiden van de drempel doorgedrongen zoetwatermassa niet meer naar het Haringvliet en het Hollandsch Diep worden teruggedrongen. Zij handhaafde zich enige tijd ter plaatse. De bij de H.W.-kentering optredende zoutgradiënten '8', '10' en '12' in figuur 6, in vergelijking met de gradiënt '7', die van vóór de afsluiting is, brengen dat in beeld.

De bouw van de Volkerakdam heeft tot gevolg gehad dat de getijstromen op het rivierentraject Volkerak-Krammer-Zijpe-Mastgat-Keeten aanzienlijk zijn gewijzigd. In het Driemaandelijks Bericht nr. 49 (augustus 1969) zijn de veranderingen in het verticaal getij omschreven; thans zullen de veranderingen in het horizontale getij, dus in de stroomsnelheden, worden besproken.

Om de onder de invloed van de Volkeraksluiting opgetreden veranderingen te kunnen vaststellen, is een vergelijking getrokken tussen de gegevens van stroomsnelheidsmetingen in de jaren 1965-1968, de periode tussen de afsluiting van de Grevelingen en die van het Volkerak, en de resultaten van een aantal meetseries die dateren van na 28 april 1969, de dag waarop het Volkerak dichtging. Wij maken hier gebruik van sinds die dag uitgevoerde continue stroomsnelheidsregistraties in het Zijpe, verricht op twee punten in de meetraai op vier tienden van de waterhoogte boven de bodem, van snelheidsmetingen in een raai in de mond van het Keeten nabij Stavenisse, en van snelheidsmetingen op verschillende hoogten van de verticaal in enkele punten op het traject Volkerakdam-Zijpe. De ligging van alle bedoelde punten staat aangegeven in figuur 1. De twee punten in het Zijpe lenen zich bij uitstek voor een vergelijkend onderzoek, aangezien daar ook van voor de afsluiting van het Volkerak continue snelheidsregistraties ter beschikking staan.

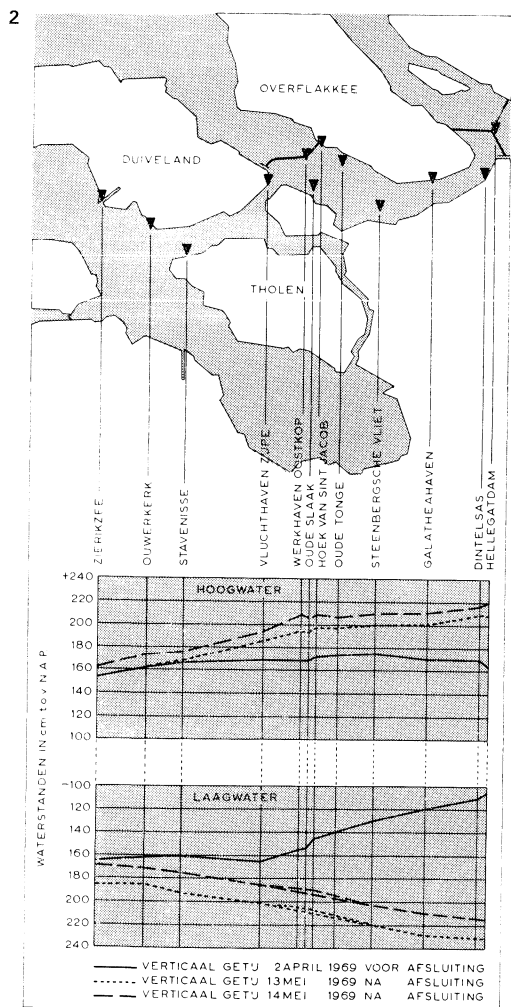
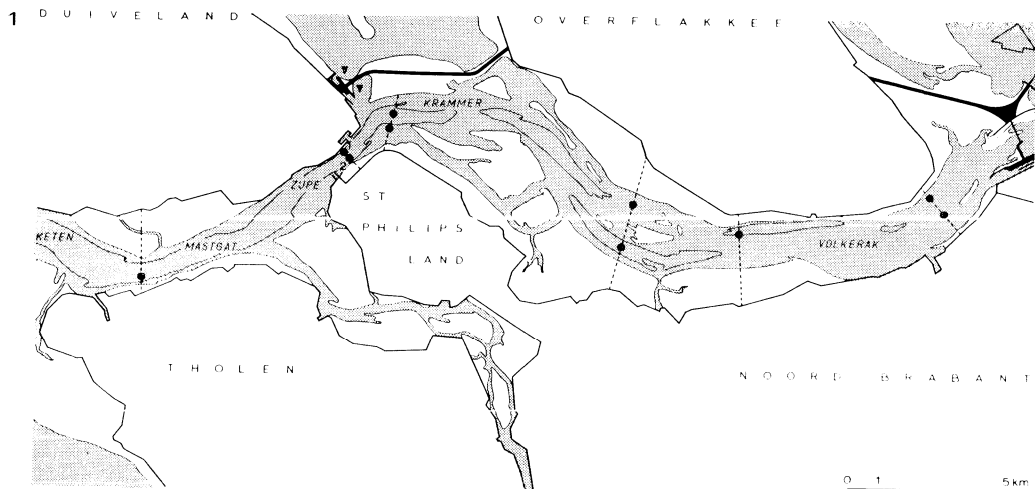
De exacte bepaling van veranderingen in het horizontale getij is echter veel moeilijker dan men op het eerste gezicht zou zeggen, ze is met name veel moeilijker dan de bepaling van verschillen in het verticale getij. Allereerst omdat het meetmateriaal veel beperkter is dan dat voor verticale tijverschillen: stroommetingen kunnen nu eenmaal niet zo gemakkelijk over lange tijd continu worden verricht als registraties van het verticale getij, dat op een peilschaal wordt aangegetekend. Daar komt bij dat stroomsnelheden veel meer dan waterstanden afhankelijk zijn van toevallige plaatselijke omstandigheden. Kon men

Veranderingen in de stroomsnelheden ten zuiden van de Volkerakdam

een vaste relatie leggen tussen het horizontale en het verticale getij op een bepaalde plaats, dan zou men vervolgens uit de makkelijker verkregen gegevens omtrent de tijverschillen gevolgtrekkingen kunnen maken voor wat betreft de stromingen. Zulk een verband is er in het algemeen inderdaad. Vóór de afsluiting van het Volkerak bleek er in het Zijpe een min of meer lineaire betrekking te bestaan tussen de maximale stroomsnelheden en het getijverschil. En zo mag men ook aannemen dat er een verband bestaat tussen de maximale eb- en vloednelheden en het getijverschil op een punt aan de kust waarop de afsluiting van het Volkerak geen invloed heeft gehad. Aan die laatste voorwaarde voldoet zeker het meetstation Grevelingen, onmiddellijk ten westen van de schutsluis te Bruinisse. Dit punt representeert in onze beschouwing de toestand op zee.

De verandering van het verticaal getij te Bruinisse, aan de oostzijde van de Grevelingendam, waar de afsluiting van het Volkerak dus wel invloed heeft gehad, wordt gevonden door vergelijking van de waterstanden in de stations Bruinisse en Grevelingen, waarvan de algemene relatie uit vroegere meetseries bekend is. Het blijkt dat die twee getijgrootheden nauw samenhangen en dat hun relatie kan worden benaderd door rechte lijnen. Bij vergelijking van de genoemde lijnen blijken te Bruinisse de volgende veranderingen te zijn opgetreden, opgenomen in tabel 1.

De relatie die op het Zijpe na de afsluiting van het Volkerak is ontstaan tussen horizontaal en verticaal getij kan nu worden benaderd door de maximale stroomsnelheden,



verkregen uit de continue registraties op het Zijpe, uit te zetten tegen de in het meetstation Grevelingen geregistreerde tijverschillen. Ter vergelijking zijn ook de snelheden in dezelfde punten van het Zijpe vóór de afsluiting van het Volkerak opgenomen.

Bij deze grafische voorstelling ontstaan puntenwolken die inzicht verschaffen in de bedoelde betrekkingen. Zo goed mogelijk werd een rechte lijn door deze puntenwolken bepaald. Door correlatieberekening werd de vergelijking van de lijn verkregen, terwijl ook standaarddeviatie en correlatie-coëfficiënt werden bepaald. Tabel II geeft de gevonden waarden.

Na de afsluiting van het Volkerak is de correlatie-coëfficiënt bij eb toegenomen, of, in gewone taal: na het wegvallen van de invloed van de stroming door het Volkerak is de maximale ebstroomsnelheid in het Zijpe sterker dan voorheen afhankelijk geworden van het tijverschil.

Uit figuur 3 blijkt onder meer hoe de maximale snelheden in het Zijpe bij een tijverschil in het station Grevelingen van 248 cm bij doottij, 310 cm bij gemiddeld tij en 350 cm bij springtij zijn veranderd. (Zie tabel III.) Niet alleen de veranderingen in de maximale vloed- en ebsnelheden, maar ook de veranderingen in de snelheidskrommen in het Zijpe verdienen de aandacht. Figuur 4 brengt in beeld hoe de stroomsnelheden in het Zijpe in meetplaats 1 na 1964 bij gemiddelde getijomstandigheden zijn veranderd. De krommen werden samengesteld uit de gegevens van een aantal 13-uursmetingen in de verschillende waterloopkundige perioden, namelijk 28 van dergelijke metingen verricht in 1962, dus vóór de afsluiting van de Grevelingen en het

Tabel I

	H.W.	L.W.	tijverschil
doodtij	23 cm hoger	23 cm lager	46 cm groter
gem. tij	28 cm hoger	23 cm lager	51 cm groter
springtij	32 cm hoger	23 cm lager	55 cm groter

Tabel II

Raai Zijpe, meetplaats 1

	eb			vloed		
	vergelijking lijn	S	R	vergelijking lijn	S	R
voor afsluiting Volkerak	$v = 0,197 \times \text{tij} + 125,23$	12,25	0,60	$v = 0,63 \times \text{tij} + 19$	19,2	0,92
na afsluiting Volkerak	$v = 0,53 \times \text{tij} + 22,6$	7,6	0,89	$v = 0,64 \times \text{tij} - 21,3$	13,9	0,93

Raai Zijpe, meetplaats 2

	eb			vloed		
	vergelijking lijn	S	R	vergelijking lijn	S	R
voor afsluiting Volkerak	$v = 0,233 \times \text{tij} + 94,6$	10,87	0,62	$v = 0,51 \times \text{tij} + 41$	11	0,905
na afsluiting Volkerak	$v = 0,41 \times \text{tij} + 47,97$	8,70	0,82	$v = 0,498 \times \text{tij} - 3,14$	9,9	0,85

tij = tijverschil

S = standaarddeviatie

v = stroomsnelheid

R = Correlatie-coëfficiënt

Fig. 1 Overzicht van de meetpunten in het besproken gebied

Fig. 2 Veranderingen in het verticale getij na de afsluiting van het Volkerak

3

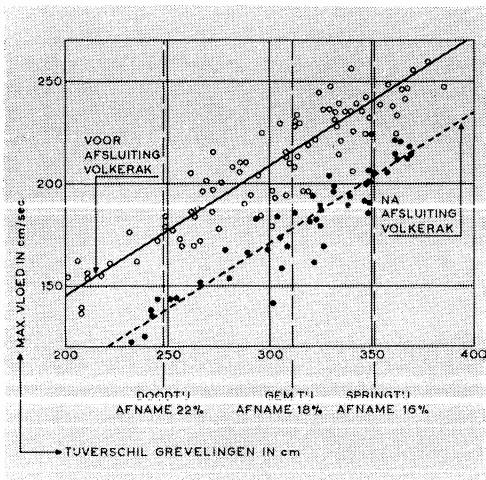


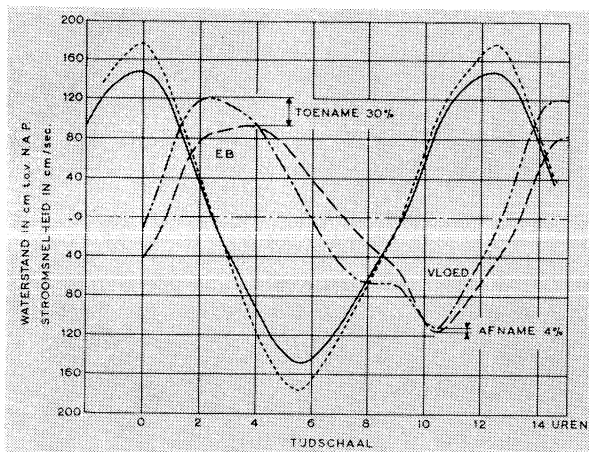
Fig. 3 Verband tussen de maximale vloedstroom en het tijverschil in het Zijpe

Fig. 4 Getijkrommen in meetplaats 1 in het Zijpe voor en na de afsluiting van het Volkerak

Fig. 5 Verandering van de stroomsnelheden te Stavenisse onder invloed van de Volkerak-afsluiting

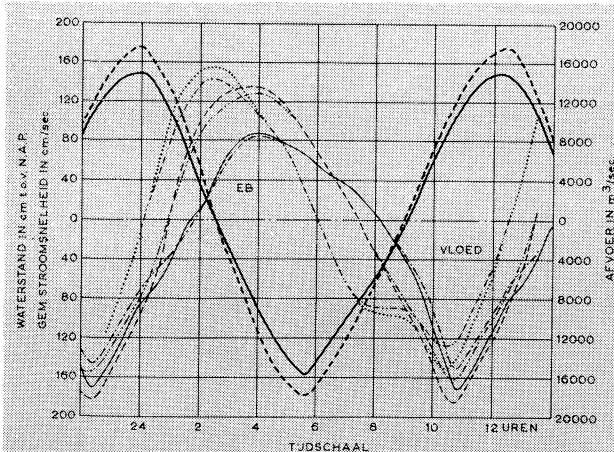
Fig. 6 Verloop van de maximale eb- en vloodsnelheden op het traject Keeten-Zijpe-Volkerak vóór en na de afsluiting

4

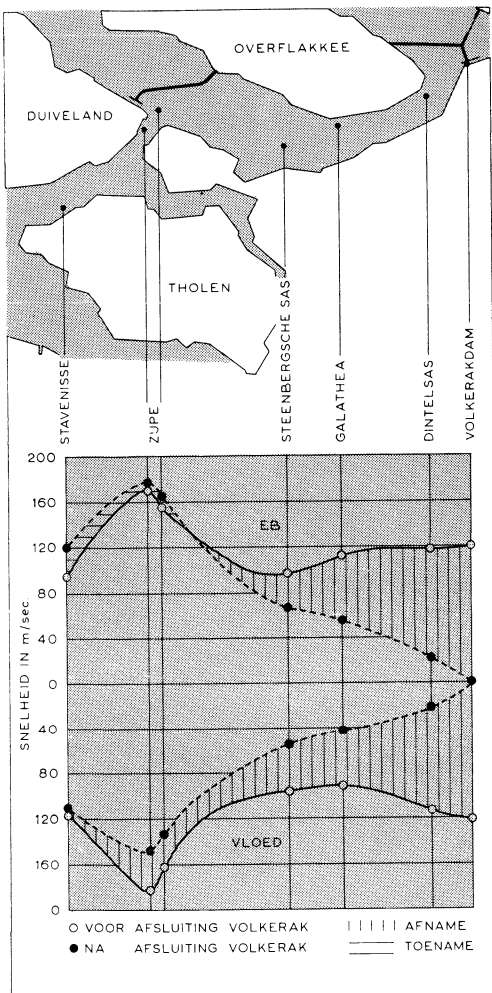


- GEM. GETJUKROMME BRUINISSE VOOR AFSLUITING VOLKERAK
- - - - - GEM. GETJUKROMME BRUINISSE VOOR AFSLUITING VOLKERAK
- STROOMSNELHEID BIJ GEM. GETJ VOOR AFSLUITING VOLKERAK (GEM. UIT 14 METINGEN)
- - - - - STROOMSNELHEID BIJ GEM. GETJ NA AFSLUITING VOLKERAK (VLOED GEM. UIT 4 METINGEN) (EB GEM. UIT 7 METINGEN)

5



- GEM. GETJUKROMME BRUINISSE VOOR AFSLUITING VOLKERAK
- - - - - GEM. GETJUKROMME BRUINISSE NA AFSLUITING VOLKERAK
- AFVOERKROMME 1962 VOOR AFSLUITING GREVELINGEN EN VOLKERAK
- - - - - AFVOERKROMME 1965 NA AFSLUITING GREVELINGEN
- AFVOERKROMME 1969 NA AFSLUITING GREVELINGEN EN VOLKERAK
- - - - - SNELHEIDSKROMME 1962 VOOR AFSLUITING GREVELINGEN EN VOLKERAK
- SNELHEIDSKROMME 1965 NA AFSLUITING GREVELINGEN
- - - - - SNELHEIDSKROMME 1969 NA AFSLUITING GREVELINGEN EN VOLKERAK



Volkerak, 18 metingen in 1965 na de afsluiting van de Grevelingen, en 5 gedaan in 1969 na afsluiting van zowel de Grevelingen als het Volkerak.

Om onderlinge vergelijking mogelijk te maken werden de gemeten snelheden met behulp van het verticale getij herleid tot gemiddelde getijomstandigheden en daarna opnieuw gemiddeld.

Ook dan blijkt, dat na de afsluiting van het Volkerak een geringe toename van de maximum ebsnelheid ($\pm 3\%$) en een flinke vermindering van de maximale vloodsnelheid ($\pm 22\%$) is opgetreden. Opmerkelijk is voorts dat de ebstroom in meetplaats 2 10 tot 45 graden van richting is veranderd en daardoor thans meer naar de oever van St. Philipsland is gericht. Voor het Zijpe kunnen dus de volgende conclusies worden getrokken.

De maximum ebsnelheid is er bij gemiddeld getij met 3% toegenomen. Het tijdstip van maximum ebstroom treedt er omstreeks 1 uur en 20 minuten eerder op dan vóór de afsluiting van het Volkerak. De maximum vloodsnelheid is er bij gemiddeld getij met 21% afgenomen, terwijl het tijdstip van maximum vloed onveranderd blijft op 1 uur en 50 minuten vóór H.W. Het kenteringstijdstip na L.W. treedt 1 uur en 20 minuten eerder op en valt thans omstreeks 1 uur na L.W. Het kenteringstijdstip na H.W. treedt 1 uur eerder op en valt thans ongeveer 15 minuten na H.W. Na de afdamming van de Grevelingen waren de maximale vloodsnelheden groter dan de maximale ebsnelheden: nu, na de sluiting van het Volkerak, doet zich het omgekeerde voor.

Het Keeten

Ook naar de veranderingen van de snelheden in de mond van het Keeten nabij Stavenisse is een onderzoek ingesteld.

In het vaste meetpunt in de meetraai aldaar is na de afsluiting van het Volkerak de stroomsnelheid een aantal malen gemeten, en wel viermaal gedurende de vloedperiode en zevenmaal gedurende de ebperiode. Vóór de afsluiting van het Volkerak waren de snelheden op dit zelfde punt zowel gedurende de vloed- als de ebperiode 14 maal gemeten. Alle gemeten snelheden werden weer volgens het gevonden lineaire verband lineair herleid tot het gemiddeld getij te Bruinisse.

In figuur 5 is de gemiddelde snelheid als functie van de tijd weergegeven, zowel die van vóór de afsluiting van het Volkerak, als die welke thans bij een normaal getij optreedt te Bruinisse.

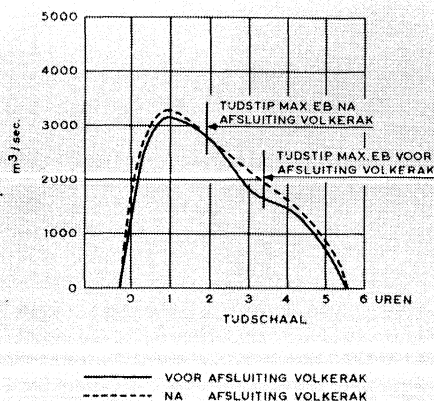


Fig. 7 Komberging op het traject Keeten–Mastgat–Zijpe–Krabbenkreek

De volgende veranderingen kunnen worden vastgesteld.

De maximale ebsnelheid is in het meetpunt bij gemiddeld getij ongeveer 30% toegenomen; de duur van de maximum snelheid is echter wat korter geworden. Het tijdstip van maximum ebstroom treedt ongeveer 1 uur en 15 minuten eerder op dan voorheen. De maximale vloedsneldheid is bij springtij met 4% afgenomen. De maximale eb- en vloedsnelheden zijn na de afsluiting van het Volkerak aan elkaar gelijk geworden. De kenteringstijdstippen nabij L.W. en H.W. treden respectievelijk 60 minuten en 40 minuten vroeger op. Evenals in het Zijpe is de stroomsnelheidskromme bij vloed sterk van vorm veranderd.

Traject Volkerak–Krammer–Zijpe–Mastgat–Keeten

In het gebied van het Volkerak en de Krammer werden op 13 en 14 mei 1969 in een 7-tal punten de stroomsnelheden en -richtingen gemeten. De gemeten snelheden werden vervolgens herleid tot de waarden bij gemiddeld getij en daarna gemiddeld over de twee meetdagen. Het verloop van de maximale vloed- en ebsnelheden zowel vóór als na de afsluiting van het Volkerak is grafisch voorgesteld in figuur 6.

Aangezien de snelheden bij de dam thans nul zijn, zijn daar de grootste veranderingen opgetreden. De mate waarin de vloedsneldheid over het gehele traject is afgenomen laat zich voorts aflezen uit figuur 6.

De ebsnelheid neemt vanaf de Volkerakdam in westelijke richting af tot de oostkant van de Plaat van Oude Tonge. In nog verder

westwaartse richting verandert de vermindering geleidelijk in een vermeerdering die nabij Stavenisse het maximum bereikt. In het traject Volkerak–Krammer valt het tijdstip van maximale vloed thans ongeveer 20 minuten vroeger, terwijl het tijdstip van maximale eb ruim 1½ uur eerder valt dan vóór afsluiting van het Volkerak. Dit laatste betekent dat de maximale ebstroom optreedt bij een omstreeks 1 meter hogere waterstand dan voorheen. Om een volledige verklaring te vinden voor de toename van de ebsnelheden op het traject Zijpe–Mastgat–Keeten werd nog een nader onderzoek ingesteld.

Het gebied waarbinnen het onderzoek werd verricht wordt begrensd door de meetraaien in het Zijpe, in de Krabbenkreek nabij St. Anna-land en in het Keeten nabij Stavenisse. Met als randvoorwaarde de gemiddelde verticale getijden te Bruinisse en Stavenisse werd het verloop van de komberging in dit gebied gedurende het getij, zowel vóór als na de afsluiting van het Volkerak berekend. Na optelling van de kombergingsstromen en de stromen door de raaien bij Zijpe en St. Anna-land gedurende het verloop van het getij kan dan de stroom door de raai bij Stavenisse worden berekend, immers het verschil tussen de afvoer in de raaien Zijpe en St. Anna-land enerzijds en Stavenisse anderzijds moet op elk ogenblik gelijk zijn aan de komberging van het gebied.

Uit de snelheidsgrafieken kunnen de totale stromen worden afgeleid door de afvoer per eenheid van breedte als functie van de plaats in de meetraai uit te zetten en daarna te sommeren.

Voor het berekenen van het verloop van de komberging gedurende het getij in het gebied

Tabel III

Raai Zijpe, meetplaats 1

vloed/eb	tijverschil in cm	snelheid in cm/sec vóór afsluiting Volkerak	snelheid in cm/sec na afsluiting Volkerak	toename/afname in %
vloed	248	176	137	afname 22%
vloed	310	215	178	afname 18%
vloed	350	241	203	afname 16%
eb	248	174	154	afname 11,6%
eb	310	187	187	0
eb	350	195	208	toename 6,8%

Raai Zijpe, meetplaats 2

vloed/eb	tijverschil in cm	snelheid in cm/sec vóór afsluiting Volkerak	snelheid in cm/sec na afsluiting Volkerak	toename/afname in %
vloed	248	167	120	afname 28%
vloed	310	199	151	afname 24%
vloed	350	220	171	afname 22%
eb	248	152	149	afname 2%
eb	310	166	175	toename 5%
eb	350	176	192	toename 9%

Tabel IV

Waterstand en oppervlakdwaarsprofiel in het Zijpe tijdens maximale ebstroom bij gemiddeld getij te Bruinisse

Raai Zijpe	voor afsluiting van het Volkerak	na afsluiting van het Volkerak	toename
waterstand	N.A.P. – 0,80 m	N.A.P. + 0,20 m	1,00 m
oppervlak	10 450 m ²	11 120 m ²	670 m ²

Tabel V

meetraai	voor afsluiting Volkerak 3 u 20 m na H.W. max. ebafoer in m ³ /sec.	na afsluiting Volkerak 1 u 55 m na H.W. max. ebafoer in m ³ /sec.	Verskil in m ³ /sec.
Zijpe	13 500	15 200	1 700
Krabbenkreek	800	2 400	1 600
Mond Keeten	15 900	20 300	4 400
Komberging	1 600	2 700	1 100

van Zijpe, Krabbenkreek-Mastgat en Keeten werd het betreffende gebied in een aantal vakken verdeeld. In elk vak werd de getijlijn bepaald door interpolatie tussen het verticale getij te Bruinisse en Stavenisse. Vervolgens werd met intervallen van een halve meter het oppervlak van de waterspiegel bepaald en uitgezet tegen de waterstand; daarnaast kon voor elk vak de waterstandsverandering per tijdseenheid bepaald worden. Door de waterstandsverandering te vermenigvuldigen met het oppervlak van het kombergingsgebied kan men dan op elk moment de hoeveelheid water berekenen die het vak in- of uitstroomt. De aldus bepaalde kombergingskromme gedurende de ebperiode is weergegeven in figuur 7. Dan blijkt na afsluiting van het Volkerak dat de maximale ebafvoer in de Krabbenkreek tengevolge van de grotere getijverschillen maar een beetje is toegenomen, die in het Zijpe echter met 12%, en die in de mond van het Keeten bij Stavenisse zelfs met 28%. Men kan zich nu afvragen of de vermeerdering met 12% van de maximum ebafvoer in het Zijpe niet in tegenspraak is met de reeds eerdergenoemde toename van de maximum ebsnelheid met 3%. Dat dit echter niet het geval is kan met de volgende redenering worden aangetoond. De toename van de maximum ebafvoer met 12% is niet alleen een gevolg van de snelheidstoename, doch ook en meer van het grotere stroomvoerende dwarsprofiel dat het Zijpe na de afsluiting van het Volkerak tijdens maximum ebstroom heeft gekregen. Uit tabel IV blijkt dat het stroomvoerende dwarsprofiel met omstreeks 7% is toegenomen. Voegt men dit bij de snelheidstoename van 3%, dan komt men al aardig in de

buurt van 12%. Voorts blijkt uit de afvoerkrommen dat de maximale ebstroom in de mond van het Keeten vóór de afsluiting van het Volkerak optrad 3 uur en 20 minuten na H.W. en na de afsluiting 1 uur en 55 minuten na H.W.

Op bovengenoemde tijdstippen werden voor de komberging en de afvoeren in de verschillende raaien de waarden gemeten die in tabel V zijn verantwoord.

De toename van de maximale ebstroom in het Keeten kan dus verklaard worden uit de toeneming van de ebafvoeren in het Zijpe en de vervroeging in fase van het tijdstip van maximum ebstroom, en ook doordat het tijdstip van maximale stroom in de mond van het Keeten na de afsluiting van het Volkerak zeer dicht valt bij het tijdstip van de maximum afvoer in de Krabbenkreek, hetgeen vroeger in mindere mate het geval was. Bovendien is als gevolg van het vroeger optreden van het tijdstip van maximale stroom ook de komberging van het gebied op dit tijdstip groter dan voorheen, in de eerste plaats omdat dit tijdstip optreedt bij een hogere waterstand en er dientengevolge een groter kombergingsoppervlak aanwezig is, en ten tweede omdat ook de waterstandsverandering per tijdseenheid door de toename van het getijverschil groter is geworden.

In april 1969 is een begin gemaakt met de uitvoering van de afsluitingswerkzaamheden in de Oosterschelde. De eerste fase bestond in de aanleg van een werkeiland op de Roggenplaat. In het Driemaandelijks Bericht nr. 47 (februari 1969) kan men het artikel nalezen waarin het ontwerp en de keuze van de plaats van dit eerste steunpunt nader worden toegelicht. Op grond van de huidige stand der werkzaamheden wordt verwacht dat het werkeiland op de Roggenplaat in het eerste kwartaal van 1970 vrijwel zal zijn voltooid.

Het werkeiland 'Neeltje Jans' in de Oosterschelde

In het voorjaar van 1970 zal een begin worden gemaakt met de aanleg van een tweede werkeiland, 'Neeltje Jans', zo genoemd naar een grote plaat niet ver van de plaats waar het werkeiland is geprojecteerd. Dit tweede steunpunt van de afsluitingswerken wordt aangelegd in het tracé van de afsluitdam, op een betrekkelijk ondiep gedeelte ten zuiden van de Schaar van Roggenplaat.

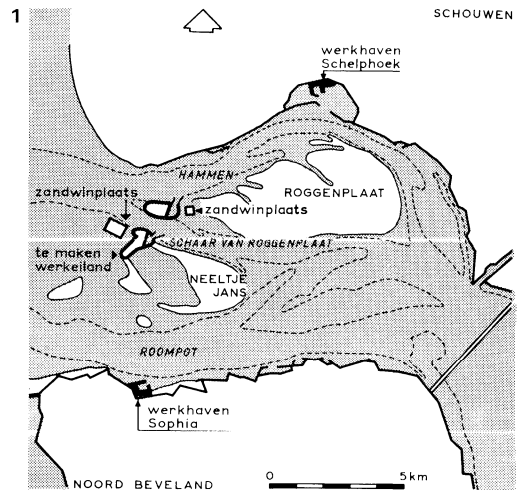
Uit het verrichte modelonderzoek bleek dat er geen hydraulische bezwaren bestaan tegen de gelijktijdige aanleg van een 700 m lang gedeelte van de afsluitdam, dat zich dan zal uitstrekken tot de rand van de vloodschaar de Geul, ongeveer tot de dieptelijn van N.A.P. – 5 m. De lengte van eiland en damvakgedeelte samen zal, gemeten langs het tracé op N.A.P.-hoogte, 1300 meter bedragen. Om de vrijheid te behouden in de keuze van de in het sluitgat ter plaatse van de Schaar van Roggenplaat toe te passen afsluitingsmethode dient de noordelijke kop van het eiland breed genoeg te zijn voor het zo gunstig mogelijk opstellen van een eventuele kabelbaan binnen het dwarsprofiel van de afsluitdam.

Het werkeiland zal voor de aanvoer van materiaal en materieel voorzien moeten zijn van minstens één werkhaven waarin schepen en ander drijvend materieel een veilige ligplaats kunnen vinden. Om binnendringen van golven uit westelijke richtingen in de haven zoveel mogelijk tegen te gaan, moeten de haveningang en de toevaargeul op het noordoosten gericht zijn. De haven zelf moet gesitueerd worden aan de oostzijde van het eiland. De haven zal moeten worden voorzien van twee loswallen en een personensteiger. Het 500 m lange havenfront moet in verband met

de vereisten voor een eventuele kabelbaan praktisch evenwijdig met de as van het sluitgat in de Schaar van Roggenplaat gesitueerd worden. Op het terrein bij de haven dient voldoende ruimte aanwezig te zijn voor de aanleg van werkwegen, de opslag van materialen en het opslaan in depot van betonblokken als stortmateriaal voor een eventuele kabelbaan. Uit het modelonderzoek volgde dat de noordelijke kop van het werkeiland 'Neeltje Jans' zo dicht mogelijk bij het diepe water van de Schaar van Roggenplaat moet worden aangelegd. Aan de zee- en aan de rivierzijde van de kop zijn stroomgeleidende dammen nodig, om in het toekomstig sluitgat ter plaatse van de Schaar van Roggenplaat een zo gunstig mogelijk stroombeeld te krijgen, zowel bij eb- als bij vloedstroom. De constructie van de stroomgeleidende dam aan de zeezijde dient zodanig te zijn dat binnen de begrenzing ervan een tweede werkhaven kan worden aangelegd, indien de noodzaak daartoe tijdens de dichting van de sluitgaten blijkt. Tenslotte dient rekening te worden gehouden met de plannen voor de ontsluiting van de Neeltje Jansplaat ten behoeve van de recreatie, wanneer de Oosterschelde eenmaal is afgesloten. Voor het recreatieverkeer zal een aantal wegverbindingen nodig zijn, waarvoor thans reeds ruimte moet worden gereserveerd.

De afmeting en de vorm van het eiland en van het aansluitende damvak zijn vastgesteld aan de hand van de hiervoor genoemde eisen. De vorm, voornamelijk die van de kop met de aan weerszijden aan te leggen stroomgeleidende dammen, die grenst aan de Schaar van Roggenplaat, werd in het overzichtsmodel van de mond van de Oosterschelde, in het Water-

1 Situatie van het te bouwen werkeiland en van de zandwinningsgebieden



loopkundig Laboratorium te De Voorst, nader onderzocht.

Uit het onderzoek bleek dat er wat de stroomsnelheden betreft bij de aanleg geen moeilijkheden te verwachten zijn. Wel kwam naar voren dat het van belang is de kop zo noordelijk mogelijk te situeren; dit om het ontstaan van een neer langs de kop en het optreden van aanzandingen in het sluitgat zoveel mogelijk te voorkomen.

Daar er nog geen beslissing is genomen ten aanzien van de te volgen sluitmethodiek, en er dus ook nog geen zekerheid bestaat over de benodigde materiaalhoeveelheden, is besloten het terrein over de gehele lengte van eiland en damvakgedeelte voorlopig aan te leggen op een hoogte van N.A.P. + 7 m, zodat er in ieder geval voldoende ruimte is voor het opstapelen van betonblokken, het aanleggen van werkwegen en het opstellen van een kabelbaan. De opbouw van het verdere beloop en van de kruin blijft dus vooralsnog achterwege. De bekleding van het buitenbeloop zal vanaf de bovenzijde van de betonnen damwand op N.A.P. + 1 m tot N.A.P. + 6,50 m bestaan uit met gietasfalt gepenetreerde stortsteen. Hoe dik deze bekleding worden moet is vastgesteld met behulp van een elektrisch analoog, waarmee de onder een gesloten bekleding te verwachten waterdrukken kunnen worden gemeten. Voor een beschrijving van deze onderzoeksmethode verwijzen we naar Driemaandelijks Bericht nr. 40 (mei 1967).

Van de later aan te leggen 25 m brede buitenberm, die ontworpen is op een hoogte van N.A.P. + 6,50 m, en die bekleed zal worden met asfaltbeton, wordt voorlopig slechts een strook van 6 meter breedte gemaakt, aan-

sluitend aan de glooiing van gepenetreerde stortsteen. Deze strook kan worden gebruikt als werk- en inspectieweg.

Voor de bekleding van het binnenbeloop van het damvakgedeelte vanaf het teenschot tot een hoogte van N.A.P. + 4 m zijn betonblokken van 20 cm dik gekozen. Ze zullen worden geplaatst onder een helling van 1 : 4.

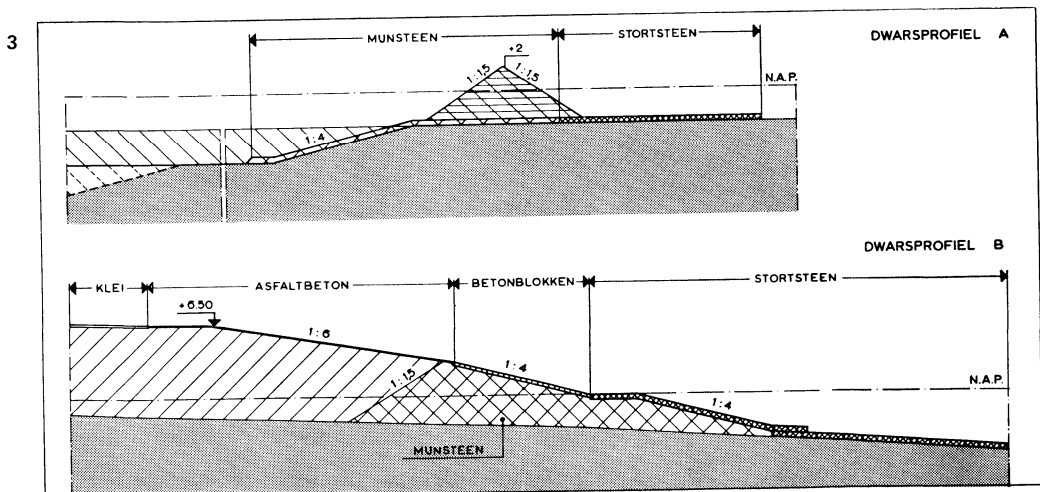
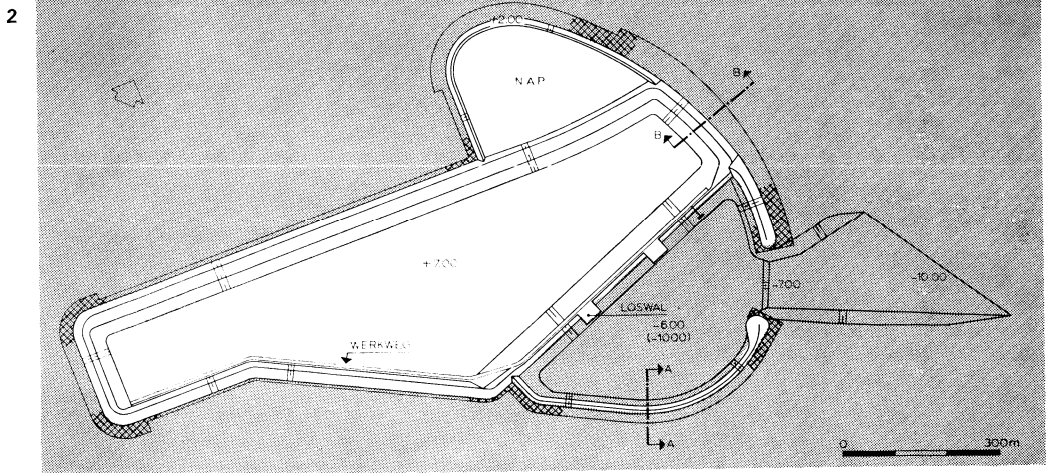
Aan beide koppen zullen vanaf N.A.P. tot N.A.P. + 3 m betonblokken van 30 cm dikte worden gebruikt. Daarboven zal een asfaltbekleding worden aangebracht.

Bij de teenconstructie aan de zeezijde werd besloten in plaats van de tegenwoordig veel gebruikte grindkorven met daarop aansluitende gietasfaltslab een klassiek kraagstuk met zware steenbestorting toe te passen.

Men verwacht namelijk dat voor het aan te leggen damvakgedeelte in de tot 1978 durende overgangsfase uitschuring en geulvorming zal plaatsvinden. Aan de daarbij optredende bodemvervorming past een klassiek stuk zich beter aan. Verder is bij de vaststelling van de plaats van de teenconstructie aan de zeezijde rekening gehouden met de eis dat de buitenberm plaatselijk breder moet worden uitgevoerd in het belang van de later aan te leggen op- en afrit langs het buitenbeloop van de dam. Men wil in de toekomst recreatieverkeer mogelijk maken van de buiten- naar de binnenberm en omgekeerd.

Tenslotte bleek uit de grondmechanische verkenningen dat de ontworpen taluds stabiel zijn en dat geen gevaar voor grote zettingen of voor afschuivingen te vrezen valt.

- 2 Overzicht van het werkeiland met aansluitend damvakgedeelte
- 3 Dwarsdoorsneden



Enkele uitvoeringstechnische aspecten

Ter plaatse van het werkgebied varieert de waterdiepte van N.A.P. – 1 m tot ongeveer N.A.P. – 4 m, zodat er niet gedurende het gehele getij met drijvend materieel kan worden gewerkt, temeer niet omdat het gebied nogal aan directe golfaanval uit zee is blootgesteld.

De bodemfiguratie zal waarschijnlijk bepalend zijn voor de werkrichting: men zal het liefst willen werken van diep naar ondiep, dat wil in dit geval zeggen van noord naar zuid.

Met het oog op de beperkte vaardiepte zal moeten worden getracht zo snel mogelijk met zand en mijnsteen een veilige hoogte te bereiken, zodat men van dan af met rijdend materieel de verdere uitvoering kan voortzetten.

Voor de overslag van materialen zoals mijnsteen, stortsteen en ingrediënten voor beton dienen voorts zo spoedig mogelijk een of meer loswallen nabij diep vaarwater ter plaatse van het uit te voeren werk ter beschikking te komen.

Om een indruk te geven van de omvang van het werk kan een overzicht dienen van de benodigde hoeveelheden materiaal.

Er is in totaal ca. 3,8 miljoen m³ zand nodig. Bij de aanleg van de havens en de toegangsgeul komt 0,8 miljoen m³ vrij, dat rechtstreeks in het werk geperst kan worden. De overige 3 miljoen m³ kunnen worden gewonnen uit twee daarvoor aangewezen zandwinplaatsen. De eerste daarvan bevindt zich aan de zuidzijde van de Roggenplaat; het opgezogen bodemmateriaal zal vandaar met bakken in het werk worden gebracht; de vaarafstand van de winplaats tot het werk bedraagt gemiddeld 2,5 km. Als tweede zandwinplaats is een plek gekozen aan de zeezijde, op ongeveer 500 m ten westen van het werkeiland. Aangenomen werd namelijk dat het inzetten van een tweede bakkenbedrijf praktisch onuitvoerbaar zou zijn vanwege het ontbreken van de nodige ruimte, zodat een gedeelte van het zand rechtstreeks in het werk moet worden geperst. En aangezien aan de oostzijde van het werkeiland geen zand mag worden gewonnen om het ontsluitingsplan van de Neeltje Jansplaat niet in gevaar te brengen of onmogelijk te maken, bleef voor de zandwinning slechts een plek aan de westzijde over. Een nadeel van dit wingebied is de onbeschutte ligging ervan, waarvan vooral het drijvend gedeelte van de leiding hinder kan ondervinden. De verdeling van de te winnen zandhoeveelheden over de beide zandwinplaatsen wordt overgelaten aan het inzicht

van de aannemer. Wel is de hoeveelheid zand die gewonnen mag worden van de winplaats in zee beperkt tot 2 miljoen m³.

Om het werk tijdig vóór het winterseizoen 1970/1971 tegen stormen bestand te maken moet de zandproduktie 120 000 m³ per week bedragen met een topproductie van 300 000 m³ per week gedurende enkele weken. Het zal daarom noodzakelijk zijn gedurende enige tijd een dag- en nachtbedrijf of zelfs een volcontinuïdient in te stellen.

Aan mijnsteen is in totaal 300 000 ton nodig. Naar schatting kan hiervan 90 000 ton door een varend bedrijf worden aangebracht. De resterende hoeveelheid van 210 000 ton zal met een drijvende kraan bijvoorbeeld moeten worden overgeslagen en vervolgens met vrachtauto's worden getransporteerd.

Voor het bekleden van het buitentalud is ca. 23 000 ton lichte stortsteen nodig, die met gietasfalt gepenetreerd zal worden.

In de beide stroomgeleidende dammen langs de oostzijde van de te baggeren havenkom dient 51 000 ton stortsteen 10–300 kg verwerkt te worden. Voor de stroomgeleidende dam aan de zeezijde zal voor het bereiken van de vereiste stabiliteit tijdens zware golfbeweging stortsteen 300–1000 kg worden gebruikt. Er zal dan 7200 ton van deze zeer zware stortsteen nodig zijn. Rondom het werkeiland, de schermdammen en het damvak zal in totaal 120 000 m² bodembescherming moeten worden aangebracht, bestaande uit verschillende typen zink- en kraagstukken. De bestorting daarop zal 24 000 ton lichte en 56 600 ton zware stortsteen vergen. Vooral de geringe vaardiepte maakt het zinkwerk moeilijk en kwetsbaar. Het feit dat de voortgang der andere werkzaamheden geheel afhankelijk is van het zinkwerk, maakt dit werkonderdeel tot één der belangrijkste bedrijven van de uitvoering; het zal dan ook veel aandacht vergen van de aannemer. Tenslotte kan worden opgemerkt dat alle materialen behalve het zand en dus ook de zinkstukken vanuit de werkhaven Schelphoek naar het werk moeten worden aangevoerd, langs een 10 km lange vaarweg over diep en breed water dicht bij zee, hetgeen de inzet van groot materieel noodzakelijk zal maken.

De toekomst van het mosselbedrijf

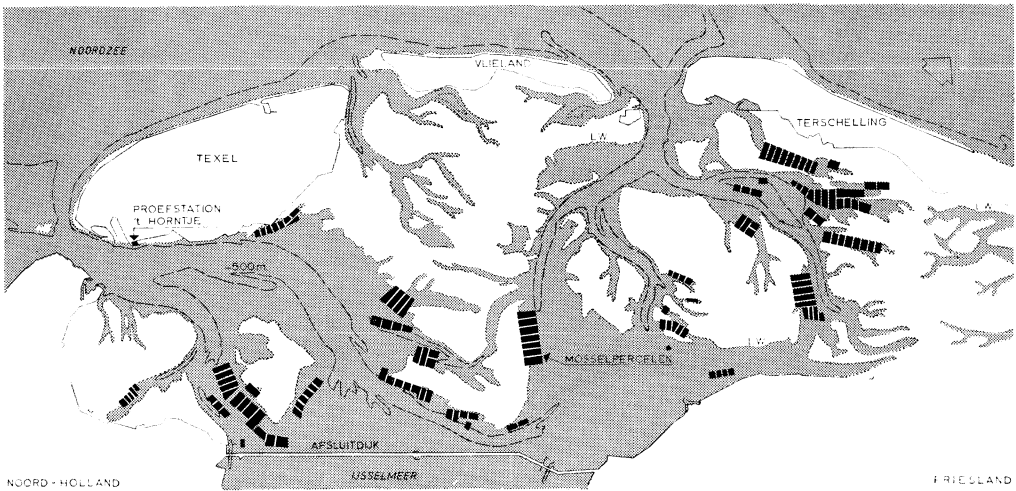
De aanleg van de Deltawerken in het zuidwesten van Nederland brengt een groot aantal veranderingen teweeg in de gehele structuur van dat gebied. Het primaire doel van de dammen, beveiliging van het land tegen hoge stormvloed, werd al bij de aanvang gekoppeld aan een aantal secundaire doelstellingen, zoals bestrijding van de verzilting en betere beheersing van de waterhuishouding. Echter, de invloed van de werken reikt verder en soms onberekenbaar ver in het leven van de inwoners der betreffende gebieden. Ware het nu zo dat alleen in het zuidwesten van ons land grote culturele veranderingen optraden, dan zou er reden zijn hier te spreken van dramatische ontwikkelingen. Het tegendeel is echter het geval. Om de zaak in juiste proporties te zien is het nodig allereerst vast te stellen dat thans in vrijwel elk deel van Nederland en van West-Europa soortgelijke veranderingen plaatsgrijpen. Leefklimaten worden gewijzigd, vroeger gemakkelijk geweerde invloeden dringen thans in elke gemeenschap door, en niet zelden gaan hele bedrijfstakken, die lang aan een streek zijn kenmerkend gezicht gegeven hebben, spoorloos ten onder. Zuid-Limburg levert van het laatste een recent en duidelijk voorbeeld. Er is een massaal, eerder dan een regionaal gevaar voor identiteitsverlies. Zeeland heeft sedert mensenheugenis nog nooit zo'n ingrijpende verandering in primaire omstandigheden beleefd als de provincie nu te wachten staat. De zoute en brakke getijstromen tussen de eilanden zullen op korte termijn veranderen in verzoetende getijloze meren – met alle gevolgen van dien voor het aanzicht en de exploitatiemogelijkheden van de oevers en van het water. De opheffing van



1 Getroste mosselen

2 De ligging der mosselper-
celen in het Waddengebied





het isolement der eilanden zou ook zonder de Deltawerken wel begonnen zijn – de bouw van de Zeelandbrug over de Oosterschelde wijst tenminste in die richting. Maar het wegvallen van de directe zee-invalde roept een eigenaardige aanpassingsproblematiek op. In dit artikel zal getracht worden deze problematiek nader te belichten voor zover ze in verband staat met de schelpdiercultures, en dan met name het mosselbedrijf. Over de oesterteelt is in het Driemaandelijks Bericht al eerder geschreven, en wel in de nrs. 15 (februari 1961) en 24 (mei 1963).

De mosselkweek heeft nimmer de aandacht getrokken welke de oesterteelt ten deel viel, niet zozeer om de bedragen die in beide bedrijfstakken omgingen – veelal was de handelswaarde van de in Yerseke aangevoerde mosselen in de laatste jaren groter dan die van de aangevoerde oesters; het was veel eerder het fijnere produkt, de grotere kwetsbaarheid ervan en de naar evenredigheid grotere telerskunst die eraan te pas kwam om de Zeeuwse oester tot zulk een Europees vermaard artikel te maken, die de aandacht vóór alles deed uitgaan naar de oestercultuur. De mossel heeft maar ongeveer de helft van de kweektijd nodig, hij verdraagt grotere fluctuaties in het zoutgehalte en de temperatuur van het water en hoewel ook in de mosselwereld opvallende calamiteiten voorkomen bij een plotselinge verslechtering van de natuurlijke omstandigheden, herstelt het produkt zich sneller, onder meer dank zij de fabelachtige voortplantingseigenschappen: een mosselwijfje legt, waarschijnlijk meer dan eenmaal 's jaars, honderdduizenden eieren. Zijn deze eieren na de vrij in het zeewater plaatsvindende bevruchting eenmaal uitge-

groeid tot minuscule mosseltjes van 0,3 à 0,4 mm, dan geven ze hun zwevende bestaan op, dwarrelen neer, en hechten zich aan allerlei door begroeiing bescherming biedende oppervlakken. Er is in deze fase nog enige verhuizing mogelijk, en tenslotte komen de meeste mosseltjes samen op de bodem, waar dit 'zaad' zich op gunstige plaatsen tot hele matten verenigt. Bij weinig stroom komen ook onbegroeide oppervlakten in aanmerking. De mosseltjes hechten zich vast met byssusdraadjes, die bestaan uit een in het zeewater hard wordende substantie die wordt afgescheiden door een kliertje aan de onderkant van de voet van de mossel.

Enige zaadval is er altijd wel, maar toch wel voornamelijk in de maanden mei tot en met augustus. De mossel is, als soort, een ijzersterk dier, en staat gereed dit opnieuw te bewijzen: terwijl voor de oesterteelt nu wel alle mogelijkheden tot continuering schijnen te zijn afgesneden, is er voor de Nederlandse mosselcultures goede hoop aanwezig dat voortzettingmogelijkheden worden gevonden. Wat wij mosselcultuur noemen, is beter aangeduid met de naam semicultuur. Het is een georganiseerde exploitatie van door de natuur geboden mogelijkheden, waarbij het natuurlijk verloop der dingen nog maar in beperkte mate wordt beïnvloed door menselijk ingrijpen. De mens zoekt voor de mossel kweekgronden met een zo groot mogelijk aantal als gunstig bekend staande eigenschappen, hij houdt de percelen schoon, bestrijdt de natuurlijke vijanden van de mossels, verzaait de mosselen te gelegener tijd, maar met dat al wordt het resultaat nog steeds bepaald door het natuurlijke voedselaanbod. Systematische kennis van wat elk der factoren tot de groei en het

welvaren van het produkt bijdraagt, is tot op heden vrijwel niet voorhanden. Overlevering en door ervaring van de kweker verkregen inzicht geven meestal de doorslag. De mosselkwekerij in de Zeeuwse wateren is thans ongeveer honderd jaar oud. Uit nog vroegere tijd vindt men wel vermelding van mosselvangst – het is eigenlijk onmogelijk daar een begindatum voor op te geven – maar vangst is iets anders dan kweek. De kweek wordt pas mogelijk als de teler er zeker van kan zijn dat de moeite en de zorg die hij in het broed investeert, ook hem en niet elke voorbijvarende visser ten goede zullen komen, met andere woorden, wanneer de overheid percelen uit geeft en een behoorlijke controle uitoefent op de bescherming van het bezit. Sedert de uitgifte van percelen een aanvang nam, is de Oosterschelde de hartader van het bedrijf, in belangrijkheid gevolgd door de Grevelingen; ook in de Eendracht en de Zandkreek vond men percelen. De Westerschelde en de voormalige Braakman hebben nooit meer dan een ondergeschikte betekenis gehad voor het mosselbedrijf. Een eigenaardigheid van het Zeeuwse stromengebied is van oudsher, dat er, om overigens niet geheel opgehelderde redenen, meestal niet voldoende zaadval plaatsvindt om voortzetting van de teelt te kunnen garanderen. Daarom werden al vanaf het vroegste begin van de cultuur tochten ondernomen voor het vangen van mosselzaad in de Waddenzee, vroeger ook de Zuiderzee. In die watergebieden deed zich een tegengesteld verschijnsel voor: er was zaadval in overvloed, maar de omstandigheden voor mosselkweek werden er minder gunstig geacht. De Waddenzee is eigenlijk altijd het terrein geweest van de vrije visserij, in het bijzonder de garnalenvisserij. Het in de Waddenzee gevangen mosselzaad werd uitgezaaid op halfwasbedden in de Zeeuwse stromen, en vandaar na een jaar overgezaaid op definitieve consumptiepercelen, waarvan dan voor de handel bestemde mosselen werden geoogst. Zo verloopt de kweek in grote trekken nog steeds. Opvissen geschiedt tegenwoordig uitsluitend met een door een kottor of omgebouwde beurtvaarder gesleepte mosselkor, dat is een rechthoekig ijzeren raamwerk, waarachter een net hangt van ijzeren ringen en touwwerk, tegenwoordig ook wel nylon. Gesleept over de bodem doet de kor veel sediment opwervelen, terwijl de mossels, op niets verdacht, openstaan om het water door hun kieuwen te laten spoelen. Bij de vangst komen ze dan nogal vervuild, met zand en slib binnen de schelpen, boven water. Het is niet raadzaam ze dan

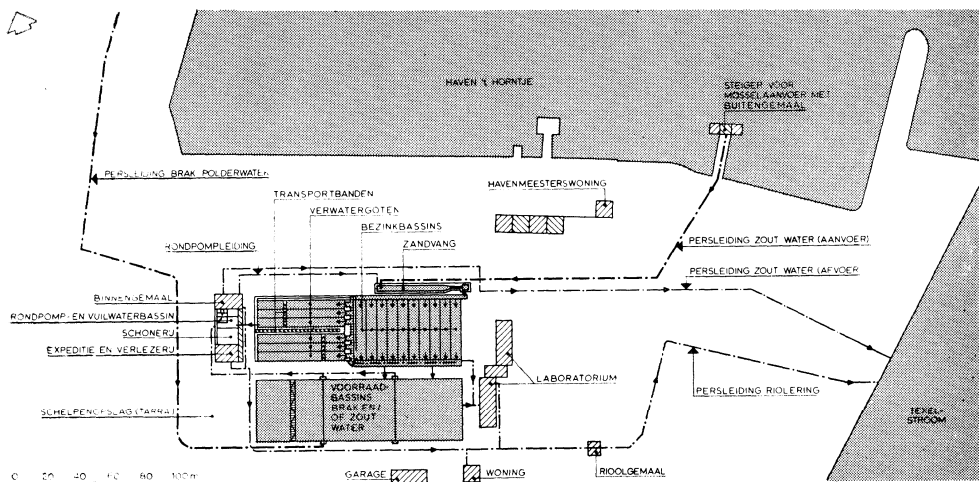
meteen op de markt te brengen, want de consument heeft liever geen zand tussen de kiezen. Men moet de mosselen eerst een paar dagen 'verwateren', ze daarmee de gelegenheid gevend zich van zand en slib te ontdoen. Het is van elementair belang dat de verwatering geschiedt in helder, slibarm water. In getijwater, waarin een verwaterplaats tweemaal per dag droogvalt, krijgen de mosselen bovendien gelegenheid hun sluitspier te oefenen, hetgeen de houdbaarheid tijdens het transport ten goede komt. De bodem van een verwaterplaats moet stabiel en vast zijn, anders herhaalt de vervuiling zich bij het weer opvissen van de mossels. Als kweekplaats voor consumptiemosselen is het Waddengebied voor het eerst op grote schaal in gebruik geweest tijdens de eerste wereldoorlog, toen er in Duitsland een groot

Overzicht van het mosselproefstation

voedseltekort ontstond. Vóór de kweek echter resultaten begon op te leveren, was Duitsland ineengestort, en de kweekpercelen werden weer aan hun lot overgelaten. Maar men had bij deze gelegenheid ontdekt dat de Zuiderzee en de Waddenzee een produkt konden opleveren, gelijkwaardig aan dat van de Zeeuwse stromen. Pas in 1950 werd opnieuw een beroep gedaan op de kweekmogelijkheden in het Waddengebied. In Zeeland werden de mosselen toen geteisterd door een parasiet, *Mytilicola intestinalis*, die in de spijsverteringsorganen van de mossel huisde, en zich op diens kosten tegoed deed. De omvang van de slachting die de parasiet onder zijn gastheren aanrichtte, was afhankelijk van zijn voortplantingsmogelijkheden, en die werden bepaald door de milieu-omstandigheden en door de dichtheid van de in het voort-

plantingsgebied levende mosselen. De remedie, althans een beperking van het kwaad, werd gevonden in een meer spaarzame bezaaiing van de Zeeuwse percelen. Nog steeds echter kan de parasiet een verminderende werking uitoefenen op het visgewicht van de consumptiemosselen. Gelukkig heeft hij geen enkel giftig of smaakveranderend effect op de mossel bij wie hij te gast is. Wij kunnen hem beschouwen als een mede-consument. Inmiddels volden de Zeeuwse mosselkwekers in 1950, toen hun produktie was teruggelopen tot 30% van het normale, een sterke behoefte om uit te wijken, en zo werd de Waddenzee opnieuw voor de mosselkweek geopend. Vanaf 1951 vindt de mosselteelt in het noorden, vanwege het opdringen van de gevreesde parasiet uit oostelijke richting, alleen plaats in het westelijke

land woonachtig zijn gebleven, ook al komt de helft van hun produktie uit het noorden; Yerseke is ook thans nog het centrum van de mosselhandel, en heeft de enige mosselafslag van ons land. De verwaterplaatsen in de Oosterschelde liggen in het zuidoostelijk deel van de zee-arm, op de zogenaamde Yerseke-bank, een deel van het verdrongen land van Zuid-Beveland, met een vaste klei- en veenbodem waarop weinig opdwarend sediment voorkomt. Het water van de Oosterschelde heeft hier een buitengewone helderheid, het is rustig, de verwaterpercelen liggen er tegen alle stormen beschermd die komen uit een richting tussen zuid-oost en noord-west, en er is een goede gemiddelde watersnelheid om het slib uit de mosselen mee te voeren; het verticale tijverschil bedraagt er 3,50 meter. Dit laatste geeft de gelegenheid

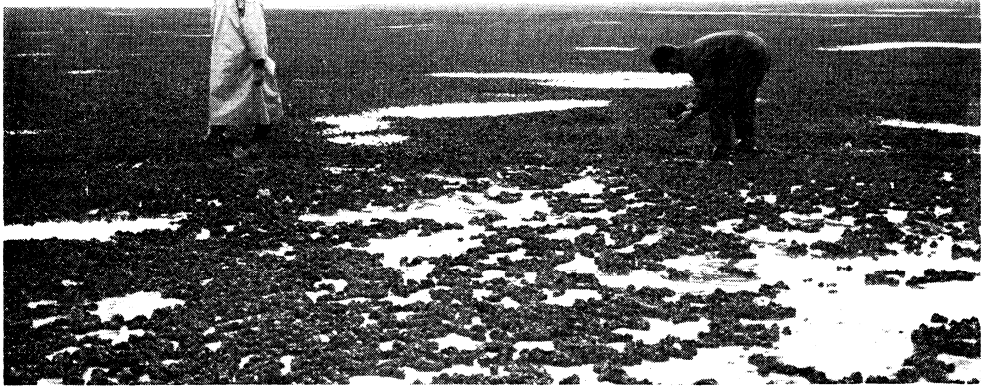


deel van het Waddengebied, dat tot op heden parasietvrij is gebleven.

Na 1950 hebben de Zeeuwse kwekers het Waddengebied niet meer verlaten, en thans liggen er ongeveer 500 percelen. Zonder wrijving met de garnalenvissers, die hun areaal zagen inkrimpen, is deze vestiging niet verlopen.

Is de Waddenmossel na twee jaar groot en visrijk genoeg om gegeten te worden, dan komt hij voor het eerst in Zeeland, om te verwateren. Het Waddengebied kan nergens een waterstuk bieden waar de kwaliteit van water, bodem en beschutting zelfs maar kan worden vergeleken met de omstandigheden in het zuiden van de Oosterschelde; nergens ook vindt men op de Waddenzee zo'n gunstig tijverschil. Vandaar ook dat de mosselkwekers op een enkele na in Zee-

de mossels bij hoog water vanuit de vissersvaartuigen te lossen en ze bij laag water, zo dat nog nodig is, regelmatig te spreiden, door ze met een riek te slechten. Yerseke is het handelscentrum geworden doordat het in de onmiddellijke omgeving de beste natuurlijke omstandigheden kon bieden waaronder de mossel tussen kweek en afzet kan verkeren: in de 'natte pakhuizen' op de Yerseke-bank blijven de mossels volmaakt vers totdat een handelaar ze ophaalt voor uitwendige schoning, verpakking en vervoer. Onder het oogpunt van de mosselkwekerij is het pijnlijk van de Oosterschelde-afsluiting niet zozeer het verlies van de kweekpercelen, als wel het verloren gaan van dit ideale pakhuys. Yerseke ligt gunstig als uitgangspunt voor mosseltransporten per as: vrijwel de gehele export gaat naar België en Frankrijk, waar de



eigen mosselkwekerijen de consumptie lang niet kunnen bijhouden. Van de mosselexporterende landen Nederland, Spanje, Duitsland en Denemarken ligt ons land het gunstigst wat de vervoersafstanden betreft, hetgeen bij een produkt dat met 80% tarra wordt getransporteerd, een grote prijsvoorsprong betekent.

De dreigende opheffing van de schelpdiercultures in de Zeeuwse stromen heeft er toe geleid dat men vanaf het begin van de uitvoering der Deltawerken heeft gezocht naar mogelijkheden om de oesterkweek onder kunstmatige omstandigheden toch voort te zetten. Allereerst werd, om deze mogelijkheden nader te exploreren, een laboratorium voor het onderzoek naar de schelpdiercultures opgezet te Wemeldinge. De resultaten van het speurwerk waren hoopgevend: in 1957 lukte het oesterlarven onder laboratoriumomstandigheden op te kweken tot oesterbroed. Verdere proeven gaven de mogelijkheid aan, door intensivering van de cultuur te komen tot 5 x zo hoge bedrijfsresultaten. Als verlengstuk van deze laboratoriumproeven zou vervolgens een semi-praktijkproef in het Veerse Meer worden opgezet, die ongeveer 10% van de jaarlijkse Zeeuwse oesterproduktie voor zijn rekening zou moeten nemen, en de beslissing brengen over de vraag of een permanent kunstmatig oesterbassin in het Deltagebied te realiseren zou zijn. Men dacht daarbij aan een kweekplaats achter de Brouwersdam of in het westelijk deel van de Oosterschelde, op de Roggenplaat, dan wel in het Veerse Meer, waarbij dan water aan de zee zou worden onttrokken. Deze ontwerpen en plannen worden hier vermeld omdat het kunstmatig

oesterbassin steeds gekoppeld werd gedacht aan een kunstmatige mosselverwaterplaats, die dan gebruik zou maken van het na de bezinking al over de oesterbedden geleide water.

Groot was de teleurstelling toen na een lange periode van naar het scheen succesrijke voorbereiding in 1963 door de regering werd meegedeeld dat de proeven niet zouden worden voortgezet, omdat er geen heil was te verwachten van de waterkwaliteit voor de Brouwersdam, waar zowel voor als na de afsluiting van het Haringvliet een sterke verzoeting optreedt onder invloed van de bij eb in zuidelijke richting langs de kust wegtrekkende Rijnafvoer. De lozing van zoet water vanaf het Zeeuwse en het Veerse Meer zou voor de afsluitingsdammen aldaar eveneens een te grote verzoeting van het water meebrengen dan dat er voor de oesterkweek, die nogal aan nauwe zoutgrenzen gebonden is, gebruik van kon worden gemaakt.

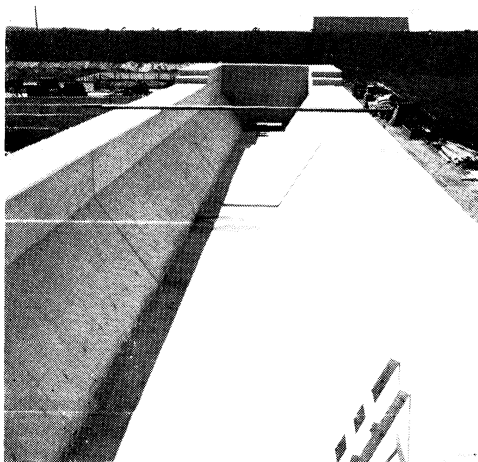
Uiteindelijk bleek de verwaterplaats voor mosselen het enige deel van het project te zijn dat zou worden gerealiseerd, zij het niet in de Zeeuwse wateren. Het in de Waddenzee opbloeiende mosselbedrijf vereiste als noodzakelijke eindfase van de kwekerij een vervanging van de natuurlijke verwaterplaatsen bij Yerseke, die met de Oosterscheldesluiting in 1978 voorgoed zouden verdwijnen, maar natuurlijk reeds enige jaren voordien door de gedeeltelijke afsluiting van die zee-arm zouden beginnen aan kwaliteit in te boeten. Voor proefnemingen in verband met de mosselverwatering werd in 1964 een terrein uitgekozen bij Zuricheroord, dus vlak bij de aansluiting van de Afsluitdijk op het Friese vasteland. De waarnemingen die daar op het

water waren verricht in 1963 en 1964 gaven bruikbare zoutgehaltes aan. In de volgende jaren bleek echter na continue metingen dat de aanvankelijk verkregen meetresultaten op de lange duur niet representatief konden worden geacht. Ook dit plan werd verlaten. De definitieve vestiging van een laboratorium voor schelpdierenonderzoek heeft tenslotte plaatsgevonden op de zuidpunt van het eiland Tessel, in de polder 't Horntje. Er is een proefterrein geprojecteerd bestaande uit een overdekt laboratorium en een aantal proefbassins in de open lucht, waarin de kunstmatige verwatering en de opslag van mosselen op enigszins reële schaal zal kunnen worden beoefend. Na de eerste verkenningen zal een semi-praktijkproef worden opgezet, waarbij 't Horntje ongeveer 5% van de mosselproductie van de Waddenzee hoopt te kunnen behandelen. Uitvoeringstechnische en economische vraagstukken worden in die fase mede bekeken, zodat niet alleen uitspraken kunnen worden gedaan over de voorwaarden waaraan water, bodem, luchtvochtigheid en lichtintensiteit moeten voldoen, wil de mossel in de verschillende seizoenen optimaal worden verwaterd en opgeslagen, maar tevens aanbevelingen voor de bedrijfsvoering kunnen worden gegeven. Uiterlijk in 1973 zal rapport worden uitgebracht over de resultaten van deze mosselproeven, zodat op basis van de uitgebrachte adviezen nog tijdig kan worden begonnen met de aanleg van een definitieve kunstmatige verwaterplaats. De bouw van het mosselproefstation in de polder 't Horntje, die rond 6 miljoen gulden vergt, is begonnen in het voorjaar van 1968. Ongeveer een jaar later kon het overdekte laboratoriumgedeelte worden betrokken. In de

aanvang van 1970 wordt een begin gemaakt met proefnemingen in de open lucht, hoewel het hele project pas in september 1970 zal worden opgeleverd.

In het laboratorium wordt het wetenschappelijk onderzoek in eerste instantie verricht in de 'natte afdeling', waar een aantal stroomgoten van 50 cm breed parallel staat opgesteld; aaneengekoppeld vormen ze een goot van 24 meter lengte; het is echter ook mogelijk de goten door plaatsing van verticale schotten in compartimenten onder te verdelen, zodat een groot aantal proeven met verschillend ingestelde omstandigheden tegelijk kan worden uitgevoerd. Experimenteertafels bieden de mogelijkheid detailproeven te nemen; bij het onderzoek kan men dus steeds de schaal waarop het wordt verricht, vergroten en verkleinen.

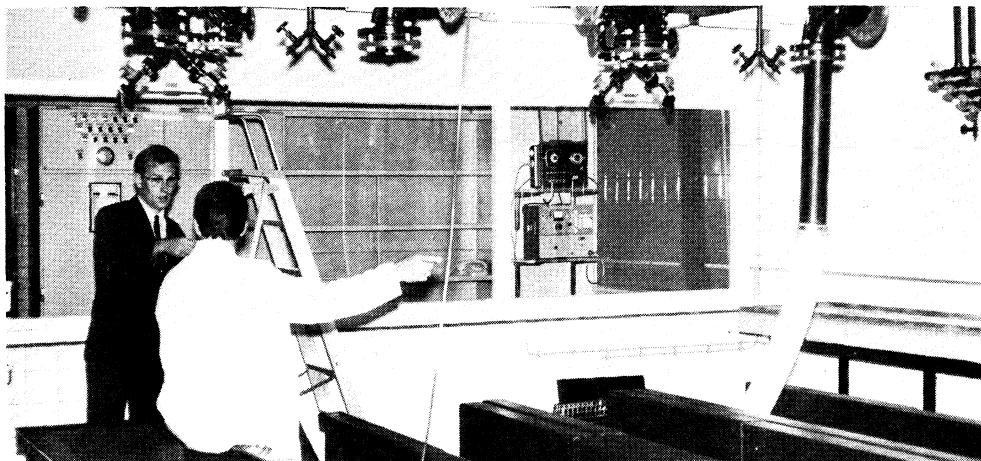
Er zijn in de aquariumruimte leidingen met aftappunten, met behulp waarvan naar verkiezing zout en zoet water van verschillende temperatuur door de goten kan worden geleid. Tevens kan het water naar behoefte worden belucht, en kan de belichting op het water worden gevarieerd. Zoutgehalte en zuurstofrijdheid van het water worden elektrisch gemeten en op registratie-apparaat vastgelegd; ook debiet- en temperatuurmetingen kunnen tijdens de proeven voortdurend worden aangetekend. De observatiecabine met het instrumentarium voor de verschillende metingen is door een glaswand van de eigenlijke aquariumruimte gescheiden. Naast deze natte afdeling bevat het laboratoriumgebouw afdelingen voor chemisch, zuiver biologisch en bacteriologisch onderzoek van water- en mosselmonsters, hetzij uit de experimentele opstellingen, hetzij van



- 1 De zandvang van het watercircuit in het mosselproefstation
- 2 De natte afdeling van het laboratorium; op de achtergrond de meetcabine, waarin de meeste apparatuur nog moet worden geplaatst

kweekpercelen op de Waddenzee. Het mosselproefstation onttrekt zout water aan het Marsdiep door middel van een pompinstallatie met een capaciteit van maximaal ongeveer 4000 m³ per uur. Het grootste deel van deze capaciteit is nodig voor de watervoorziening van de verwaterproeven op praktischschaal in de open lucht. Het opgepompte water, dat ter plaatse meer dan 20 x zo troebel zijn kan als dat van de Oosterschelde nabij Yerseke, komt allereerst in een zandvang terecht, een langwerpige betonnen trog, waarin het een plotselinge vertraging ondergaat, zodat het zand kan bezinken. Vervolgens vindt het zijn weg door een aantal slib-sedimentatiebassins, waarin het bijzonder langzaam stroomt, en een optimale helderheid verkrijgt. Achter de bezinkbassins liggen zes verwatergoten van 50 m lengte, 5 m breedte en 1 m diepte, drie aan drie gerangschikt naast een centrale transportgoot, waarin een transportband staat opgesteld voor de afvoer van de behandelde mosselen. Het zoute, verhelderde water kan met wisselende snelheid en op een gekozen hoogte door deze goten worden geleid. Met behulp van een rondpompinstallatie kan hetzelfde water aan het eind van de goten weer worden teruggevoerd naar de bezinkbassins, waar het weer van zijn inmiddels toegenomen hoeveelheid slib kan worden ontdaan, om een nieuwe rondgang te maken door de verwatergoten. In de observatiekamer van de meettechnicus, in het laboratoriumgebouw, worden troebelheid, zoutgehalte en temperatuur van het water bij het binnenkomen en op bepaalde punten tijdens de cirkelgang geregistreerd. Uiteindelijk afgewerkt water wordt door het binnengemaal weer naar zee teruggepompt.

Het is onder meer de bedoeling van deze proefopstelling om langs statistische weg vast te stellen bij welke watercondities, watersnelheid en verwateringsduur de beste schoning en houdbaarheid van de mossels kan worden verkregen in de verschillende seizoenen. Als men toe kan met een geringere stroomsnelheid en een kortere verwateringsduur dan thans in de Oosterschelde, kan de toekomstige definitieve verwaterplaats worden uitgerust met een naar evenredigheid beperkte installatie, wat de exploitatiekosten zou reduceren. Vaststelling van de voor de verwatering minimale noodzakelijke zoutgehaltes van het water zal mede aanwijzingen opleveren voor de keuze van een definitieve vestigingsplaats van het verwaterbedrijf. Naast de verwatergoten liggen op het terrein van het proefstation afzonderlijk een aantal watervoorraadbassins, waarin brak water voor de experimenten in grote hoeveelheden kan worden opgeslagen. Een schonerij en een verlezerij waar behandelde en in voorraad gehouden partijen mosselen van hun tarra kunnen worden ontdaan, maken dat het proefstation kan functioneren als een volledig mosselbehandelend bedrijf. Er zal in de beschreven goten en bassins een groot aantal proeven onder in elk opzicht wisselende omstandigheden moeten worden uitgevoerd voordat aanbevelingen kunnen worden gedaan voor de bedrijfsprocedures die de mosselbehandeling, zoals die thans in de Oosterschelde voorkomt, moeten gaan vervangen. Onder de deskundigen leeft de verwachting dat de minimum-eisen voor een goede verwatering een stuk lager zullen blijken dan men uit een analyse van het verwaterbedrijf in de Oosterschelde zou afleiden.



Wanneer deze verwachting wordt bewaarheid door de proefnemingen in het mosselproefstation kan na afloop van het proevenprogramma een voorstel worden opgemaakt voor een redelijk goedkoop werkend definitief verwaterbedrijf met kunstmatige aanvoer van zout water.

Tegelijkertijd zal het mosselproefstation gaan functioneren als informatiecentrum voor de verzameling en, waar dat gevraagd wordt, de verstrekking van gegevens over de cultuurtechnische aspecten van de mosselkweek. Er is, zoals gezegd, nog nauwelijks sprake van systematische kennis omtrent de rol die de verschillende factoren, zoals de fysische en chemische geaardheid van het water, de bodemsamenstelling, de ligging van een perceel ten opzichte van de wind, de getijstromen en de tijverschillen, spelen ten aanzien van het produkt. In nauw en voortdurend contact met de kwekers van het Waddengebied wil het proefstation, onder meer door statistische bewerking van de bedrijfsresultaten, trachten te komen tot bepaling van de relatieve betekenis van de verschillende factoren die groei en kwaliteit van de mosselen beheersen. Om waarnemingen te kunnen doen op de eigen proefpercelen en op die van de kwekers zal binnenkort een waarnemingsvaartuig in de vaart worden gebracht, met meetapparatuur voor het vaststellen van watersnelheden en -richtingen, bodemtransport, de continue registratie van zoutgehalte, temperatuur, troebelheid en zuurstofgehalte van het water, het nemen en analyseren van bodem- en watermonsters en wellicht ook van mosselmonsters. De grilligheid der stromen op het Waddengebied zal dit onderzoek zowel interessant als moeilijk maken. Op het

empirisch inzicht van de kwekers wordt van de zijde van het proefstation hoge prijs gesteld. Voor wat betreft de achtergrondinformatie aangaande het produktievermogen van de Waddenzee zal worden samengewerkt met het Nederlands Instituut voor het onderzoek der Zee.

De interpretatie van de waarnemingen hoopt men in gemeenschappelijke discussie te kunnen vaststellen. Pas daarna kunnen middelen worden beraamd om de semi-cultuur van de Waddenzee op een hoger en meer rentabiliteit belovend niveau te brengen. Het produkt van de Zeeuwse stromen was altijd gelijkmatiger en regelmatig leverbaar dan dat van het noorden. Ook dat moet worden gecompenseerd. Als al de genoemde samenwerkingsvormen overeenkomstig de verwachtingen verlopen, kan uit de nood die het proefstation deed ontstaan, nog veel goeds voor het mosselbedrijf voortkomen.

De voor de betrokkenen dringende vraag, waar een definitieve verwatergelegenheid uiteindelijk zal kunnen worden gevestigd, kan bij de huidige stand van het onderzoek nog niet worden beantwoord. Ongetwijfeld zal het bedrijfsleven de voorkeur geven aan een plaats op de vaste wal, met goede wegverbindingen vooral in zuidwaartse richting. Of die wens verwezenlijkt zal kunnen worden, is nog een open vraag, omdat men dan al meteen in de onmiddellijke omgeving van bevolkingscentra moet gaan zoeken, wat uit een planologisch oogpunt niet zonder meer verstandig kan worden geacht: bevolkingscentra brengen watervervuiling mee, en daar mag, bij een mosselverwaterplaats, geen sprake van zijn.

Na de stormramp van 1953 besloot de Nederlandse regering op advies van de Delta-commissie onder meer tot de bouw van een beweegbare stormvloedkering in de Hollandse IJssel. Voor Schielands Hoge Zeedijk, vanouds de hoogwaterkering aan de rechteroever van de Hollandse IJssel en de Nieuwe Maas, tussen Gouda en Schiedam, had dit besluit verstrekkende gevolgen: de hoogwaterkering werd erdoor verdeeld in twee waterkeringen van een volstrekt ongelijkwaardig karakter. Het bovenstrooms van de stormvloedkering gelegen gedeelte zou in het vervolg een secundaire dijk zijn, terwijl het gedeelte benedenstrooms van de kering als primaire hoogwaterkering zou moeten worden aangepast aan de normen waartoe de Delta-commissie had geadviseerd. Tot goed begrip van hetgeen in dit artikel, waarin de verbetering van zowel het boven- als het benedenstroomse deel wordt besproken, nog over de dijk zal worden gezegd, is het nodig te weten dat Schielands Hoge Zeedijk over vrijwel de gehele lengte met de onderkant ligt op ongeveer 12 meter beneden N.A.P., dat is 2 meter boven de harde zandlaag, die op N.A.P. – 14 meter wordt aangetroffen. Het dijklichaam drijft dus min of meer in het veenpakket waarop men eeuwen geleden begonnen is het aan te leggen.

Na de aantasting die de dijk bovenstrooms van de stormvloedkering had ondergaan bij de stormvloed van 1953 moesten er onmiddellijk herstelwerkzaamheden worden uitgevoerd. Dit op zichzelf was echter onvoldoende. De oude dijk bezat een zeer steil binnentalud, met hellingen van 1 op 2, waardoor de stabiliteit in gevaar werd gebracht. Ook liep over grote lengten langs de teen van het binnen-

talud, en te dicht ernaast, een dijksloot; geen wonder dat zich op vele plaatsen verzakkingen aftekenden.

Hoewel het bovenstroomse gedeelte een secundaire dijk was geworden, bleef de Delta-commissie hem aanduiden als 'zeer belangrijk'; dit wel met het oog op de dichte bevolking en het enorme economische potentieel dat door de dijk moest worden beschermd. Zou zich bovendien ooit nog eens het geval voordoen dat de bandijk van de Krimpenerwaard bezweek, dan zou de aanval van het water, in de rug van de stormvloedkering, toch nog door Schielands Hoge Zeedijk moeten worden weerstaan. Op grond van deze overwegingen is besloten dit dijkgedeelte overal tot het peil van N.A.P. + 4 m te verhogen.

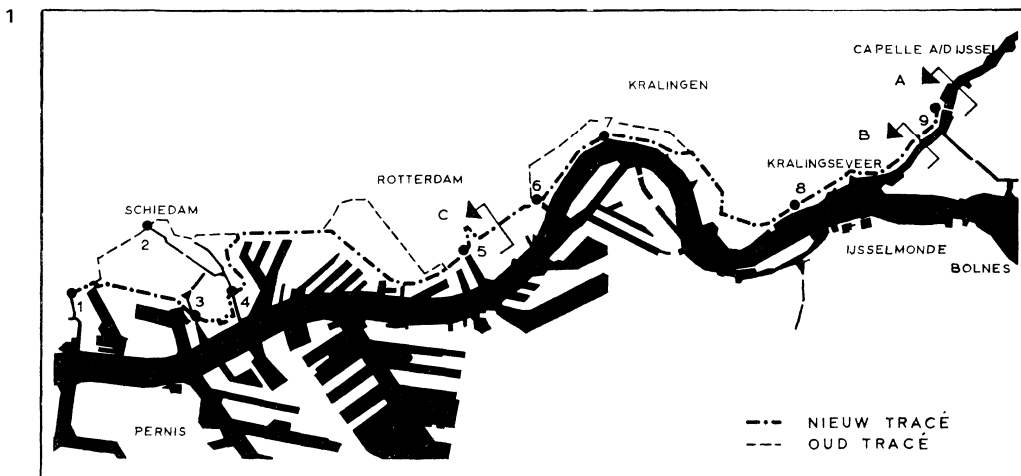
Om de stabiliteit van het binnentalud te ver-

Verloop van het dijktracé beneden de stormvloedkering

groten werd het noodzakelijk geacht een binnenberm in het profiel op te nemen op ongeveer N.A.P. + 1 m. De dijksloot werd overal teruggelegd tot minstens 2,50 m uit de teen van deze steunberm. Het binnentalud is bij de verhoging van de dijk kruin en de aanleg van de binnenberm overal minstens onder een helling van 1 : 2,5 gebracht. Al deze werken werden in de loop van de tijd als normaal onderhoudswerk uitgevoerd, onder de algemene aanduiding 'herstel van zwakke plekken'. Daarna volgde het werk aan de buitenberm; hier werd de hoogte van 1,30 m gebracht op N.A.P. + 2 m. Er werd een profiel gevormd dat goed bestand is tegen de haalgolven van snelvarende schepen met een groot motorvermogen.

Tussen de Julianasluis te Gouda en de beweegbare stormvloedkering te Capelle aan de IJssel voldoet de dijk – met uitzondering van een paar gedeelten in de kommen van de gemeenten Moordrecht en Capelle aan de IJssel – thans overal aan de gestelde eisen. Er zijn, door de aanwezigheid van oude kunstwerken, evenwel enkele minder sterke plekken in de waterkering blijven zitten. Met name de zeer oude Snellesluis, die de verbinding tot stand brengt tussen de Hollandse IJssel en de ringvaart van de Zuidplaspolder en de uitwateringssluits van diezelfde polder bij het bovengemaal 'Van Gennep' moeten als zodanig worden aangemerkt. Er is echter een nieuw gemaal voor de gecombineerde bemaling van Alexander- en Zuidplaspolder in aanbouw. Zodra dat gereed zal zijn, kan dus één van de zwakke plekken worden geëlimineerd. Voor de Snellesluis zal een andere oplossing gezocht moeten worden. Voor de verbetering van het gedeelte van

Schiels Hoge Zeedijk beneden de stormvloedkering te Capelle aan de IJssel, dat dus een primaire waterkerende functie heeft behouden, moest de vrijwel ononderbroken lintbebouwing langs de dijk worden gesloopt. Bij het vaststellen van het tracé van de nieuwe dijk is getracht de belangrijke industrieën aan de buitenzijde van de dijk zoveel mogelijk te sparen. Juridisch was er ten aanzien van de afbraak der gebouwen aan de binnenzijde van de dijk geen enkele moeilijkheid. Alle op de dijk aanwezige werken – waaronder ook huizen en andere gebouwen – stonden daar, of konden geacht worden aanwezig te zijn krachtens een vergunning van Schieland. Bij die vergunning gold steeds de bepaling dat wat men daar had neergezet op het ogenblik dat Dijkgraaf en Hoogheemraden zulks in het belang van de dijk nodig achtten, openblikkelijk en zonder enig recht op schadeloosstelling moest worden verwijderd. Toch zou de doorvoering van dat recht bittere gevoelens oproepen. Om niet een groot aantal particulieren de dupe te doen worden van de plannen van het Hoogheemraadschap is met goedkeuring van het Rijk een regeling ontworpen waarbij voor de eigendommen die moesten worden ontruimd een tegemoetkoming wordt verleend van 85% van de vergoeding die bij onteigeningen wordt gegeven. Voor deze regeling is in het algemeen waardering getoond. De moeilijkheden die met het amoveren van huizen gepaard gingen, lagen dan ook niet op dit gebied. Het grote struikelblok was, nu ook geschikte vervangende woonruimte te vinden voor de betreffende gezinnen. Hetzelfde gold ten aanzien van een aantal bedrijven binnen de dijk die door de dijkverbetering werden verjaagd.



In Rotterdam, waar dergelijke problemen een enorme omvang zouden kunnen aannemen, konden ze door een gelukkige omstandigheid grotendeels worden omzeild. Onmiddellijk na de oorlog was in Rotterdam namelijk een wederopbouwplan opgesteld waarin gebruik werd gemaakt van de opheffing van de afzonderlijke spoorlijn naar Gouda en dus van het Maasstation, om een brede Maasboulevard aan te leggen. Hoewel de Maasboulevard niet werd aangelegd ingevolge de Deltawet, doch als wederopbouwwerk, voldoet ze niettemin aan de Delta-eisen. Ze dekt het gedeelte van Schielands Hoge Zeedijk tussen het Drinkwaterleidingbedrijf en het zogenaamde Vasteland aan de mond van de Leuehaven. Formeel is de status van Schielands Hoge Zeedijk tussen deze punten niet veranderd; in de praktijk echter is de dijk een slaperdijk geworden. Overigens zal de Maasboulevard pas als primaire hoogwaterkering aanvaard worden als de geprojecteerde Willems- en Spoorwegtunnel onder de Nieuwe Maas gereed zullen zijn. Thans kruist de boulevard de twee bruggen, en ter plaatse van die kruisingen zijn voorzieningen getroffen om de boulevard te vrijwaren van 'gaten', zodat ze in wezen in staat is hoge vloed en te keren. De noordelijke havens Buizengat, Boerengat, Haringvliet, Wijnhaven en Leuehaven zijn door de aanleg van de Maasboulevard van de rivier afgesneden. Om ze toch toegankelijk te maken, zijn twee sluizen gebouwd: de Boerengat- en de Leuehavenkeersluis. Beide sluizen bestaan uit één hoofd waarin een dubbel stel stormvloeddeuren. Een bijzonderheid van de Leuehavensluis is, dat in de stormvloeddeuren schuiven zijn gemonteerd waardoor in geval van nood een blusboot tussen de deuren kan worden geschut. Aan het oostelijke uiteinde van de Maasboulevard is een spoelsluis gebouwd, dat wil zeggen een sluis van zodanige constructie dat de erdoor trekkende eb- en vloedstromen de achterliggende havens op natuurlijke wijze op diepte houden. De ligging van de sluis en van de bijkomende kunstwerken werd met het oog hierop in het Waterloopkundig Laboratorium door proeven bepaald. In de praktijk blijkt dat de sluis geheel aan de gestelde verwachtingen voldoet. Onmiddellijk ten westen van de Leuehavensluis kruist de waterkering de Metro. Ter plaatse van de kruising met de dijk is om de metrobuís een scherm aangebracht tegen onder- en achterloopshied. In de Metro zelf zijn twee segmentdeuren aangebracht, de zuidelijkste ongeveer ter

plaatse van de kruising met de dijk. De noordelijke deur ligt 200 m verder; tussen beide vindt men het station Leuehaven. De mogelijkheid om dit station af te sluiten is door Bescherming Bevolking aangegrepen om het in noodgevallen te gebruiken als schuilkelder. Van de mond van de Leuehaven westwaarts kon het bestaande tracé van de dijk worden gevolgd. Verbreding van het dijklichaam was hier mogelijk door het afbreken van de belendende bebouwing, waaronder Schielands eigen Gemeenlandshuis. Tot aan de Parksluizen kon over de gehele Westzeedijk hetzelfde dijkprofiel worden aangehouden. De dijk werd zover noordwaarts om de toegang van de Maastunnel heengelegd dat het verkeer de optredende hoogteverschillen met normale hellingen kan overwinnen. De Parksluizen, onmiddellijk ten westen van

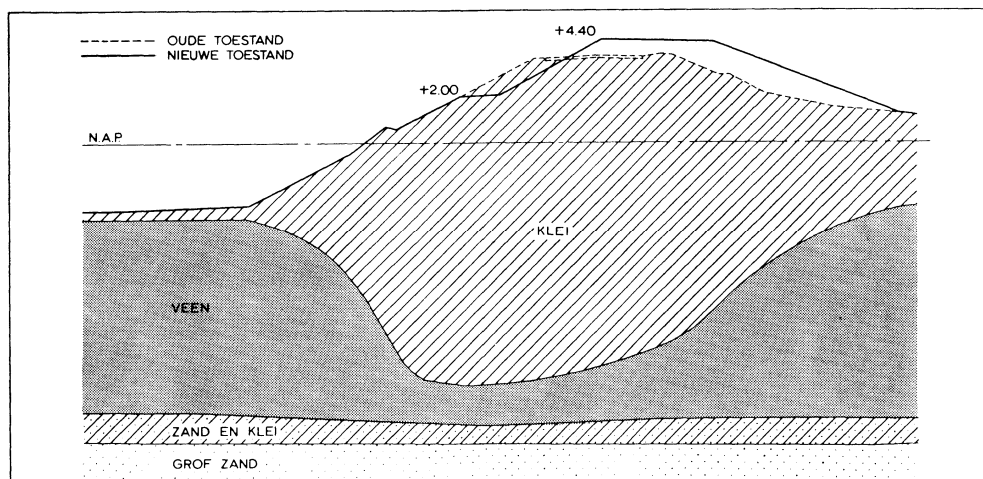
Het dijklichaam van klei 'drijft' in de veenlagen

de Maastunnel, bestaan uit twee schutkolken; de grote kolk wordt in binnen- en buitenhoofd afgesloten door roldeuren. De kleine kolk heeft segmentdeuren. Zowel de sluishoofden als de beweegbare keermiddelen konden tot het gewenste peil worden verhoogd. Het bleek evenwel moeilijk, buiten- en binnenhoofd langs de oostzijde van het sluisgebouw zodanig op de verlangde waterkerende hoogte te koppelen, dat ze beide waterkerend zouden zijn. De kolkmuuren van de in 1928 gebouwde Parksluizen zijn namelijk gebouwd op een niet gekoppelde fundering. Veertig jaar later vertonen zij dan ook een duidelijke neiging, om naar elkaar toe te komen, vooral aan de oostzijde. Vroeger was in verband met deze moeilijkheid de oostelijke begrenzing van het sluiscomplex al eens verlaagd. Toen ter gelegenheid van de dijkverbetering een

grondmechanisch onderzoek werd ingesteld, bleek het mogelijk door een systeem van verticale drainage zoveel druk van de kolkmuur weg te nemen, dat de oostelijke begrenzing weer kon worden opgetrokken tot de thans vereiste waterkerende hoogte. Aan de westzijde van de sluis bleek de ruimte tussen het sluisgebouw en de bebouwing op belendende percelen niet toereikend om buiten- en binnenhoofd met behulp van een volledig grondlichaam op voldoende hoogte waterkerend te koppelen. Het buitentalud van de dijk werd daarom op deze plaats vervangen door een stalen damwand. Westwaarts van de Parksluizen volgt de nieuwe dijk het oude tracé nagenoeg, tot aan de Kapelstraat. Vanaf dat punt wordt de bestaande hoogwaterkering gevormd door een aantal stadsstraten, met name de Kapelstraat,

dijkhoogte ter plaatse, nl. op N.A.P. + 4,77 m, en dat onder de vloeren één doorlopend zandlichaam ligt, opgesloten tussen keermuren. In overleg met de Nederlandse Spoorwegen is besloten, het tracé van de dijk dus door de loodsen heen te laten lopen. Om de veiligheid tegen uitspoelen van het zand aan de buitenzijde te verhogen, is over de volle lengte een waterkerend damwandscherm aangebracht tot een diepte van N.A.P. + 1 m.

De Ruigeplaatsluis, de volgende hindernis die de waterkering moest nemen, was een oude sluis, met een betwifelbare stabiliteit. De beste oplossing bleek, de sluis op te ruimen en door een dam te vervangen. De erachter gelegen binnenhavens, de Middenkous, de Voorhaven en de Achterhaven, moesten dan echter een nieuwe toegang

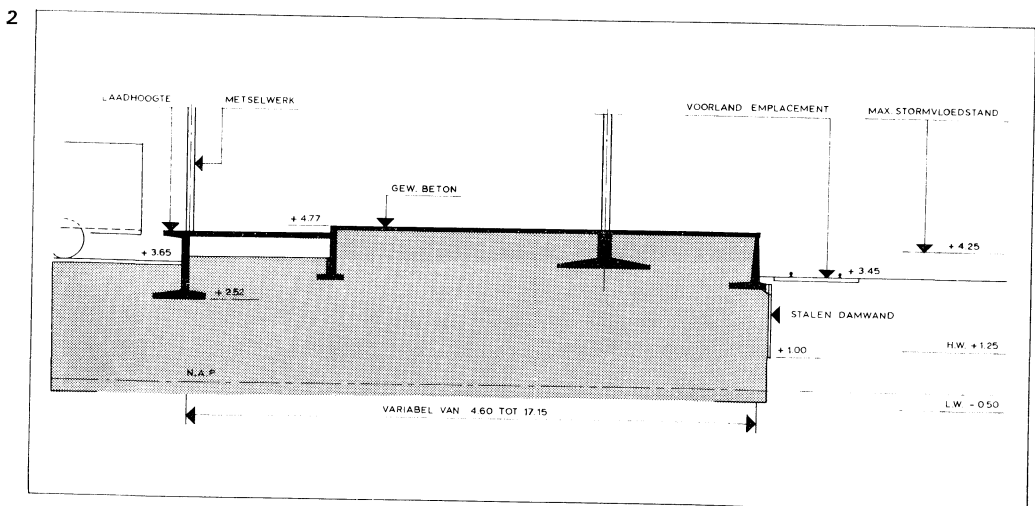
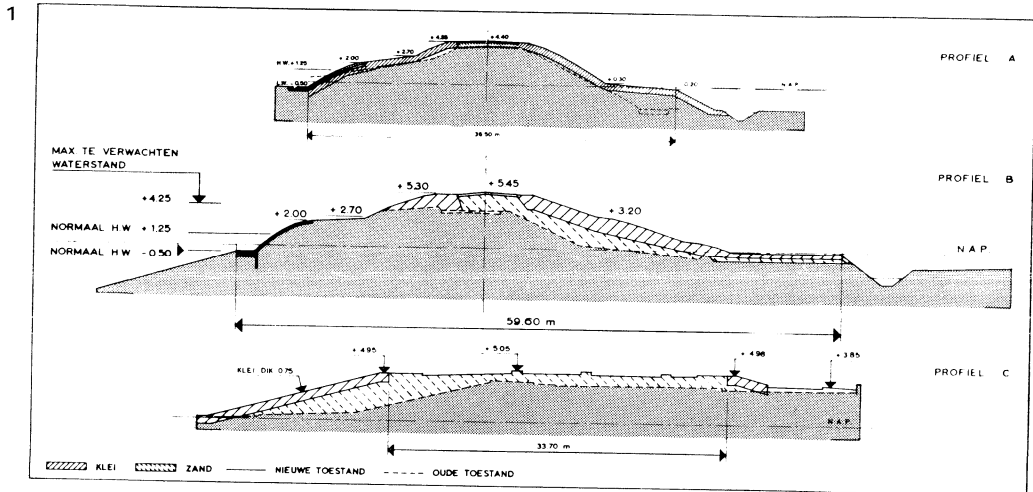


de Pieter de Hoochstraat, het Heiman Dul-laertplein, de Havenstraat, de Aelbrechtskolk en de Mathenesserdijk tot aan het Marconiplein. Verhoging van dit dijkgedeelte bleek onmogelijk. Wel kon een nieuw tracé worden gevonden, dat van de Kapelstraat verder de Westzeedijk zou volgen, de Ruigeplaatsluis kruisen en vervolgens langs de Hudsonstraat tot het Marconiplein lopen. Maar ook hier deden zich problemen voor. Van een normale verhoging van de Westzeedijk kon geen sprake zijn, omdat dat de goederenloodsen van Van Gend en Loos, die erlangs liggen, onbruikbaar zou maken. Aan de zuidzijde van de loodsen bestond echter evenmin een mogelijkheid het dijktracé door te trekken. Er is toen gebruik gemaakt van de omstandigheid dat de vloeren van de loodsen in kwestie iets hoger liggen dan de vereiste

krijgen tot het ruime water. De oude verbinding van deze havens met de Schie, via de Aelbrechtssluis, was reeds eerder verloren gegaan. Er werd dus een nieuwe keersluis in het bestaande tracé van Schielands Hoge Zeedijk gebouwd, die de verbinding tot stand brengt tussen de Cool- en de Achterhaven. In de nieuwe keersluis komt maar één stel deuren voor, aangezien de tegenwoordige waterkering secundair wordt zodra het tracé van de nieuwe dijk waterkerend zal zijn. Een technische bijzonderheid van deze keersluis is, dat de deuren aan de onderzijde de aanslag missen waarmee men doorgaans het lekken bij de dorpel tegengaat. Een speciale constructie, waarbij gebruik wordt gemaakt van het verschil in waterdruk aan weerszijden van de deur, zorgt hier voor een waterdichte afsluiting.

- 1 Profiel van de dijk
 - a boven de stormvloedkering
 - b beneden de stormvloedkering
 - c ter plaatse van de Westzeedijk
- 2 Profiel van de waterkering in de loodsen van Van Gend en Loos

Over de Ruigeplaatsluis liep bovendien een spoorbrug die de verbinding vormde tussen het emplacement bij de loodsen van Van Gend en Loos en het grote emplacement aan de Hudsonstraat. Omdat verhoging van spoorwegemplacements kostbaar is, werden deze terreinen met de verbinding ertussen op het bestaande niveau gehandhaafd. Daardoor kwam de dijk hier in de engte, en moest een deel van het buitentalud worden vervangen door een stalen damwand. Bij het emplacement aan de Hudsonstraat is één spoor opgeheven, waardoor voldoende ruimte werd verkregen om het dijkprofiel uit te voeren. Aan het westelijk einde van de Hudsonstraat sluit het nieuwe tracé weer aan op het oude. Van daar tot aan de gemeentegrens met Schiedam deden zich geen vermeldenswaardige moeilijkheden meer voor. De gemeente



Rotterdam, die dijkplichtig is ten aanzien van Schieland, heeft de werken op haar gebied voorbereid en uitgevoerd.

In Schiedam loopt Schielands Hoge Zeedijk dwars door de stad tot aan de voormalige Vlaardingerpoort, waar hij aansluit op Delflands Waterkering. Reeds in 1916, na de stormvloed van dat jaar, had het gemeentebestuur van Schiedam, dat evenals Rotterdam ten aanzien van het Hoogheemraadschap Schieland dijkplichtig is, bevel gekregen de dijk te verhogen. Het gemeentebestuur zag toen al geen kans de druk bebouwde dijk te verbeteren, want dat zou massale afbraak van stadsbebouwing hebben betekend. Het bestuur van Schieland heeft het bevel tot ophoging van de bestaande dijk toen willen opschorten op voorwaarde dat Schiedam een omringdijk aan zou leggen die de te verhogen dijk zou dekken. De officiële dijk fungeert sindsdien in Schiedam als slaperdijk.

Na 1953 gelden nog steeds dezelfde bezwaren. Voor verhoging kwam praktisch alleen de omringdijk in aanmerking. Daarin bevonden zich twee zeer oude kunstwerken, een schutsluis in de Voorhaven en een spuisluis ten westen ervan. Vooral deze spuisluis verkeerde in zo'n slechte toestand, dat onmiddellijk in 1953 werd begonnen aan de vervanging ervan. De werken in dit gebied zijn langdurig opgehouden doordat een gedeelte van het tracé van de omringdijk moest worden verlegd langs de westzijde van de Voorhaven, ten gevolge waarvan enkele industriecomplexen moesten worden verwijderd. Het duurde vrij lang voor met alle instanties overeenstemming was bereikt, maar de Rijkswaterstaat heeft thans het ontwerp van de nieuw te bouwen schutsluis in de Voorhaven ter hand genomen.

Binnen het dijksgebied waarvoor het Hoogheemraadschap Schieland de verantwoording draagt, valt ook een betrekkelijk scherpe bocht in de Nieuwe Maas ter hoogte van de tegenwoordige Brienenoordbrug, die bekend staat als de bocht van de Esch. Na de bouw van de Brienenoordbrug, waarvan het beweegbare gedeelte nogal dicht onder de noordoever ligt, werd de behoefte aan verbetering van deze bocht zo groot, dat de Rijkswaterstaat verzocht bij het verzwaren van de dijk rekening te houden met een bochtverbetering, en een nieuw dijkgedeelte te ontwerpen ten westen van de brug. Met het oog op het belang van de dijken zelf, en ook om een toekomstige verbetering van de oostelijke toegang naar de doorvaartopening in de brug niet bij voorbaat onmogelijk te maken, werd besloten voor het traject

Brienenoordbrug–Kralingse Veer eveneens een nieuwe dijk te ontwerpen. De plannen voor dit dijkgedeelte liggen thans in bestek gereed. Het profiel van de dijk zal hier gelijk zijn aan dat in het traject tussen de stormvloedkering en de Maasboulevard.

Aan de binnenzijde wordt de dijk verzwaaard met een strook van 10 m breed waarin kabels en buizen van de gemeente Rotterdam worden ondergebracht, zolang het terrein achter de dijk niet door de gemeente zal zijn opgespoten tot kruinhoogte.

Wat de tweede waterkeringen betreft kan het volgende worden opgemerkt. Tussen de stormvloedkering te Capelle aan de IJssel en de Maasboulevard kan een 300 meter brede terreinstrook die in de polder Kralingen tot minstens N.A.P. + 4 m wordt opgespoten, tot tweede waterkering worden bestemd. In het oostelijke deel van Rotterdam wordt Schielands Hoge Zeedijk gedekt door de Maasboulevard, en is dus zelf tweede waterkering.

Van de Leuvehaven tot aan de Kapelstraat ontbreekt een tweede kering. Langs dit gedeelte van de dijk ligt echter een zeer breed en hoog voorland, terwijl de waterkerende strook waarin het dijklichaam zich bevindt zo breed is dat de behoefte aan een tweede waterkering niet wordt gevoeld. Tussen Kapelstraat en Marconiplein wordt de bestaande Zeedijk door het nieuwe tracé tot tweede waterkering gemaakt. Van het gedeelte tussen het Marconiplein en de gemeentegrens met Schiedam kan hetzelfde gezegd worden als van het traject Leuvehaven-Kapelstraat: een breed en hooggelegen voorterrein geeft ook hier, in combinatie met een zeer brede waterkerende strook, voldoende veiligheid; evenveel als een hoogwaterkering met een slaperdijk. In de gemeente Schiedam fungeert Schielands Hoge Zeedijk zelf weer als slaper, aangezien de omringdijk van 1916 wordt opgehoogd tot nieuwe primaire zeewering.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput en beëindiging van de stortbedden

Het baggerwerk aan de belopen van de damgedeelten achter het zuidelijke landhoofd van de uitwateringssluizen is beëindigd. Er kwam 163 000 m³ zand vrij, dat in het Haringvliet werd geklapt. Ook het aanbrengen van de bezinking kwam gereed. Het afstorten van zinkstukken vond normaal voortgang. Aan de zeezijde werden de nog resterende tetraëders geplaatst. Aan de rivierzijde kon, na het aanbrengen van de kraagstukken, worden begonnen met het maken van de taludverdediging tot N.A.P. + 5,10 m, bestaande uit een laag grof grind afgedekt met een laag stortsteen. Verwerkt werden 31 400 m² zinkstuk, 54 800 ton stortsteen en 16 861 ton grof grind.

Aanleg van de buitenhaven

Het baggerwerk in de buitenhaven werd voortgezet. De uitkomende specie tot een hoeveelheid van 150 000 m³ werd geklapt in het Haringvliet. Met

een drijvende kraan werden de onderwaterbelopen geprofileerd, waarna ze werden bekleed met kraagstukken. Op de havendam werd de asfaltbekleding voltooid. Het zetten van glooiingen en het aanbrengen van kleibekledingen werd voortgezet. Aan de rivierzijde werd de teenconstructie van houten damwand geplaatst en de asfaltslab aangebracht. Verwerkt werden 4000 ton gietasfalt, 11 000 ton asfaltbeton, 30 000 m³ klei, 5000 m² kraagstuk en 18 000 ton stortsteen.

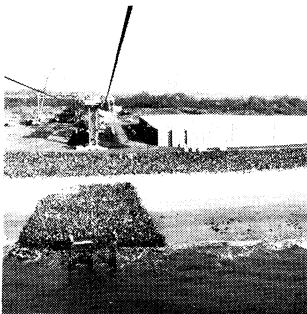
Kabelbaan over het Rak van Scheelhoek

In de verslagperiode kwam de staalconstructie van de kabelbaan gereed en werden de kabels op de bedrijfsspanning

van 300 ton per stuk gebracht. De meeste gondels, evenals alle inmiddels aangevoerde stortbalken, werden bedrijfsklaar gemaakt. De stalen steigerwerken met de instapbordessen kwamen op beide oevers gereed. Ook is op het strand van Voorne een onderkomen gemaakt voor de richtlichten-installatie. De installatie zelf, die zal worden gebruikt voor de bepaling van de stortplaatsen, werd gedeeltelijk gemonteerd. In deze periode is ook een aantal proeven uitgevoerd betrekking hebbende op de dynamische en statische belastingen van gondels en kabelbaan en de capaciteit van de kabelbaan; hiervoor werden ongeveer 700 blokken afgeworpen in het sluitgat.

Vervaardigen van betonblokken voor de sluiting van het Rak van Scheelhoek

Op de werkerreinen in Oosterhout en Hellevoetsluis waren aan het einde van 1969 in totaal 62 735 blokken gemaakt, waarvan er 58 500 afgeleverd en gestapeld werden in de depots op het Voornse plateau. In Stellendam werden 61 900 blokken gemaakt, waarvan er 60 260 in depot zijn afgeleverd en gestapeld.



Opslag van betonblokken op het Voornse plateau

Volkerak

De afsluitdam in het Volkerak en de uitbreiding van het Hellegatsplein

Het aantal cutterzuigers voor de zandwinning in het Volkerak werd in deze periode nog verder teruggebracht: thans werkt er nog maar één aan de opbouw van het zandlichaam van de dam, en wel ter plaatse van de inloop van het voormalige Hellegat, aan de noordzijde van de dam. Aan de zuidzijde van de dam is het onderbeloop van het talud tot N.A.P. + 2,75 m voltooid. Het beloop hier is opgebouwd uit grof grind en zware vlijsteen 80/200 kg. Ook de teenvoorziening van dit talud, die bestaat uit 2 meter lange grenen planken, onderling verbonden door een gording, is gereedgekomen. Daarna werd de berm op N.A.P. + 2,75 m gereed gemaakt voor afwerking met gietasfalt. De asfaltspreidmachine heeft wel een begin gemaakt met de penetratie van deze berm met asfalt, maar door de vroeg invallende vorst moest dit werk worden gestaakt. Wel kwam men aan de zuidzijde van het Hellegatsplein gereed met de opbouw van de daar geprojecteerde betonglooiing met teenvoorziening, en met de aanleg van een kreukelberm. Boven N.A.P. + 6 m, waar het asfaltbeloop eindigt, werd reeds een begin gemaakt met de kleibekleding. Aan de noordzijde van de dam is het beloop van zandasfalt afgedekt met grind, en werd begonnen met het aanbrengen van een bekleding van steen 80/200 kg. Aan de noordwestzijde van het Hellegatsplein werd een begin gemaakt met de teenvoorziening voor de daar aan te leggen asfaltglooiing. Ook wordt gewerkt aan de grondlichamen voor de toekomstige rijbanen over het plein. Het zinkwerk aan weerszijden van de dam werd nagestort met zware stortsteen.

Deurenbergplaats met loswal en uitzichtplateau nabij het sluizencomplex

Het stalen gedeelte van de bovenbouw van de deurenbergplaats werd in de verslagperiode gemonteerd. Thans is men bezig in de staalconstructie een wand te metselen, terwijl binnenkort een begin kan worden gemaakt met het aanbrengen van beplating aan de buitenzijde. Het betonwerk van het uitzichtplateau is voltooid. Met de afwerking wordt een begin gemaakt.

Uitbreiding van de wachtplaatsen in de voorhavens

De werkzaamheden zijn op enig verwerk na gereed.

Brouwershavensche Gat

Werk- en opslagterrein Schouwen

Het laatste gedeelte van de terreinverharding met zandcementstabilisatie kon nog niet worden aangebracht wegens de daarvoor te ongunstige weersomstandigheden.

Werk- en opslagterrein Middelplaat

Hier kwam de verharding van het opslagterrein geheel gereed. Om het terrein goed te kunnen bereiken werden twee opritten aangelegd; de rijwegen op het terrein werden voorzien van een deklaag van open asfaltbeton.

Werkweg tussen Schelphoek en West-Repart

Deze werkweg, waarlangs de materialen zullen worden aangevoerd voor het maken van betonblokken ten behoeve van de sluiting, kwam gereed. De weg is nog niet toegankelijk voor openbaar verkeer; later zal hij een deel vormen van de doorgaande weg over de afsluitdammen, de Dammenweg.

In de werkhaven Schelphoek werden voor de overslag van vorenbedoelde materialen twee extra loswallen aangelegd.

Fundering van de kabelbaan

Alle gewapend betonnen jukken ter ondersteuning van de stalen bovenbouw en het garagespoor van de kabelbaan op Schouwen werden gesteld en aangespannen aan de sloven. De loopborden werden langs de jukken gemonteerd. Als laatste werden de betonconstructies van de draaischijffundering en van het contragewicht gestort. De verkeerstunnel in de omgelegde Rampweg kwam definitief gereed. Het gehele werk is op 29 december voor de eerste maal opgeleverd. In totaal zijn 5000 m³ beton en 700 ton wape-ningstaal verwerkt.

Damvak Springersdiep

In de verslagperiode, waarin veel wind voorkwam, ontstonden bij dit werk stagnaties door golven. Toch kwam het winnen en persen van zand voor het damlichaam gereed. Er resten nog enige profileerwerkzaamheden.

Op 9 oktober werd de cutterzuiger 'H.A.M. 207' afgevoerd, terwijl de profielzuiger 'Edax' tot eind oktober zand in de dam perste. In beide havens aan de kop werd zand gewonnen door de cutterzuiger 'Linquenda II' welke zuiger juist voor de kerstdagen kon worden afgevoerd. De taluds langs de kop van het damvak ter plaatse van de filterconstructie en beide havens werden gebaggerd met de baggermolens 'Holland XI' en 'Hercules' met een emmerinhoud van respectievelijk 420 l en 750 l. De bodem van de binnenhaven werd gedeeltelijk dieper uitgegraven, tot N.A.P. - 9,00 m, voor het eventueel in deze haven parkeren van doorlaatcaissons tijdens de sluiting. In de verslagperiode werd 375 000 m³ zand in het werk gebracht. In totaal is 3 400 000 m³ zand in de dam verwerkt. Begonnen werd met het stuifvrij maken van het zandlichaam door

het plaatsen van rijsschermen, het ineggen van stro en het poten van helmgras. Het verwerken van mijnsteen in kaden, onder de glooiingen en in terreinafdekkingen is voltooid. De verwerkte mijnsteen werd zoveel mogelijk uit de directe aanvoer betrokken; zo nodig werd mijnsteen ontleend aan net in het water aangelegde depot in de werkhaven Kabbelaarsbank. In totaal werd dit jaar 240 000 ton mijnsteen aangevoerd, waarvan 200 000 ton is verwerkt en de rest in depot is opgeslagen.

Begonnen is met het aanbrengen van klei op de binnenberm. Voortgegaan werd met het aanbrengen van klassieke zinkstukken ter verdediging van het onderwaterbeloop langs de kop van het damvak. Tevens werden langs de binnenzijde van de dam kraagstukken aangebracht. Het zinken kwam juist voor de kerstdagen gereed.

Het aanbrengen van zware steen als nabestorting alsmede de opbouw van de buitenhavendam met zware en zeer zware stortsteen kon niet meer voor de jaarwisseling worden voltooid. Dit werk zal in het volgende kwartaal worden voortgezet. Wel kwam de binnenhavendam gereed, die is opgebouwd uit een kern van mijnsteen met een afdekking van stortsteen 60/300 kg.

De aanleg van de filterconstructie als eerste aanzet van de drempelconstructie in het sluitgat de Kous is nog niet gereed. Op de reeds eenmaal geprofileerde bodem vond aanzanding plaats, die nog verwijderd moet worden. In de verslagperiode kwamen gereed: de glooiing van stortsteen gepenetreerd met gietasfalt, de asfaltbetonbekleding en de glooiing van koperslakblokken.

Met het aanbrengen van 11 cm dikke koperslakblokken op het talud langs de binnenzijde van de dam wordt voortgegaan. Het terreingedeelte nabij het landhoofd, bestemd voor opslag van materialen ten behoeve van de caissonsluiting, werd verhard met zand-cementstabilisatie. Op het landhoofd zelf werd een 10 cm dikke laag grindasfaltbeton aangebracht.

In de binnenhaven werden hardhouten proppen en een lichtopstand geheid en afgetimmerd. Aan de inrichting van beide havens ontbreken nu nog de drijvende steiger in de binnenhaven en de vaste houten steiger voor het meren van vletten in de buitenhaven. Een eenheidscaisson, die tijdelijk als loswal had dienst gedaan, werd drijvende afgevoerd naar de werkhaven Kabbelaarsbank.

Bouw van de doorlaatcaissons

Door het gunstige weer in de nazomer kon de aannemer de werkzaamheden in verhoogd tempo uitvoeren, waardoor een voorsprong op het tijdschema is ontstaan.

Van alle 12 doorlaatcaissons is nu de onderbak – het tweede stort – gereed. Van 11 caissons zijn de kolommen en van 7 caissons de kopwanden klaar, die tezamen het derde stort vormen. Het vierde stort – de bovenregels van de spanten – is van 10 caissons gereed, en van 3 caissons is de ballastbak klaar. Van alle caissons zijn de diagonaalverbanden en de schuifgeleidingen gesteld en bij 5 caissons kwam men gereed met het aanbrengen van afsluiters en loopbordessen. Begonnen werd met het samenstellen van de drijfschotten, waarvan er inmiddels 90 gereed zijn. Het werk aan de landhoofdcaissons is weer op gang gekomen, en is thans ongeveer voor de helft gereed.

Oosterschelde

De oeververdediging van Noord-Beveland

In de verslagperiode kwamen de bestortingswerkzaamheden van de onderwaterbelopen langs de oever van Noord-Beveland gereed. Het benodigde grind werd uit een depot in de werkhaven Sophia-polder aangevoerd. In de jaren 1968 en 1969 zijn op een zestal zwakke plaatsen van deze oever de volgende materialen en hoeveelheden verwerkt:

165 000 ton zeegrind, 310 000 ton grof grind en 131 000 ton fosforlakken.

Het werkeiland Roggenplaat

Eind december kwam het zandbedrijf gereed. In totaal werd ruim 3,5 miljoen m³ zand in het werk geperst. Voortgegaan werd met het aanbrengen van de kraagstukken rondom het eiland. In deze periode werd 20 000 m² kraagstuk gezonken en met 14 000 ton stortsteen afgestort. In de mijnsteenperskade boven N.A.P. werd voorts ca. 95 000 ton mijnsteen verwerkt. De glooiing van betonblokken, die reikte vanaf de op N.A.P.-hoogte geplaatste damwand tot een hoogte van N.A.P. + 3 m, kwam eind december nagenoeg gereed.

Aan de westpunt van het eiland moet nu nog 150 meter van het talud met koperslakzuilen verdedigd worden tot een hoogte van N.A.P. + 3 m; daarboven moet dan nog een asfaltbetonbekleding worden aangebracht. Op het buitenbeloop, de berm en het binnenbeloop van de ringdijk werd in de verslagperiode 21 000 ton asfaltbeton aangebracht.

De schermdam rondom de haven aan de oostzijde van het eiland, die werd opgebouwd met stortsteen 10/300 kg, kwam gereed. In totaal werd in deze dam 130 000 ton stortsteen opgeslagen.

De mijnsteen boven N.A.P. bleek de golfaanval in november niet goed te doorstaan. Enkele proeven met een zeer schraal zand-asfalt ter vervanging van de mijnsteen gaven een gunstig resultaat te zien. Voor tijdelijk werk bleek dit materiaal, dat wordt samengesteld uit 97 gewichtsprocenten zand en 2 à 3 gewichtsprocenten asfalt-bitumen, redelijk tegen golfaanval bestand te zijn. De aannemer besloot het zandtalud aan de westpunt voor de stilligperiode van 2 weken, van Kerst tot Nieuwjaar, met een 30 cm dikke laag zandasfalt te consolideren.

Om het werk vóór deze periode in een redelijk veilig stadium te krijgen werd in december, voor

wat betreft het zandpersen, het plaatsen van de damwand en het zetten van de betonblokken, overgeschakeld op een dag- en nachtbedrijf.

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

Stand van de dijkverzwaringen

In het Driemaandelijks Bericht nr. 18 (november 1961) werd verslag uitgebracht over de voortgang van de dijkversterkingen langs de Westerschelde. Tevens werd daarbij informatie gegeven over de wijze van uitvoering van de verbeteringswerken en de volgorde waarin zij zouden worden uitgevoerd. Volgens het door het provinciaal bestuur van Zeeland in overleg met de directie Zeeland van de Rijks-waterstaat opgestelde urgentieschema dient tot en met 1978 165 km dijk te worden verzwakt. Daarvan is tot nu toe 55 km gereed gekomen. In de periode 1961-1969 is de versterking tot stand gekomen van een aantal dijkvakken met een totale lengte van 43 km. In Zeeuwsch-Vlaanderen werden verzwakt: een gedeelte van de waterkering nabij Breskens (2,6 km), nabij Terneuzen (10,3 km), voor de Hellegatpolder (1,4 km) en nabij Ossenis (5,2 km), de waterkering rondom de veerhaven Perkpolder (2 km) en een dijkvak bij Walsoorden (0,5 km); op Walcheren werd een kustvakje verbeterd zuidelijk van Westkapelle (0,6 km), alsook de waterkering rondom de buitenhaven van Vlissingen (3,7 km) en de dijken rond de zeehaven Vlissingen-Oost (bijna 6 km). Op Zuid-Beveland tenslotte werd in deze periode een 5 km lang dijkvak versterkt ten westen van Borssele, een 3,5 km lang dijkvak nabij Hoedekenskerke en een 2,2 km lang dijkvak nabij Waarde.

In uitvoering zijn thans in Zeeuwsch-Vlaanderen de verbetering van een 2,6 km lang dijkvak langs de Hoofdplaatpolder oostelijk van Breskens

en een 2 km lang dijkvak langs de Margarethapolder oostelijk van Terneuzen.

Voorts wordt op Zuid-Beveland een 2,3 km lang gedeelte van de nieuwe dijk over de schorren van Ossendrecht langs het tracé van de Schelde-Rijnverbinding aangelegd. De gehele lengte van deze dijk zal 4 km bedragen.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

De lozingsluis op Texel

De werkzaamheden aan de lozingsluis bij het gemaal de Schans, even ten zuiden van Oude Schildt aan de oostkust van Texel, zijn in de verslagperiode voortgezet en vrijwel voltooid.

De tijdelijke waterkering en de stroomhoofden konden worden voltooid, evenals de met gietasfalt gepenetreerde bezinking, de beschoeiingen en de bodembekleding van de maalkom. Het betonwerk van de sluis is op de bovenbouw van de kleppenschachten na geheel gereed. Vanaf december 1969 is de sluis in gebruik.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Het dijkvak ter plaatse van het sluitgat is vrijwel geheel gereed. Aan de Waddenzeezijde zijn de bekledingen van koperslabblokken op mijnsteen en de kraag-

stukken voltooid en is de asfaltverdediging over de gehele lengte tot de voorgeschreven hoogte van N.A.P. + 6,50 m aangebracht.

De binnentaluds zijn over de gehele lengte bekleed en de kraagstukken alle geplaatst. Met het maken van de doorgaande weg over de binnenberm is een aanvang gemaakt. De fundering van grindasfaltbeton is vrijwel over de gehele lengte klaar.

Het maken van de aansluitende weg van het Banthuis naar de Hoek van de Bant – een gedeelte van de provinciale weg van Dokkum naar Lauwersoog – vordert goed. Het zandlichaam is gereed.

Op de drooggevalen gronden zijn voorbereidende werkzaamheden begonnen.

De voorbereidingen voor diverse werken in en om de Lauwerszee vinden doorgang.

De ontziltzing van het boezemmeer vordert goed. Bij de eerste vorst lag daardoor het gehele meer op enkele wakken na dichtgevroren.

In verband met het te verwachten dichtvriezen van het boezemmeer is de veerdienst op Schiermonnikoog op 15 december verplaatst van Oostmahorn naar Lauwersoog. Ook hebben reeds een aantal vissersschepen daar een ligplaats in de nog niet voltooide haven gevonden.

Asfalteringswerkzaamheden op de binnenberm van de Lauwerszeedijk. Op de achtergrond de uitwateringssluizen



Verantwoording van de foto's

Hofmeester 3 11 18 52

Mosselproofstation R.I.V.O. 37 38 42 44 45

Rijkswaterstaat 5

De Vries 55

Westfälische Berggewerkschaftskasse 13 14

A. De werken van het Deltaplan

Dynamisch gedrag van de kabelbaan over
het Rak van Scheelhoek 59

De waterbeweging in het Deltagebied
benoorden de Volkerakdam na de afsluiting
van het Haringvliet 67

Uitbreiding van het damvak op de
Kabbelaarsbank en bodembescherming in
het sluitgat Kous 76

Veranderingen in de bodemfiguratie langs
de kust 82

Onderzoek naar de wrijvingscoëfficiënt tussen
zinkstuk en ondergrond 87

Het secundaire wegenstelsel op en rondom
de Haringvlietdam 90

**C. De werken ten noorden van Hoek van
Holland**

Verbetering van de Pettemer Zeewering 93

**D. De werken tot indijking van de Lauwers-
zee**

De verzameling en bewerking van meet-
gegevens bij de sluiting van de Lauwers-
zeedijk 99

Vorderingen 104



A. De werken van het Deltaplan

Van de kabelbaan waarmee in de maanden maart en april van dit jaar een beteugelingsdam is opgebouwd in het Rak van Scheelhoek, werden met zeer hoge frequentie tamelijk zware lasten in het sluitgat afgeworpen: gemiddeld elke 1½ à 2 minuten liet een gondel binnen 7 seconden 10 ton stortmateriaal vallen, in blokken van 2,5 ton. De kabel met de daaraan hangende gondels ondervonden van het afwerpen natuurlijk telkens opslingeringseffecten en men diende die vooraf zo goed mogelijk te kennen.

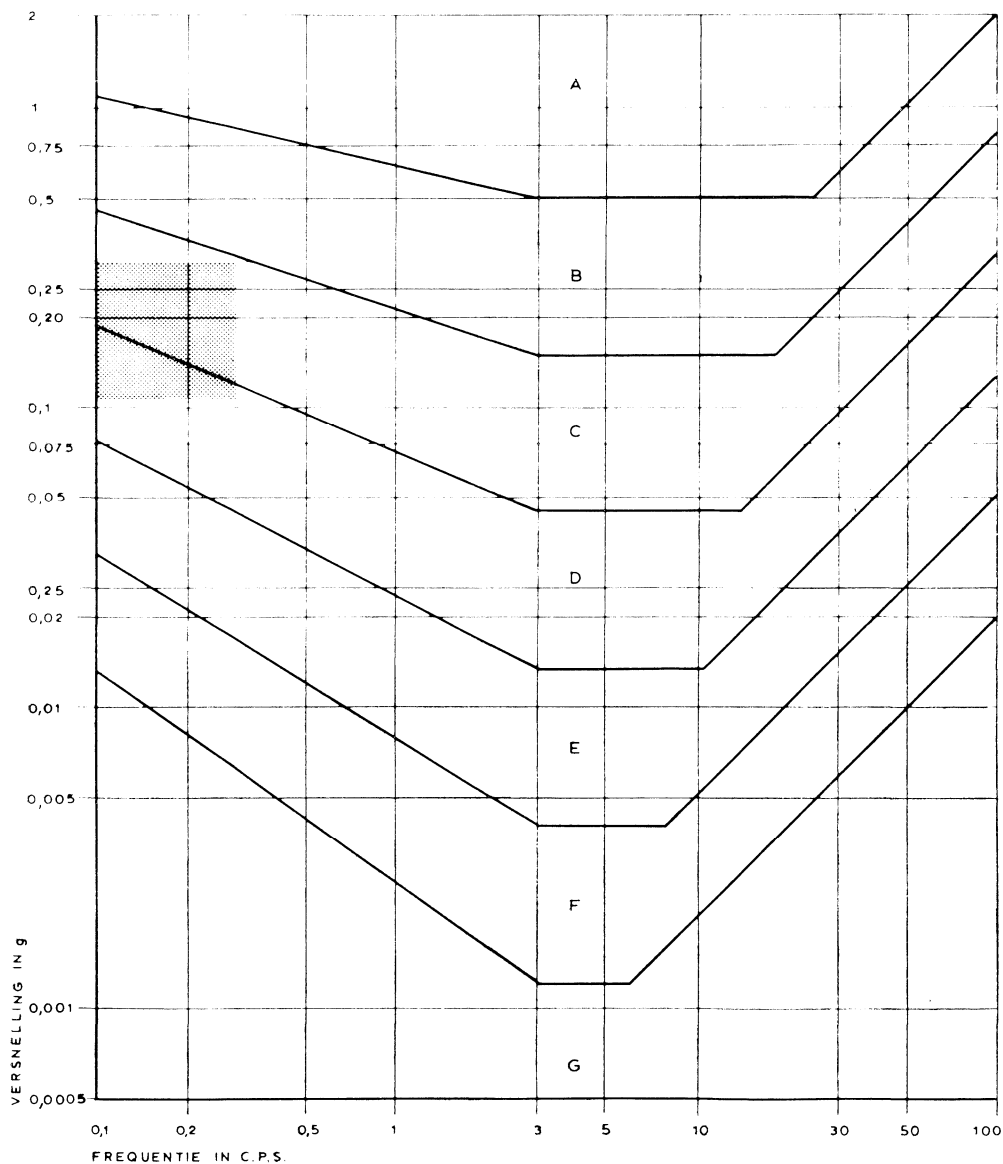
In het vorige Bericht, p. 15, is er al even melding van gemaakt dat het dynamisch gedrag van de kabelbaan in samenwerking met het Instituut voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies van T.N.O. in de ontwerp-fase aan een uitgebreid onderzoek is onderworpen. Het onderzoek viel in drieën uiteen. Allereerst werd een aantal differentiaal-vergelijkingen opgesteld en uitgewerkt, waarmee de werkelijkheid langs theoretische weg zo dicht mogelijk benaderd werd, vervolgens werd een aantal modelproeven gedaan en tenslotte verrichtte men metingen aan de inmiddels gereedgekomen kabelbaan. Het verschijnsel van de opslingering was uiteraard reeds onderkend bij het ontwerpen van de Grevelingenbaan. Daarbij was men uitgegaan van het eenvoudigste model: een enkel massa-veersysteem, en had dat op summier wijze getoetst aan de hand van enkele praktijkproeven aan een bestaande kabelbaan in de Franse Alpen. Op grond hiervan werden de af te werpen lasten beperkt tot 2,5 ton.

Ofschoon dit elementaire inzicht als eerste benadering aanvaardbaar was, bestond er toch behoefte aan een beter inzicht, speciaal met betrekking tot de vraag of er bij het achtereenvolgens afwerpen van een serie lasten mogelijk gevaarlijke nevenverschijnselen zoals resonantie zouden optreden. Hoe een enkelvoudig massa-veersysteem werkt bij het afwerpen van lasten is op eenvoudige wijze in te zien. Als de last P wordt afgeworpen door een motorgondel met een gewicht G ondervindt G op hetzelfde moment een opwaartse versnelling van $P/G \times$ de versnelling van de zwaartekracht ($= g$, met een waarde van 9,81 m/sec.²). De motorgondel

Dynamisch gedrag van de kabelbaan over het Rak van Scheelhoek

veert op en slingert op en neer tot de beweging is uitgedempt en een nieuwe evenwichtsstand is bereikt. Hieruit volgt reeds dat de maximaal in één keer af te werpen last in elk geval niet groter mag zijn dan het achterblijvende gewicht van de gondel plus een zeker deel van de kabel. Anders zou de gondel in een toestand van gewichtloosheid komen, waarbij de wielen zouden loskomen van de kabel. De vraag is nu welke factor werkelijk maatgevend is: de optredende kracht in de constructie dan wel het fysieke gevolg voor de bemanning. Wat dit laatste betreft: het is bekend dat een mens die onderworpen wordt aan herhaald wisselende versnellingskrachten, dit als onaangenaam kan ervaren. Nu hangt het van de grootte van deze versnellingen en van het aantal wisselingen per seconde – de frequentie – af in hoeverre werkelijk hinder wordt ondervonden. De frequentie wordt uitgedrukt in Herz (Hz, in Duitse literatuur) of Cycles per second (C.p.s., in Angelsaksische literatuur). Op dit gebied is in de laatste decennia veel onderzoek verricht: tot 1 c.p.s. door onderzoekers op het gebied van de scheepvaart in verband met zeeziekte, en tot 100 c.p.s. door vele Duitse en Amerikaanse onderzoekers met het oog op trillingen in gebouwen. De resultaten van deze onderzoeken zijn uit de literatuur bekend; zij zijn samengevat in bijgaande beoordelingsgrafiek. Nu is zowel berekend als gemeten dat het op en neer gaan van een kabel plaatsvindt met een frequentie van ongeveer 0,2 c.p.s. Deze lage frequentie is een vaststaande eigenschap van de kabelbaan. Verder is gesteld dat de versnellingskrachten tijdens het normale bedrijf mogen liggen ongeveer op de grens

NO. ZONE	BESCHRIJVING VOELBAARHEID	TOELAATBAARHEID VOOR MENSEN IN GEBOUWEN	GLOBALE BEOORDELING VOOR DE INVLOED OP DE KONSTRUKTIE	VOORBEELDEN
A	ONDRAGELIJK	ONTOELAATBAAR	INSTORTINGSGEVAAR	NOODGEVALLEN
B	ONAANGENAAM SNEL VERMOEIED	ONTOELAATBAAR	PLAATSELIJKE SCHADE	ABRUPT STOPPEN VAN AUTO
C	STERK VOELBAAR	NAUWELIJKS TOELAATBAAR	SCHEURVORMING METSELWERK	LIFTEN, TRAM
D	GOED VOELBAAR	BIJ RUWE HANDARBEID	INLEIDING LICHTE SCHEURVORMING	BEGIN ZEEZIEKTE
E	VOELBAAR	KORTE TIJD IN WONINGEN	GEEN INVLOED BIJ NORMALE GEBOUWEN	
F	NAUWELIJKS VOELBAAR	LANGE TIJD IN WONINGEN	GEEN INVLOED	
G	NIET VOELBAAR		GEEN INVLOED	



Tekening: Beoordelingsgrafiek
voor de toelaatbaarheid van
versnellingskrachten

Foto: De afsluitingswerken ge-
zien van noord naar zuid.
Opname van 26 maart 1970

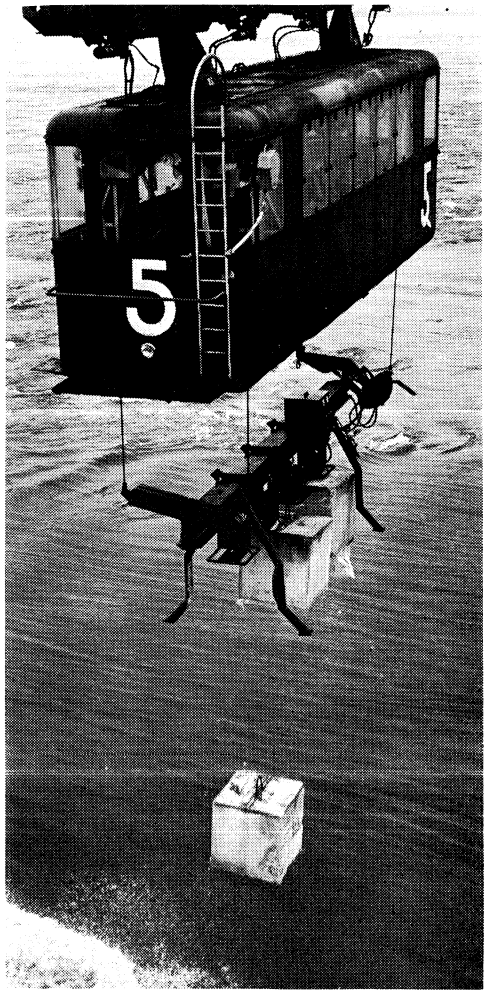
tussen de gebieden C en D van de beoor-
delingsgrafiek. De bemanning van een kabel
ondervindt de versnellingskrachten immers
maar ongeveer eens per kwartier, zodat
zeeziekteverschijnselen weinig kans krijgen
zich te manifesteren. We mogen zelfs wel
wat verder in gebied C terecht komen, ver-
onderstellend dat de bemanningen kunnen
verdragen wat een liftboy of een tram-
bestuurder dagelijks ondervindt. Voor de
praktijk is dus het geschaduwde gebied van
de beoordelingsgrafiek als maatgevend
aangenomen.

Het afwerpen van een betonblok van 2,5 ton
van een motorgondel van 20 ton veroorzaakt
volgens de boven aangegeven eenvoudige
theorie een versnelling van 0,125 g. Door de
meewerkende massa van de kabel zal dit



zelfs nog wat lager liggen. Maar er zijn
neveninvloeden die veroorzaken dat hierbij
een versnelling van 0,16 g optreedt. Dit is
niet alleen uit de berekeningen, maar ook
uit de metingen gebleken. Ook deze waarde
is blijkens de grafiek voor een permanent
bedrijf toelaatbaar. Eén van de neven-
invloeden, die optreedt bij het afwerpen
van het vierde en laatste blok is de reeds
aanwezige slingering ten gevolge van het
afwerpen van de eerste drie blokken. Het is
duidelijk dat dit niet op een willekeurige wijze
mag plaats vinden, wil men voorkomen dat
er resonantie optreedt, dus dat de versnel-
lingen ten gevolge van het tweede blok die
van het eerste versterken. Een andere
neveninvloed is de afhankelijkheid van de
plaats van de motorgondel in de overspanning
tussen de pylonen. De slingering van de kabel

$\frac{2}{1-3}$

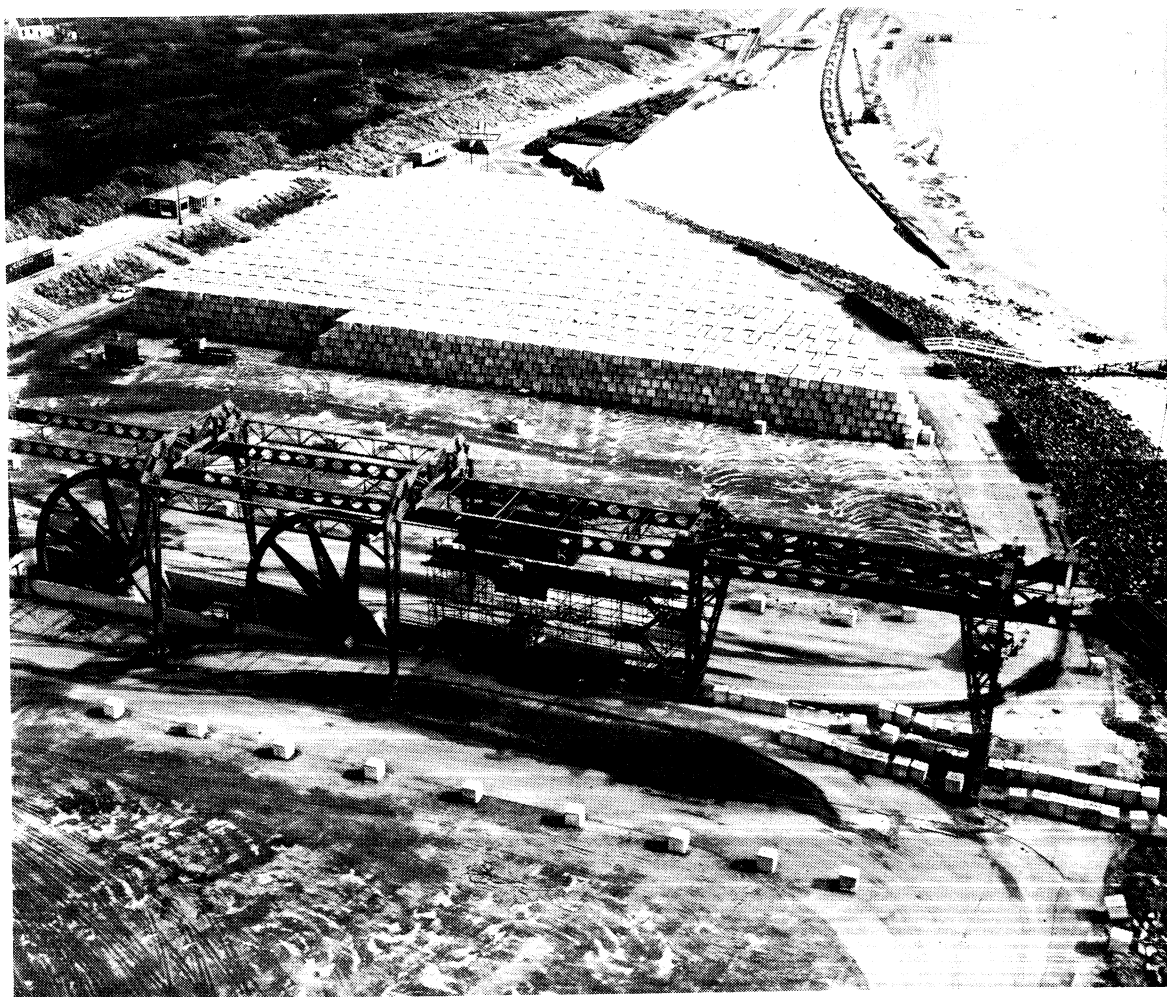


- 1 De draaischijf brengt een gondel op de andere kabel
- 2 De blokken vallen met een interval van 3, 1 en 3 seconden
- 3 Het vaste railgedeelte op het Plateau van Voorne
- 4 Het zuidelijk landhoofd met blokkendepot
- 5 De vaste-railopstelling en de contragewichten op het Plateau van Voorne

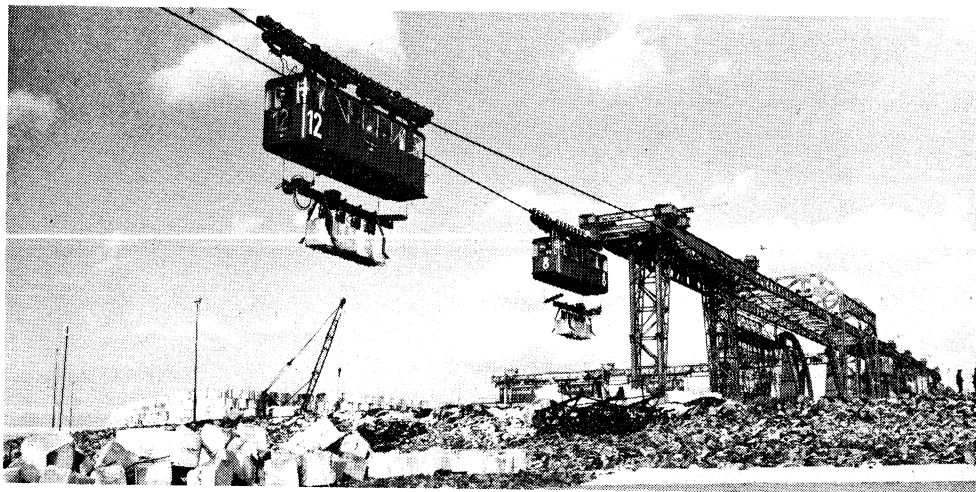
4



5



1

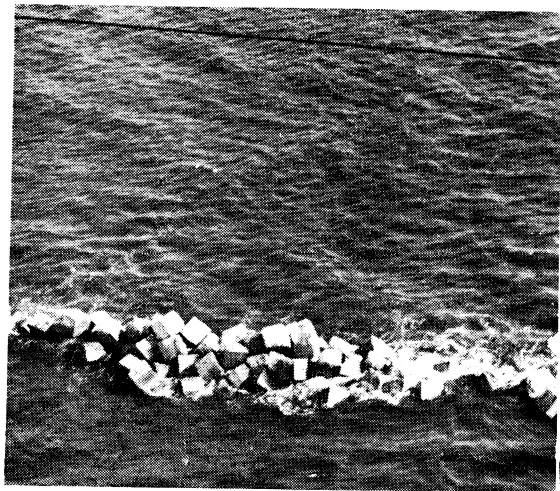


1 Elke 3 à 4 minuten vertrekt een geladen gondel

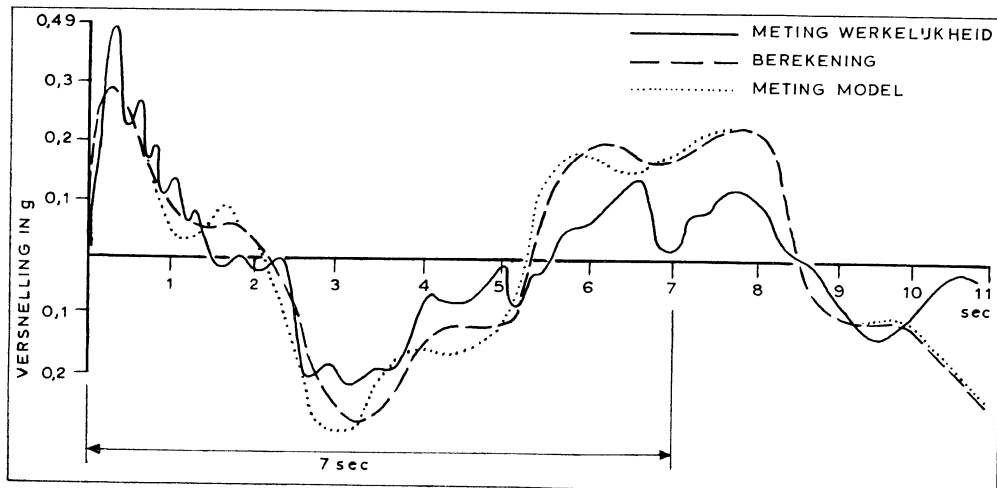
2 De damkruin komt boven water

3 Opslingering van de kabelbaan na het afwerpen van 7.5 ton ineens

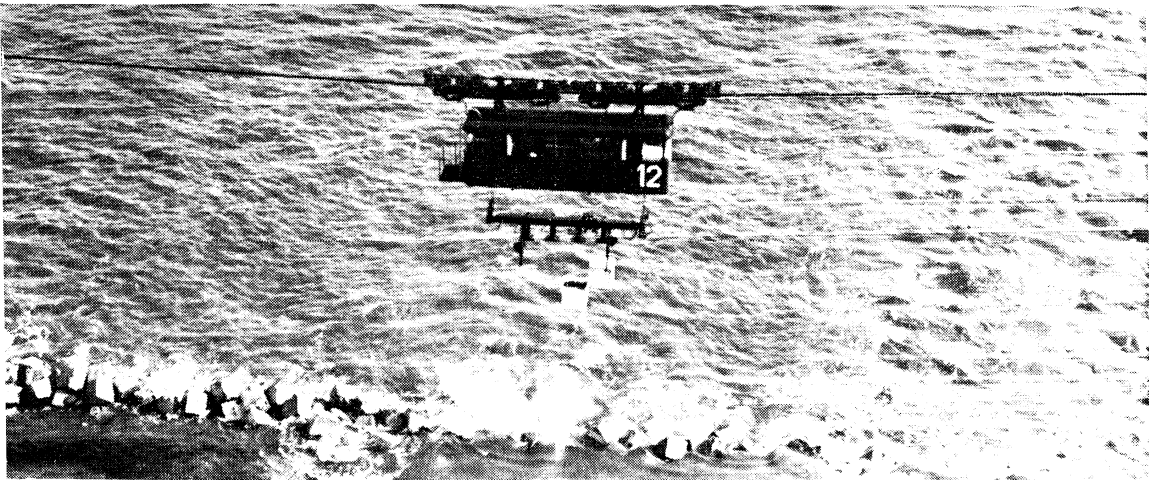
2



3

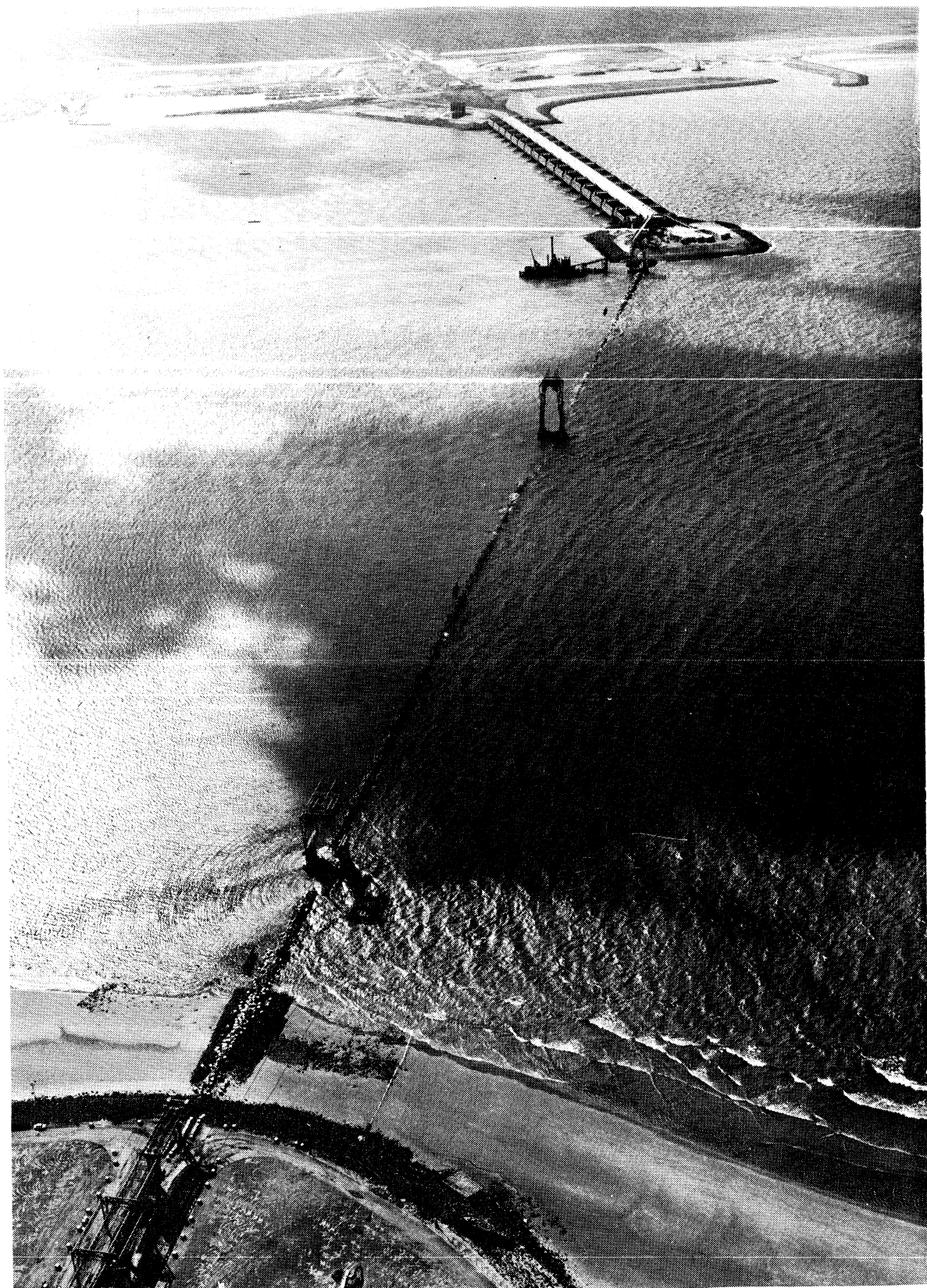


zo gering mogelijk effect. Op deze wijze zijn de kleppen van de hydraulische apparatuur in de hijs- en stortbalk derhalve afgesteld. In de praktijk is gebleken dat enige afwijking van dit interval-schema door de gondelbemanning niet als hinderlijk ondervonden wordt. Er is goede overeenstemming gebleken tussen theorie en praktijk, tussen de mathematische benadering, de resultaten van de schaalproeven met het model en de uitkomsten van de metingen aan de werkelijke baan. Het is daarbij komen vast te staan dat de hinder voor de bemanning maatgevend is voor de toelaatbare opslingering, en niet de krachten die optreden in de constructie. Wat dit laatste betreft kan worden gesteld dat er zelfs geen ontoelaatbare spanningen in de kabelbaanconstructie optreden wanneer een gondel onverhoopt zijn totale last van 10 ton ineens zou



heeft voor elk punt zijn eigen karakteristiek, waarbij niet alleen de grondtoon, maar ook de boventonen in meerdere of mindere mate worden aangesproken. Men kan de kabelbaan tot op zekere hoogte vergelijken met een snaarinstrument, waarbij het aanslaan of plukken van de snaar bewerkstelligd wordt door het afwerpen van de last. Een belangrijke term uit de differentiaalvergelijking is n.l. analoog aan die welke het bespelen van een harp beschrijft naar zijn mathematisch aspect. Het hier besproken onderzoek heeft zich dan ook gericht op de vraag op welke wijze en onder welk voorschrift de kabelbaan bespeeld moet worden om goed en veilig te werken. Eén van de uitkomsten daarvan is, dat de blokken moeten worden afgeworpen in tijdsverschillen van 3, 1 en 3 seconden; dan heeft de resonantie over het volle traject een

laten vallen. Zelfs bij de kabelbaan van het Brouwershavensche Gat, waar motorgondel en last beide 15 ton wegen, zal het plotseling loslaten van de totale last geen catastrofale gevolgen hebben voor de constructie, omdat de meewerkende kabelmassa er voor zorgt dat de optredende versnelling niet de volle g maar slechts $0,8 g$ bedraagt. Overigens blijft het wenselijk deze extreme belastingen in de praktijk geen kans te geven om op te treden. De metingen aan de gereedgekomen kabelbaan werden gecompleteerd door meting van de wrijving en de verplaatsingen van de kabels op de opleggingen en van de bij het berijden van de kabels en het afwerpen van de lasten optredende trillingen in de pylonen. De resultaten van deze metingen vormden geen aanleiding tot het nemen van speciale maatregelen.



Na de blokkering van het Rak van Scheelhoek, de laatste open stroomgeul van het Haringvliet, beginnen er in het Deltagebied noordelijk van de Volkerakdam grote veranderingen op te treden in de waterbeweging.

De waterbeweging in het Deltagebied benoorden de Volkerakdam na de afsluiting van het Haringvliet

De getijgolf vanuit zee zal in de toekomst, doordat Haringvliet en Volkerak zijn afgesloten, alleen nog via de mond van de Nieuwe Waterweg vrij kunnen binnendringen in het benedenrivierengebied. Bij de monding van het Haringvliet is de toegang voor de vloedstroom blijvend versperd; afvoer van zoet water naar de zee zal alleen nog tijdens de ebperiodes kunnen plaatsvinden.

De mate waarin de Haringvlietssluis gedurende de ebperiode geopend zullen worden, wordt afhankelijk gesteld enerzijds van de aanvoer van water door Rijn en Maas, en anderzijds van de zoetwaterbehoefte van landbouw en industrie, de zoutbestrijding op de Waterweg, en enkele andere belangen zoals de doorspoeling van verzilte en verontreinigde binnenwateren.

In tijden van lage rivierafvoeren zal zo zuinig mogelijk met het beschikbare Rijn- en Maaswater moeten worden omgesprongen, en het is duidelijk dat vooral dan de afvoer van zoet water via het Haringvliet naar zee zoveel mogelijk moet worden beperkt. Een ononderbroken afvoer van 40 m³/sec. door de in de sluisen ingebouwde zoutriolen blijft echter noodzakelijk voor het terugdringen van zout overslag-, lek- en kwelwater in de naaste omgeving van de uitwateringssluisen. Het Rijnwater wordt in periodes van weinig bovenafvoer vrijwel geheel via de Waterweg naar zee geleid – slechts de natuurlijke of eventueel met behulp van stuwen kunstmatig vergrote afvoer langs de Gelderse IJssel heeft een andere bestemming.

De laagste Rijnafvoer die tot nu toe te Lobith is waargenomen, bedraagt 600 m³/sec.

Volgens de huidige inzichten zullen de uitwateringssluisen in het Haringvliet niet alleen

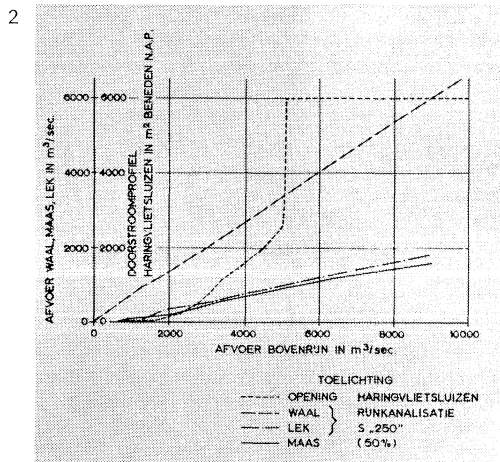
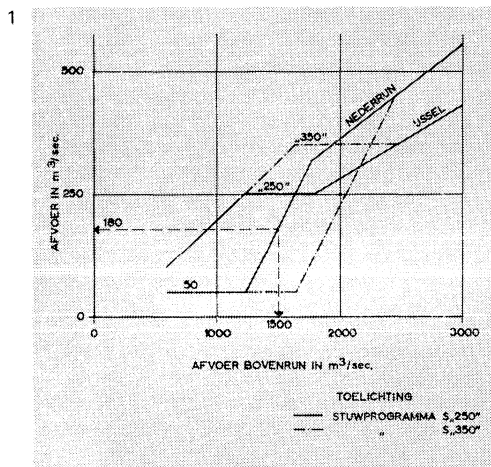
bij zo'n extreem lage afvoer, maar bij alle Rijnafvoeren kleiner dan 1500 m³/sec., ononderbroken gesloten moeten blijven. Neemt de afvoer toe tot boven de gestelde kritieke waarde, dan zullen de sluisen bij eb geopend kunnen worden, minder of meer, afhankelijk van de afvoer. Bij hoge afvoeren zullen de sluisen gedurende de eb geheel geopend zijn. Er zal echter steeds op gelet moeten worden dat de snelheden in de benedenrivieren niet te groot worden voor de scheepvaart; anderzijds mag geen water met een chlooriongehalte boven 300 mg Cl⁻/l het benedenrivierengebied bij de L.W.-stroomkentering verder penetreren dan het punt waar de Hollandse IJssel uitmondt in de Lek. Aangezien men de uitwateringssluisen opent wanneer de waterstanden aan de zeezijde lager zijn dan die in het bekken, zal de waterstand in het Haringvliet op en neer gaan tengevolge van de lozing, die immers fluctueert afhankelijk van de buitenwaterstand. Deze waterstandfluctuatie zal zich landinwaarts voortplanten en samen met het via de Waterweg binnengedrongen getij de getijbeweging in het benedenrivierensysteem en het aangrenzende gedeelte van de bovenrivieren bepalen. De dagelijkse getijbeweging in het benedenrivierengebied wordt dus bepaald door het getij in zee bij Hoek van Holland en in de mond van het Haringvliet – dit laatste afhankelijk van het spuiprogramma met de Haringvlietssluis –, en verder door de Rijn- en de Maasafvoer, die door stuwprogramma's worden geregeld. Veranderingen in deze getijbeweging kunnen worden bewerkstelligd door wijzigingen in de figuratie van het benedenrivierengebied die men aanbrengt ter verbetering van de

scheepvaartwegen, de zoutbestrijding en het watervrijmaken van van oudsher bestaande kombergingsgebieden. Tot hertoe werd alleen gesproken over de normale getijbeweging in het Deltagebied benoorden de Volkerakdam. Voor een onderzoek naar de veiligheid van dit benedenrivierengebied moet men echter de situatie onder ogen zien bij minder frequent optredende hoge en zeer hoge waterstanden. Stormen vanuit zee, vooral de beruchte noordwesterstormen, doen de waterstanden oplopen; de mate waarin is natuurlijk afhankelijk van de duur en de kracht der stormen. In zulke perioden kan men met de sluizen slechts in beperkte mate spuien, of zelfs in het geheel niet. Als de sluizen gesloten zijn, zullen ze voor de duur van de

Fig. 1 Afvoeroverdeling over Nederrijn en Gelderse IJssel bij de stuwprogramma's 'S 250' en 'S 350' te Driel

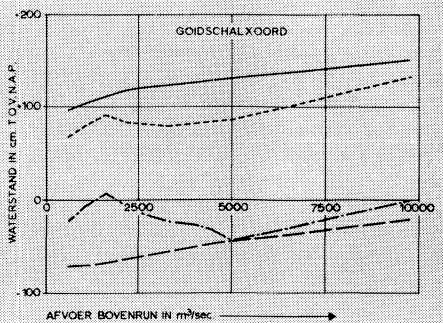
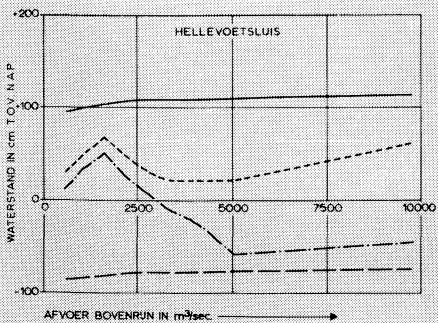
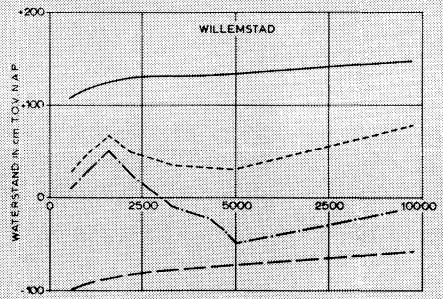
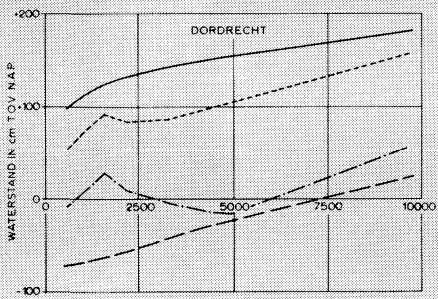
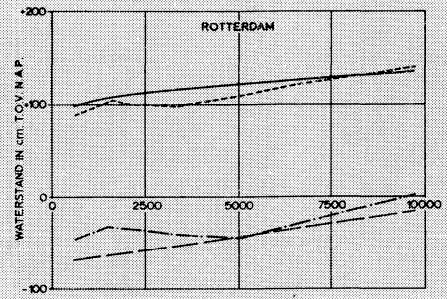
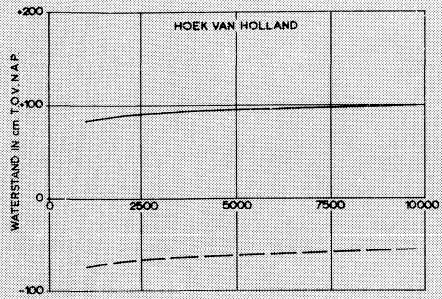
Fig. 2 Opening van de Haringvlietsluizen als functie van de Rijnafvoer

Fig. 3 De H.W.- en L.W.-lijnen in een aantal punten in het benedenrivierengebied als functie van de Bovenrijn, vóór de afsluiting van het Volkerak (T_0) en na de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet (T_1)



storm gesloten blijven tot de binnen- en de buitenwaterstand bij dalende buitenwater-spiegel aan elkaar gelijk zijn geworden, zodat de sluizen – tenzij de golfaanval te zwaar zou zijn – weer geopend kunnen worden. Tijdens zo'n storm worden de waterstanden in het benedenrivierengebied en in de erop aansluitende bovenrivieren niet alleen bepaald door het verloop van de waterstanden in de mond van de Waterweg en door de afvoeren van Nederrijn, Waal en Maas, maar ook door het windeffect op de benedenrivieren zelf; vooral op de Nieuwe Waterweg en het Haringvliet zal het windeffect zich doen gevoelen, omdat die wateren vrijwel van noordwest naar zuidoost lopen, precies in de richting van een noordwester storm. Omdat de afvoer van Rijn en Maas wordt beïnvloed door de kanalisatie van deze

rivieren, lijkt het goed daar even op in te gaan. In de gekanaliseerde Benedenrijn komen drie stuwen voor: in stroomafwaartse richting achtereenvolgens bij Driel, Amerongen en Hagestein. De stuw bij Driel is het regelpunt voor de distributie van de Rijnafvoer naar het IJsselmeer en naar het zuidwesten van ons land. Door met deze stuw te manoeuvreren kan Rijnwater via de Gelderse IJssel naar het IJsselmeer worden gedirigeerd. Men hanteert al naar behoefte de stuwprogramma's '250' dan wel '350', kortheids-halve aan te duiden als S 250 en S 350. Bij S 250 wordt de afvoer langs de Nederrijn met behulp van de stuw te Driel zo lang op 50 m³/sec. gehandhaafd tot de IJsselaflow 250 m³/sec. bedraagt. Bij verdere stijging van de Rijnafvoer wordt de stuw van Driel



— HW To - - - LW To
 - . - HW T1 . . . LW T1

Het getij aan de benedenstroomse zijde van de stuw kan zich niet via de overlaat in het eerste stuwpaand doen gevoelen.



Foto: Stuw met schutsluis nabij Amerongen

De stuw te Lith wordt geopend bij hoge afvoeren, in de orde van grootte van 800 tot 1000 m³/sec.; maar ook bij ijsgang op de rivier en wegens onderhouds- en reparatiewerkzaamheden.

De wateronttrekking voor industriële doeleinden in het benedenrivierengebied is een variabele maar, gezien de te verwachten ontwikkelingen, hoogstwaarschijnlijk groeiende grootheid. Op een onttrekking van 60 m³/sec. uit de Hollandse IJssel ten behoeve van de watervoorziening van Midden-West-Nederland moet wel gerekend worden. De wateronttrekking door het Zeeuwse Meer zal zolang de Oosterschelde nog niet is afgesloten niet belangrijk zijn; vermoedelijk zal alleen een naar verhouding beperkte waterhoeveelheid nodig zijn voor de zout-

bestrijding bij de Volkeraksluizen. In deze beschouwingen zullen wij de wateronttrekking naar het Zeeuwse Meer buiten beschouwing laten. Volgens de door de Rijkswaterstaat gepubliceerde nota 'De waterhuishouding van Nederland' zal de wateronttrekking bij een Rijnafvoer groter dan 1000 m³/sec. zeker gemiddeld 300 m³/sec. kunnen bedragen. Hier dient nog te worden gewezen op het verschillend karakter, wat hun afvoerregime betreft, van de Rijn en de Maas. De Rijn wordt wel een gletsjerrivier genoemd. Behalve door afvoer van regenwater in zijn stroomgebied wordt de afvoer van de Rijn in belangrijke mate bepaald door de sneeuwval in Zwitserland en in Duitsland. De Maas echter is een regenrivier; zijn afvoer wordt hoofdzakelijk bepaald door de regenval in zijn stroom-



gebied in België en in Frankrijk. De afvoer van Rijn en Maas zijn derhalve nauwelijks gecorreleerd. In een grafiek zou men zien dat de afvoerkrommen van beide rivieren op onregelmatige wijze van elkaar afwijken. In het vervolg van dit artikel zal bij elke opgegeven Rijnafoer de Maasafvoer zodanig gekozen worden, dat er evenveel kans bestaat, dat deze Maasafvoer er onder als er boven ligt. We noemen dat dan de 50%-kansafvoer van de Maas.

De afvoerverdeling van het benedenrivierensysteem kan dus bestuurd worden door twee regelpunten, de stuw te Driel en de Haringvlietsluizen. Van invloed zijn voorts de aftappunten, zoals dat in de Hollandse IJssel te Gouda en het toekomstige inlaatwerk voor het Zeeuwse Meer in de Volkerakdam. De getijbeweging in zee, die mede een belangrijke rol speelt bij de afvoerverdeling in het benedenrivierengebied, is een van dag tot dag verschillend fenomeen; men behoeft alleen maar te denken aan dooftij, normaal- en springtij. In dit artikel zullen wij veronderstellen dat in zee steeds het gemiddeld getij aanwezig is. Onder gemiddeld getij wordt verstaan een getij waarvan onder meer het H.W. en het L.W. waarden hebben die verkregen zijn door het gemiddelde te nemen van de H.W.'s en de L.W.'s uit een lange reeks van waarnemingen, terwijl de tijdstippen van hun optreden zijn verkregen door de tijdstippen bij alle H.W.'s en L.W.'s ten opzichte van de maanculminatie van de plaats van waarneming te middelen. Dan nog is het onzeker of dit gemiddeld getij voor ons doel bruikbaar is. Het is namelijk onzeker hoe de verticale getijden te Hoek van Holland en in de mond van het Haringvliet in de naaste toekomst zullen veranderen tengevolge van de aanleg van een nieuwe havenmond – waarvan de leidammen enkele kilometers verder in zee zullen steken dan thans –, van de overige Europoortwerken en van de natuurlijke aanpassing van de bodemfiguur in de mond van het Haringvliet als gevolg van de binnenwaarts gelegen afsluiting.

In het vervolg van deze uiteenzetting worden de veranderingen in de getijbeweging in het benedenrivierengebied beschouwd uitgaande van gegeven Rijnafoeren en de bijbehorende 50%-kans-Maasafvoer, het gemiddeld getij in zee, het stuwprogramma S 250 van de Rijn en het spuiprogramma van de Haringvlietsluizen. Aangenomen wordt dat de sluisen tot een Rijnafoer van $\pm 1500 \text{ m}^3/\text{sec.}$ gesloten blijven terwijl de doorstroomopening van de sluisen bij hogere afvoer vergroot wordt, en wel steeds zo, dat

de $300 \text{ mg Cl}^-/\text{l}$ grens beneden de Hollandse IJssel blijft.

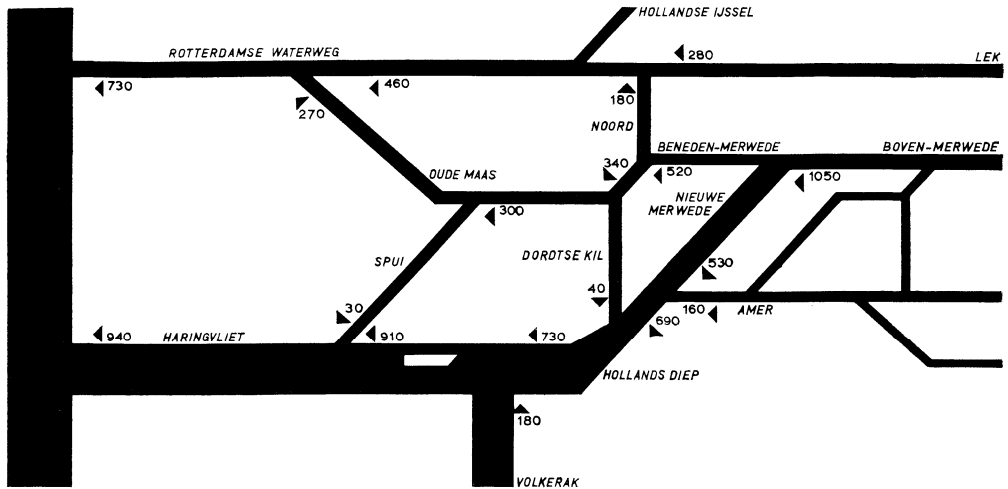
In de afgelopen jaren is aan de hand van modelproeven en berekeningen een prognose opgesteld ten aanzien van de waterbeweging in het benedenrivierensysteem na het gereedkomen van het noordelijk Deltaplan. De onderzoeken betreffen de waterbeweging in het benedenrivierengebied hebben trouwens nog steeds voortgang.

Teneinde de veranderingen in de waterbeweging aanschouwelijk te maken hebben wij voor een aantal peilschaalstations, namelijk die te Hoek van Holland, Rotterdam, Dordrecht, Willemstad, Hellevoetsluis en Goidschalxoord, de H.W.- en L.W.-lijnen getekend die gelden vóór de afsluiting van het Volkerak, respectievelijk na de afsluiting van zowel het Volkerak als het Haringvliet. In het vervolg spreken we kortheidshalve van T_0 en T_1 (fig. 3).

De H.W.'s en L.W.'s te Hoek van Holland blijken nog in geringe mate afhankelijk te zijn van de Rijnafoer, zodat strikt genomen het verticaal getij te Hoek van Holland niet als onveranderlijke getijrandvoorwaarde mag worden ingevoerd. Daarom is bij de onderzoeken het zee-einde van het huidige noorderhoofd als randvoorwaarde ingevoerd. De H.W.-lijnen en L.W.-lijnen te Rotterdam ondergaan reeds een duidelijk grotere verandering ten gevolge van de afsluiting van het Haringvliet en het spuiprogramma met de Haringvlietsluizen.

Te Dordrecht worden de veranderingen in de H.W.'s en de L.W.'s nog veel sprekender dan te Rotterdam. Bij een afvoer van de Bovenrijn van $1500 \text{ m}^3/\text{sec.}$, waarbij de Haringvlietsluizen gesloten zijn, loopt het L.W. 85 cm minder laag weg dan vroeger; het komt niet meer onder N.A.P. Ook het H.W. ondergaat een opmerkelijke verandering. Ten opzichte van het H.W. van vóór de afsluiting van het Volkerak daalt het 40 cm. Bij bovengenoemde afvoer daalt het tijverschil dus van 190 cm tot 65 cm. In het Haringvlietbekken zijn de veranderingen in de H.W.'s en L.W.'s het grootst. Te Willemstad bedraagt het getijverschil bij gesloten Haringvlietsluizen nog maar 20 cm. Bij een afvoer van $1500 \text{ m}^3/\text{sec.}$ is het L.W. ten opzichte van dat vóór de afsluiting van het Haringvliet gedaald met 70 cm en het L.W. gestegen met 130 cm.

Wanneer de sluisen bij hogere Rijnafoeren in de ebperiode worden geopend nemen de tijverschillen geleidelijk aan weer toe, zoals ook blijkt uit de grafieken voor de andere stations. Bij Rijnafoeren groter dan $5000 \text{ m}^3/\text{sec.}$, wanneer de Haringvlietsluizen ge-

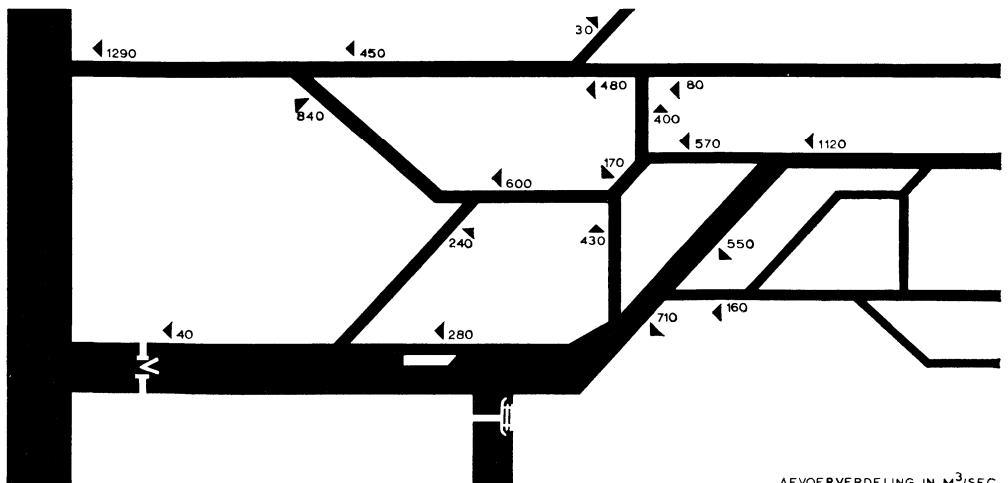


durende de lozingsperioden geheel geopend zijn, wordt het tijverschil te Willemstad ± 85 cm; nog een heel verschil met de 210 cm van voorheen.

Tenslotte blijkt uit de grafiek voor Hellevoetsluis, dat de H.W.'s en L.W.'s daar zeer grote overeenkomst vertonen met die te Willemstad. Bij hoge Rijnafoeren zal het tijverschil te Hellevoetsluis $\pm 10\%$ groter zijn dan te Willemstad, omdat het L.W. er lager wegl loopt, tengevolge van de lozing op volle capaciteit door de sluisen.

De H.W.- en L.W.-lijnen te Goidschalxoord zijn slechts volledigheidshalve bijgevoegd. In fig. 4 zijn de H.W.'s en L.W.'s die optreden bij een Rijnafoer van minder dan 1500 m³/sec., wanneer de Haringvlietssluisen dus gesloten blijven, uitgezet als functie van de afstand, te beginnen bij Hoek van Holland en

Fig. 5 De afvoerverdeling over het benedenrivierengebied bij een Bovenrijnafoer van 1500 m³/sec. bij toestand T₀ (boven) en toestand T₁ (beneden). De Haringvlietssluisen zijn dicht. Op Spui en Dordtse Kil veranderen de stromen van richting



AFVOERVERDELING IN M³/SEC.

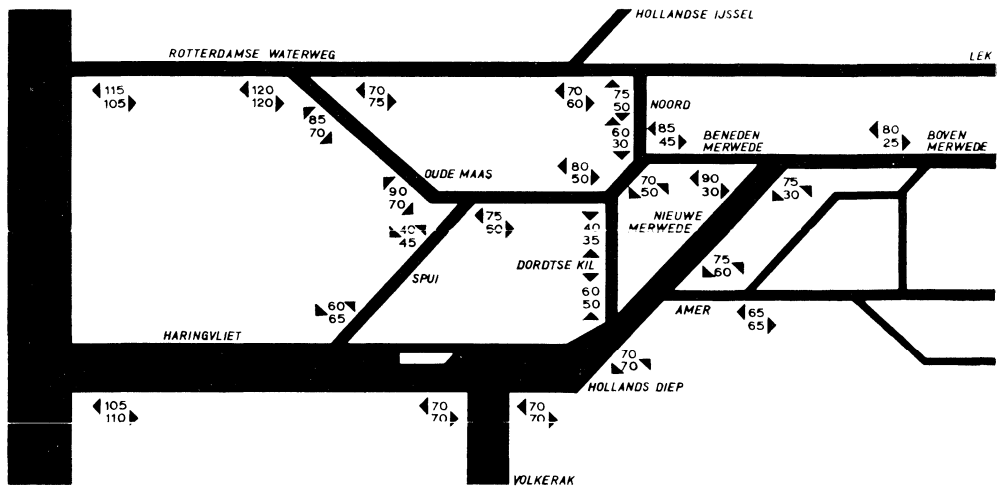
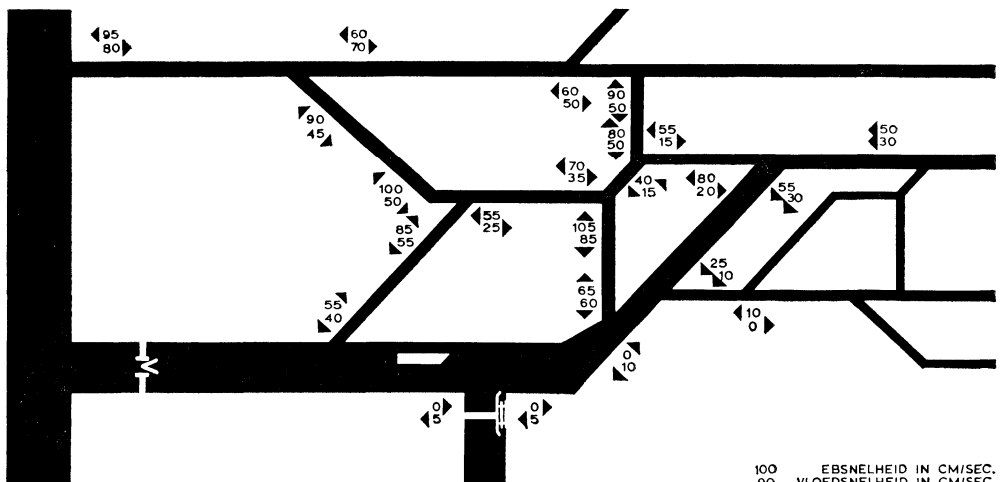


Fig. 6 Grootte en richting van de maximale eb- en vloodsnelheden in het benedenrivieren-gebied bij een Bovenrijnafvoer van $1500 \text{ m}^3/\text{sec}$. bij toestand T_0 (boven) en toestand T_1 (beneden). Met de Haringvliet-sluizen wordt niet geloozd

vervolgens landinwaarts via de Nieuwe Waterweg, de Nieuwe Maas, de Noord, de Oude Maas en de Kil naar het Hollands Diep en het Haringvliet tot aan de mond van het Haringvliet. De overeenkomstige H.W.- en L.W.-lijn zijn uitgezet voor het riviertraject Nieuwe Waterweg—Oude Maas en vervolgens weer via de Kil en het Hollands Diep naar de mond van het Haringvliet tot aan de gesloten sluizen. Aan weerszijden van de sluizen treden zeer verschillende H.W.- en L.W.-standen op. Het getij dat zich aan de binnenzijde van de sluizen zal manifesteren is immers een gevolg van het getij dat zich vanaf de mond van de Waterweg via de benedenrivieren naar het Haringvliet voortplant. Tengevolge van wrijvingsweerstand, traagheid en komberging ondergaat het verticale getij gedurende de voortplanting naar het Haring-



100 EBSNELHEID IN CM/SEC.
90 VLOODSNELHEID IN CM/SEC.

vliet een opmerkelijke verandering zowel in amplitude als in fase. Bij de hierdoor veroorzaakte stromen voegt zich dan voor iedere getijrivier in het benedenrivierengebied het aandeel in de afvoer van Waal, Lek en Maas. In fig. 5 is het aandeel van de afvoer van Waal, Lek en Maas voor ieder der benedenrivieren zowel voor toestand T_0 als voor toestand T_1 aangegeven, zowel in grootte als in richting. De meest opmerkelijke verandering is, dat de bovenafvoer langs de Kil en het Spui volledig van richting veranderd is. Bij T_0 loopt de afvoer van het bovenwater in de Kil en het Spui van noord naar zuid, en bij T_1 van zuid naar noord. Door deze verandering zullen de getijstromen in de Kil en het Spui nabij de Oude Maas groter worden dan aan de zijde van het Haringvlietbekken. Wanneer de afvoer van de Bovenrijn groter wordt dan $1500 \text{ m}^3/\text{sec.}$ en de sluizen geleidelijk aan gedurende de ebperiode verder worden geopend, neemt de afvoer langs Spui en Kil eerst af, om tenslotte bij voldoende grote spuiopening van de sluizen weer dezelfde richting aan te nemen als bij de T_0 -toestand.

Ditzelfde verschijnsel zou zich kunnen voordoen indien bij een lage Rijnafoer met een grote opening van de Haringvlietssluzen gespuid zou worden. De afvoer door de Noord zou dan inplaats van naar het noorden naar het zuiden gericht zijn. In dit geval zou een permanente stroom ontstaan vanaf de mond van de Waterweg naar het Haringvlietbekken en van daar naar zee. Een dergelijke circulatiestroom zou in korte tijd het gehele benedenrivierengebied doen verziltten.

Tot het moment van de ingebruikneming van de Haringvlietssluzen als regelinstrument zijn de sluizen gedurende het gehele getij geopend. Ten gevolge van de blokkering van het Rak van Scheelhoek kan het getij dan vrijwel alleen via de geheel geopende sluizen het Haringvliet binnendringen. Hierdoor zal damping optreden van het getij landinwaarts van de sluizen. Het tijverschil neemt te Willemstad af van 165 cm tot 145 cm en te Dordrecht van 170 cm tot 155 cm.

Pas bij een Rijnafoer groter dan $\pm 1500 \text{ m}^3/\text{sec.}$ zal met de sluizen geloosd worden; dat betekent dat de sluizen gemiddeld ongeveer 150 dagen per jaar gesloten blijven. In zomers met een lage Rijnafoer, zoals in 1947 en 1949, zal zelfs gedurende een reeks van maanden geheel niet of nagenoeg niet geloosd worden.

Tenslotte volgt nog een enkele opmerking over de omstandigheden bij hogere afvoeren. Bij Rijnafoeren groter dan $\pm 5000 \text{ m}^3/\text{sec.}$

zullen de sluizen vermoedelijk gedurende de eb volledig openstaan. Tijdens zeer hoge Rijnafoeren, zoals de $12500 \text{ m}^3/\text{sec.}$ van 1926, zullen de sluizen slechts gedurende een beperkt aantal uren per getij gesloten zijn; met andere woorden, ze zijn dan ook nog gedeeltelijk tijdens de vloed open. Bij nog hogere Rijnafoer zal de tijd van sluiting steeds korter worden, zodat bij zeer extreme omstandigheden voor wat de Rijn- en Maas-afvoer betreft een toestand wordt bereikt als was ter plaatse van de sluizen slechts een open sluitgat aanwezig met een effectieve doorstroomopening beneden N.A.P. van $\pm 6000 \text{ m}^2$. Uiteraard zijn dan de stuwen in de Nederrijn en Maas geheel geopend.

De voor de veiligheid maatgevende waterstanden langs de bovenrivieren zelf worden bepaald door de extreme afvoer van $18000 \text{ m}^3/\text{sec.}$, die een kans van optreden heeft van gemiddeld 1 dag per 1000 jaar. De bij deze zeer extreme afvoer behorende waterstanden zullen nauwelijks beïnvloed worden door het Deltaplan; wel door kunstmatige en natuurlijke veranderingen in de rivier- en bodemfiguratie van de bovenrivieren. In het eigenlijke benedenrivierengebied zelf, beneden Schoonhoven en Werkendam, worden de waterstanden wel beïnvloed door het Deltaplan. In dit gebied blijven de maximale maatgevende stormvloedstanden bepaald door het optreden van een hyperstorm als waarop de beveiliging van het Deltaplan is gericht. Tenslotte kan de vraag gesteld worden hoe lang het duurt voordat een wijziging in de afvoer, veroorzaakt door het openen of sluiten van de Haringvlietssluzen, merkbaar wordt in de stromingen op de benedenrivieren en speciaal op de Nieuwe Waterweg. In een volgend Bericht wordt hierop nader ingegaan.

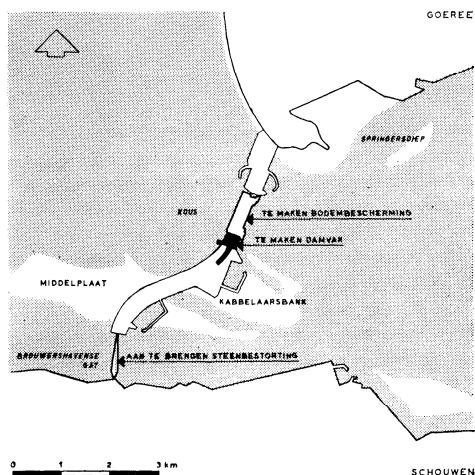
In het voorjaar van 1971 zullen de beide grote stroomgeulen van het Brouwershavensche Gat tegelijk afgesloten worden; de zuidelijke geul met behulp van 2,5 ton zware betonblokken, die vanaf een kabelbaan zullen worden gestort; de noordelijke geul, Kous genaamd, met behulp van 12 doorlaat- en 2 landhoofd-caissons. De bodembescherming en de drempel in het zuidelijk sluitgat zijn inmiddels voltooid; in de Kous zullen ze dit jaar worden aangebracht.

Uitbreiding van het damvak op de Kabbelaarsbank en bodembescherming in het sluitgat Kous



In het jaar 1969 werd vanuit Goeree-Overflakkee een damvak in het Springersdiep uitgebouwd, waarvan het einde zal dienen als noordelijk landhoofd van het sluitgat de Kous (Zie Bericht nr. 48, mei 1969, blz. 404 e.v.). Om het andere landhoofd te vormen, 908 m zuidelijker, moet het damvak op de Kabbelaarsbank met 250 m worden uitgebreid. Aan deze uitbreiding zal nagenoeg hetzelfde dwarsprofiel worden gegeven als aan de kop van het damvak door het Springersdiep. Ook de landhoofdconstructies van beide damvakken zijn eender.

Om de bodem te beschermen tegen het hier verwachte tamelijk grote verval zullen aan beide zijden van elk landhoofd twee klassieke zinkstukken worden gezonken met een zool eronder. Op andere plaatsen langs de kop van



de dam, waar het te verwachten verval kleiner is, zal een bezinking van klassieke stukken zonder zool worden aangebracht. Omdat het damvak enigszins in de geul wordt uitgebouwd, legt men de teenbescherming hier wat lager aan dan in het oude werk, namelijk op N.A.P. + 0,40 m.

Als overgangsconstructie tussen deze teenbescherming op N.A.P. + 0,40 m, die bestaat uit steenkorven en een gietasfaltslab, en de betonnen damwand met de bovenkant op N.A.P. + 1 m die de teenbescherming vormt in het aansluitende deel van het damvak op de Kabbelaarsbank, gebruikt men een 50 cm dikke laag gepenetreerde stortsteen. Om de teenconstructie zowel van het noordelijk deel van het bestaande als die van

het aan te leggen damvak te beschermen tegen golven en stroom, zal op de overgang tussen oud en nieuw werk een 70 m lange krib loodrecht op de dam worden uitgebouwd. De overgang tussen de twee teenconstructies valt daar dan juist onder. De krib wordt zo hoog mogelijk opgebouwd met mijnsteen, die afgedekt wordt met zinkstukken. Op de zinkstukken wordt vervolgens een stortsteenkade aangebracht, die daarna met gietasfalt wordt gepenetreerd. De kruin van de krib verloopt van N.A.P. + 1 m bij de dam tot N.A.P. - 1 m aan het einde. Beschadigingen aan de steenkorven en de asfaltslab aan het noordelijk uiteinde van het bestaande werk zullen worden hersteld. Omdat de sluitingsmethode ten tijde van de uitvoering van het damvak op de Kabbelaarsbank, in 1966, nog niet definitief vaststond, werd de damkruin op de noordelijke kop van dit damvak destijds niet aangebracht: men wilde de mogelijkheid openhouden hier een werkterrein in te richten zodra de noodzaak daartoe zou blijken. Door de uitbreiding van het damvak komt nu voldoende opslagruimte beschikbaar voor de stortmaterialen die nodig zijn. De damkruin kan nu dan ook worden aangebracht. Om het daartoe benodigde zand te kunnen opspuiten moeten de draineerpijpjes die tijdens de aanleg in 1966 in de teen van het damvak werden aangebracht, worden geopend; dit om te voorkomen dat de glooiing van gepenetreerde steen wordt opgelicht ten gevolge van de hoge waterstanden die tijdens het zandpersen in het damlichaam zullen optreden. Het bovenvlak van de te maken damverlenging, dat ongeveer op N.A.P. + 5,50 m komt te liggen, wordt van een zand-cementstabilisatie voorzien zodat het voldoende draagkracht krijgt voor het werkverkeer en de opslag van materialen voor de uitvoering van de caisson-sluiting.

De bodembescherming in het sluitgat Kous

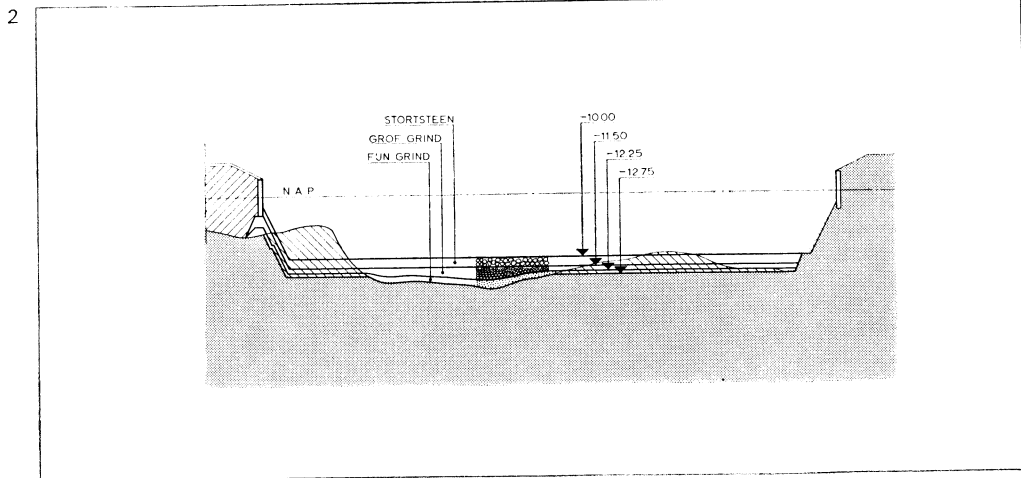
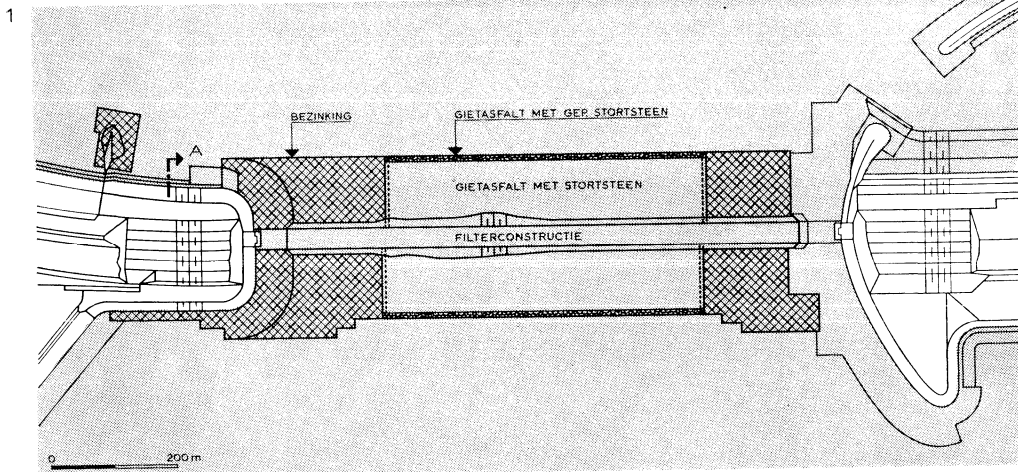
Op grond van waterloopkundige overwegingen en mede met het oog op de bestaande bodemligging wordt de drempel in het sluitgat Kous aangelegd met de bovenkant op N.A.P. - 10 m. Tijdens de sluiting moet de drempelafdekking bestand zijn niet alleen tegen grote stroomsnelheden, maar ook tegen de gevolgen van het grote verval van 2,5 à 3 m, dat juist na de sluiting van de schuiven bij bijzondere omstandigheden kan ontstaan aan weerszijden van de geplaatste caissonrij. Om te voorkomen dat onder zulke omstandigheden materiaal van onder de drempel en

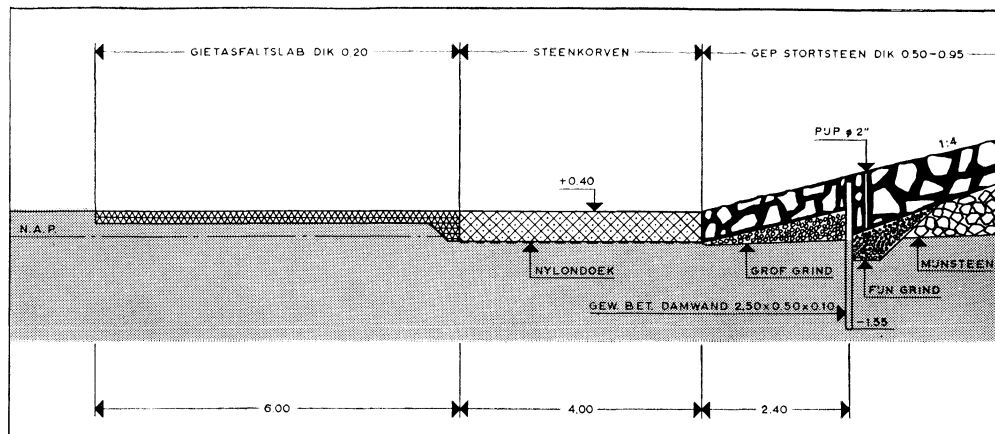
uit de drempelconstructie zelf zou worden meegenomen zal de drempel worden opgebouwd als een filter. Uit laboratoriumproeven is gebleken dat een filter, van onder naar boven bestaande uit 50 cm fijn grind, 75 cm grof grind en 1,50 m steen 10/300 kg, ook bij de te verwachten maximum vervallen aan de gestelde eis voldoet, dat de top laag van stortsteen stabiel moet blijven. voor, tijdens en juist na de caissonplaatsing. Bij proeven in het Waterloopkundig Laboratorium naar de beste drempelopbouw is uitgegaan van de slechtst denkbare omstandigheden ter plaatse: een stormvloed zoals in het Brouwershavensche Gat is voorgekomen in april 1943, toen het water rees tot 3,20 m boven N.A.P., op het ogenblik dat alle caissons op een na zijn geplaatst, en het doorstroomprofiel dus al bijna maximaal is vernauwd.

Fig. 1 Overzicht van het sluitgat De Kous

Fig. 2 Uitgraving en drempelopbouw in het sluitgat

Fig. 3 Dijkteen op de Kabbe-laarsbank, zeezijde (detail A van fig. 1)





Ook dan zal een 1,50 m dikke laag kalksteen – s.g. 2,65 – met een stukgewicht tussen 10 en 300 kg voldoende stabiel zijn.

De drempelbreedte is vastgesteld op 35 m. Dat is breed genoeg voor de 18 m brede caissons; ook bij een minder nauwkeurige caissonplaatsing blijft dan nog voldoende ruimte beschikbaar voor het aanbrengen van een steenaanstorming aan weerskanten van de caissonrij ter voorkoming van onderloopsheid. Mocht tijdens de uitvoering van de sluiting blijken dat ergens toch één caisson naast de andere buiten de doorgaande rij moet worden geplaatst dan kan daar ter plaatse een drempelverbreding van steen tegen de drempel op de bodembescherming worden opgestort. De bodembescherming en de drempel zullen ten dele op de geulbodem, ten dele in een inbaggering worden opgebouwd. Voor een deel is de inbaggering al gemaakt bij de aanleg van het damvak door het Springersdiep in 1969. Men ontleende toen het nodige zand voor de opbouw van het damlichaam aan de bodem van het Brouwershavensche Gat waar die toch moest worden verdiept voor drempel en bodembescherming van het sluitgat. In de destijds gemaakte inbaggering is plaatselijk een geul ontstaan van hier en daar wel N.A.P. - 16 m diep. Waar deze geul de drempel kruist zal hij worden opgevuld met fijn en grof grind. Verder naar het zuiden heeft men destijds een zandrug laten staan, in de hoop dat de stroom dat zand zou opruimen. Dat is maar gedeeltelijk gebeurd, en nu zal het resterende gedeelte weggebaggerd worden tot een diepte van N.A.P. - 12,75 m, de minimum diepte voor het maken van de drempel. Nog verder naar het zuiden zal een bestaande geul tot onder de

drempel worden opgevuld met fijn en grof grind. Nabij de kop van de uitbreiding van het damvak Kabbelaarsbank moet dan weer een ingraving worden gemaakt.

Het zand wordt, voor zover het gezogen kan worden, rechtstreeks in de verlenging van het damvak geperst. Het koptalud wordt aangelegd onder een helling van 1 : 5; de grondslag onder de drempel en de bodembescherming wordt afgebaggerd op N.A.P. – 12,75 m, het niveau van de bodembescherming in het sluitgat.

Voor het vaststellen van de begrenzingen van de bodembescherming is een onderzoek ingesteld in het Waterloopkundig Laboratorium. Als criterium voor het ontwerp werd gesteld dat de ontgrondingen vóór en tijdens de sluiting aanvaardbaar moeten zijn en tevens, dat geen onder de rand van de bezinking doorgaande ontgronding mag ontstaan, ook niet als de rij geplaatste caissons gedurende enige tijd open staat, terwijl de blokkendam in de zuidelijke geul al tot N.A.P. is opgestort.

Eerst zijn de ontgrondingen bepaald bij een over de gehele oppervlakte ruwe bodembescherming. Daarbij bleek dat zowel aan de zeezijde als aan de meerzijde een strook van 130 m moeten worden verdedigd, uitgezonderd nabij de landhoofden waar uitbreiding tot 160 m noodzakelijk bleek. Vervolgens is onderzocht of een deel van de bodembescherming ook uitgevoerd mocht worden als een hydraulisch gladde constructie. Toen echter bleek dat dan tenminste een ruwe rand van 70 m breedte moest worden aangelegd, is besloten de gehele verdediging ruw te maken. Uit het onderzoek kwam ook naar voren dat de bodembescherming kon worden beëindigd met

een 10 m brede gladde rand zonder dat de ontgrondingen belangrijk toenamen.

In principe stonden twee typen bodembescherming ter keuze: zanddichte zoolstukken en gietasfalt verzwaaard met steen.

Bij het ontwerp van de asfaltbodembescherming in de zuidelijke geul was reeds gebleken dat onder een waterdichte asfaltmat zo grote overdrukken zouden kunnen ontstaan, dat de mat erdoor zou worden opgelicht en door de overtrekkende stroom weggeschoven. De overdrukken die zouden optreden onder een mastiekmat in de Kous bleken evenwel kleiner: een mat van 24 cm dikte met een 200 kg zware steenbestorting zou vrijwel onder alle denkbare omstandigheden op de bodem blijven rusten. De schuifkracht door de stroom op de mat uitgeoefend zou daaren-

Het damvak door het Springersdiep



boven zeer laag zijn en juist aangrijpen over dat deel van de mat dat niet opgelicht zou worden, zelfs niet onder de zeer extreme omstandigheid dat de stormvloed van april 1943 zich zou herhalen, die een overschrijdingsfrequentie heeft van ca. 5×10^{-3} per zomer halfjaar en 10^{-2} per jaar. Over het deel van de mat dat onder die omstandigheden vrijwel los van de bodem zou komen, waren de schuifkrachten verwaarloosbaar klein. Een 24 cm dikke mastiekmat moet worden opgebouwd uit zoveel mogelijk dunne lagen: drie lagen van acht centimeter zou goed zijn. Daardoor wordt niet alleen de warme vloeï beperkt, die met de laagdikte toeneemt, maar ook bereikt men een gelijkmatiger laagdikte van de totale bodembescherming. Beperking van de warme vloeï is van belang bij het afdekken van bodemgedeelten waar ribbels met steile hellingen voorkomen. De banen worden 'dakpangewijs' aangebracht: steeds overlappen ze elkaar met $\frac{2}{3}$ van de baanbreedte. De mogelijkheid bestaat dan evenwel dat er vóór het aanbrengen van een volgende laag, op de vorige zand is afgezet waardoor goede hechting van de ene laag op de andere wordt verhinderd. Bij waterloopkundige proeven is gebleken dat er geen gevaar bestaat voor uitspoeling van bodemzand door de op die manier ontstane 'kieuwen'. Wel zal de aanwezigheid van de kieuwen een gunstig bij-effect hebben: ze zullen de wateroverdruk onder de mat enigszins reduceren. Om meer te weten te komen omtrent het gedrag van de rand van een bestorte zowel als een onbestorte mastiekmat is nabij de Grevelingendam een proefmat, voor de helft onbestort en voor de helft bestort met 350 kg steen per m², geleidelijk ondergraven. De mat zakte langs de rand snel mee met de ondergraving; de bestorte mat brokkelde nergens af, er rolde geen steen af, want die was ongeveer 6 cm in de mastiek gedrongen. Om na te gaan met welke snelheid en hoever een steen in de mastiek dringt, heeft men ruim een jaar geleden in de Maas bij Lith een viertal proefbakken met asfaltmastiek onder water geplaatst. De watertemperatuur werd zoveel mogelijk constant gehouden om de viscositeit van de mastiek dezelfde te laten blijven. Gebleken is dat de onderkanten van een aaneengesloten laag stortsteen van 350 kg/m² bij een watertemperatuur van 15° C na 100 dagen 6 cm in de mastiek zijn gedrongen. Ook werden er proeven uitgevoerd om te zien of een laag mastiek van 6 à 7 cm dikte onder 4 m water gestort uit de uitstroomopeningen van een stortpijp, voldoende uitvloeit om een aaneengesloten laag te

krijgen. De proeven zijn uitgevoerd met verschillende asfaltmengsels. Bij proeven in de daarvoor bijzonder geschikte stroomgoot te Lith in de voormalige vistrap naast de stuw was gebleken dat een mastiekmat onder de werking van snel aanstromend water kan omkrullen en vervolgens geheel omklappen. Naar dit verschijnsel is een uitgebreid onderzoek ingesteld, gedeeltelijk in Lith, gedeeltelijk in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft. Daarbij bleek dat bij de aanstroming van de rand van een bodembescherming met hoge snelheden grote onderdrukken aan de rand van de bescherming ontstaan door de kromming van de stroomlijnen. Door de ontgrondingen samen met de stoomdruk kunnen deze verschijnselen de rand van de bescherming doen oplichten en omklappen. Het verschijnsel kan zowel voorkomen bij een mastiekmat als bij een zinkstuk. Het omklappen kan worden verhinderd door de rand van de bodembescherming te verzwaren. Wel dient te worden verhoed, dat de verzwaring van de bodembescherming afvalt. Voor een mastiekbodembescherming blijkt een verzwaring per m² met 500 kg steen gepenetreerd met 300 kg asfalt ruim voldoende om zelfs bij extreme omstandigheden niet om te klappen. De steen wordt op de bodembescherming vastgehouden door de asfalt-penetratie. Voor een bodembescherming van zinkstukken blijkt eveneens een verzwaring nodig met 800 kg/m². Om er zeker van te zijn dat de verzwaring te allen tijde op het stuk blijft, kan ze worden aangebracht in de vorm van 1,5 m lange betonbalken die aan het uiteinde van de zool van de zinkstukken worden vastgemaakt. De methode volgens welke deze stukken gezonken dienen te worden, moet aan de hand van een serie proeven in de praktijk worden vastgesteld. Op grond van bovenstaande onderzoeken kan geconcludeerd worden dat de twee bodembeschermingsconstructies waartussen men te kiezen had in de belangrijkste opzichten aan elkaar gelijkwaardig zijn. Besloten is een bodemverdediging te maken van ten dele asfaltmastiek, ten dele zinkstukken. Op de koppen van de damvakken en in het verlengde ervan zullen zinkstukken worden geplaatst en in het midden van de verdediging wordt een mat van asfaltmastiek gelegd.

Door de uitvoering van het Deltaplan zullen de dwars op de kust staande stromingen in de zeegaten zo goed als verdwijnen, en komen de evenwijdig aan de kust gerichte stromingen dichterbij. Het stromingsregime verandert dus in belangrijke mate, en dit laat ook de onderwaterdelta niet onberoerd. In algemene zin werden de toekomstige veranderingen al besproken in Bericht nr. 43 (februari 1968), blz. 115 vlg.

Veranderingen in de bodemfiguratie langs de kust

Te verwachten is, dat de vorm van de onderwaterdelta ten gevolge van de afsluitingswerken zal veranderen, en wel in die zin dat de dieptelijn van N.A.P. – 20 m, die men aanneemt als de begrenzing van de onderwaterdelta, zich landwaarts zal verplaatsen. Men zal dan ook grotere golven vlak onder de kust moeten verwachten. De veranderde golven en stromen zullen ook de zandbeweging beïnvloeden. Vermoedelijk zal de hoeveelheid zand die langs de Delta heen en weer trekt, na het voltooiën van de afsluitingen groter zijn dan thans. De Deltacommissie heeft er destijds in haar rapport al op gewezen dat de veranderingen in de zandbeweging als gevolg van de afsluiting der zeegaten mogelijk ook effect zal hebben op de zogenaamde 'schone kust' ten noorden van de Rotterdamse Waterweg. In dit kustgedeelte zal trouwens ook de invloed merkbaar worden van de uitbouw van de havendammen van de Europoort en van Scheveningen. Het is thans nog niet mogelijk de toekomstige kustontwikkeling in het Deltagebied en langs de schone kust met enige nauwkeurigheid te voorspellen. Wel kunnen reeds enige globale inzichten verkregen worden. Daarvoor is het nodig de ontwikkelingen in de natuur zo goed mogelijk te volgen. Zowel langs de Deltakusten als langs de schone kust worden dan ook reeds enige jaren bewakingslodingen en strandwaterpassingen uitgevoerd, waaruit kustprofielen kunnen worden afgeleid; de uitlodings- en waterpassing verkregen kustprofielen worden met elkaar vergeleken om een indruk te krijgen van het gedrag van de kust en zo mogelijk van de ontwikkeling ervan, in ruimte en tijd. De interpretatie van de veranderingen die

zich met het verstrijken van de tijd in deze kustprofielen voordoen is echter niet eenvoudig. De kustprofielen vertonen twee soorten veranderingen; sommige verschillen zijn op korte termijn opgetreden, laat ons zeggen een paar dagen, en andere blijken eerst op een termijn van jaren. Tijdens een periode van aanhoudend mooi weer bijvoorbeeld kan op de hoog-water-lijn een hoge zandrug worden opgeworpen, die bij de eerstvolgende flinke golfaanval in één getij weer volledig wordt afgevlakt: dat is natuurlijk een korte-termijn-variatie. Zulke veranderingen hebben geen feitelijke invloed op de groei of afslag van de kust. Voor het bepalen van de kustontwikkeling zijn alleen de variaties op lange termijn maatgevend. De invloed van waterbouwkundige werken op aangrenzende kustgedeelten kan ook alleen aan deze langdurige effecten worden afgemeten. De kustprofielen die de onderzoeker onder ogen krijgt, vertonen echter de lang- en de kortlopende verschijnselen tegelijk, en in het materiaal zelf is geen enkele aanwijzing te vinden om de twee klassen van veranderingen te onderscheiden. Wanneer op een bepaald moment binnen het proces van voortdurende veranderingen een kustprofiel wordt opgenomen garandeert niets dat de omstandigheden die aan de waarneming voorafgegaan zijn, bij de volgende profielopnamen gelijk zullen zijn. Het is integendeel waarschijnlijk dat profielen opgenomen na een periode met storm verschillen van profielen na een periode met mooi weer. Om de korte-termijn-effecten te kunnen elimineren zou het bijvoorbeeld nodig zijn te weten of zomerprofielen stelselmatig verschillen van winterprofielen. Kortom het is van groot belang te kunnen

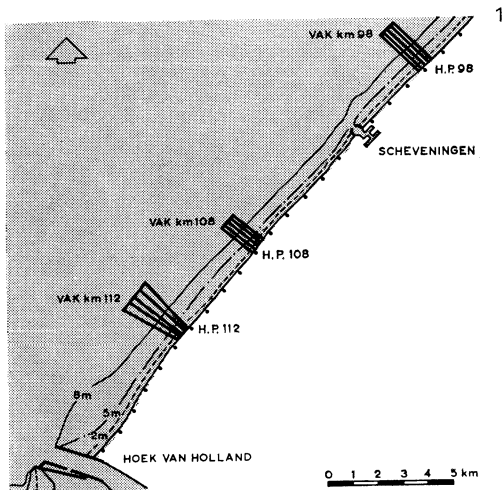
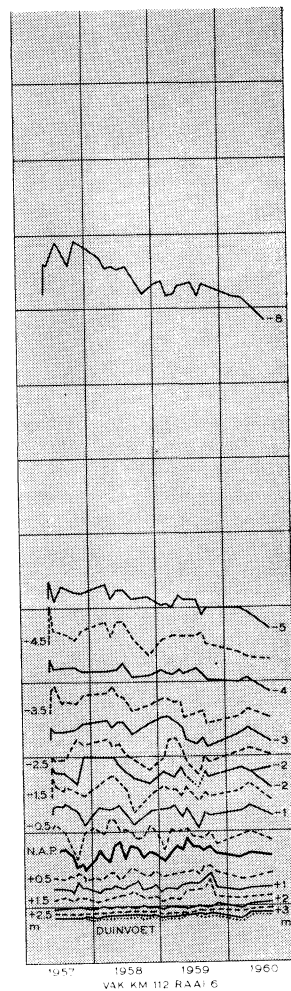
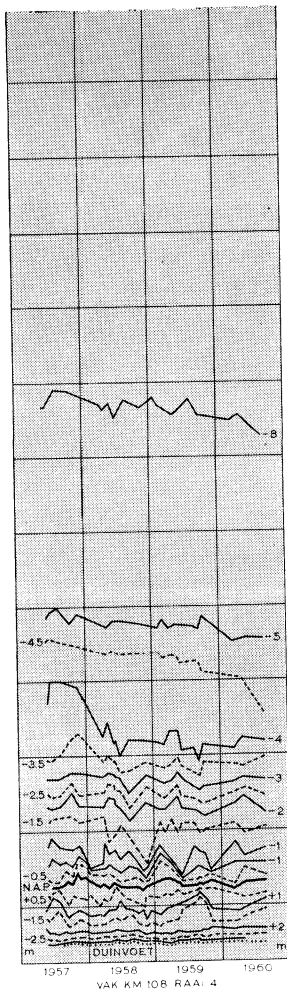
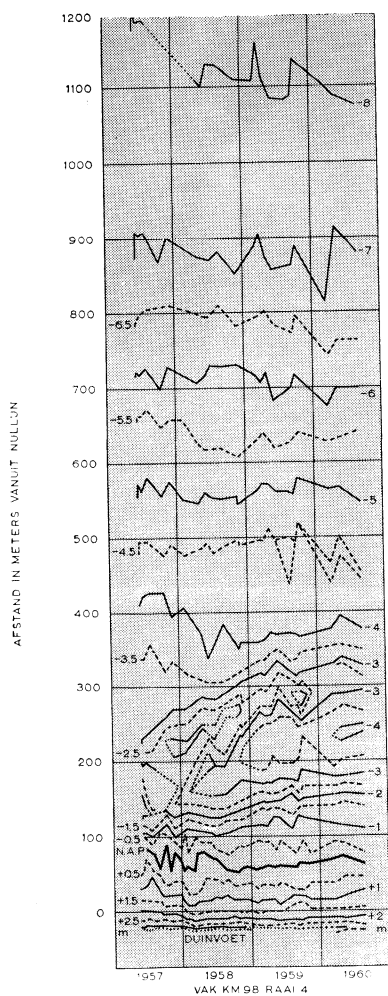
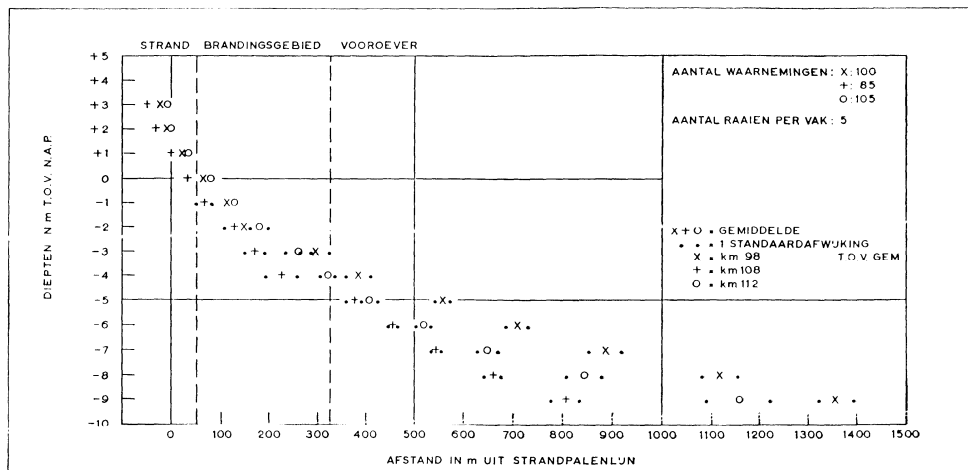


Fig. 1 Ligging van de meet-raaien in het proefgebied

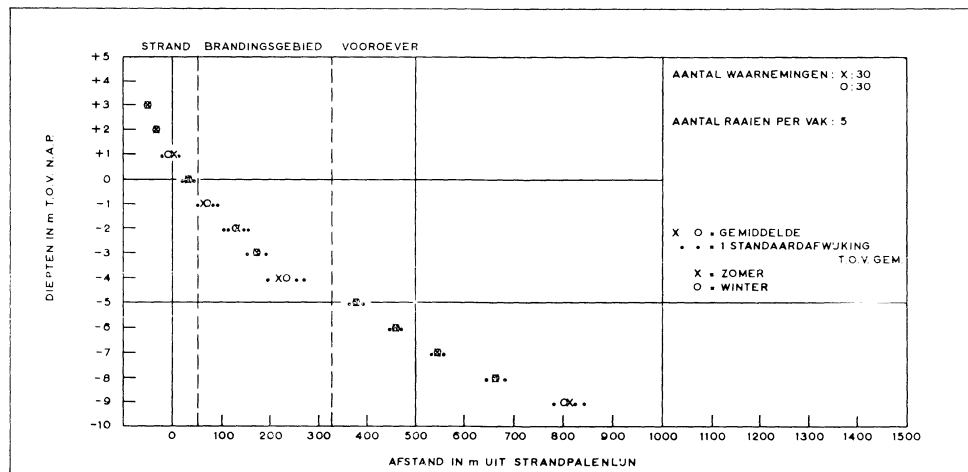
Fig. 2 Verandering van de ligging der dieptelijnen over een aantal jaren



3



4



5

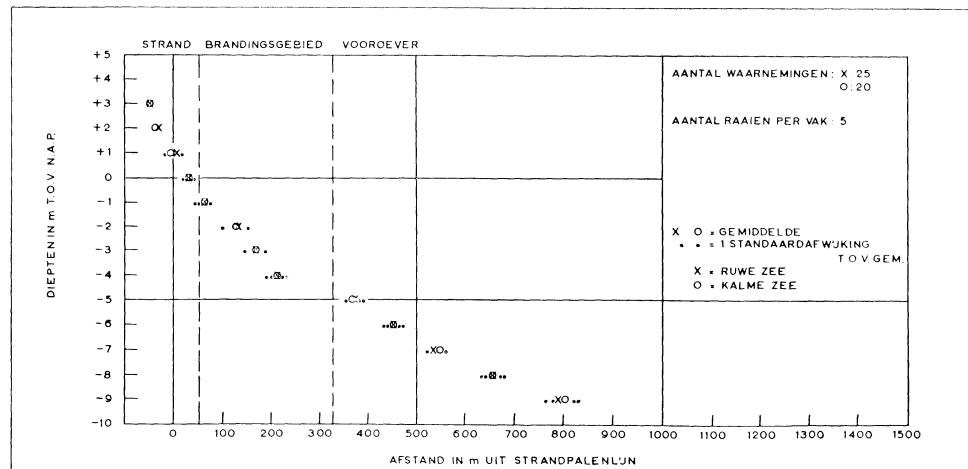


Fig. 3 Kustprofielen op drie verschillende plaatsen langs de kust van Delfland

Fig. 4 Verschil tussen de kustprofielen in één raai in zomer en winter

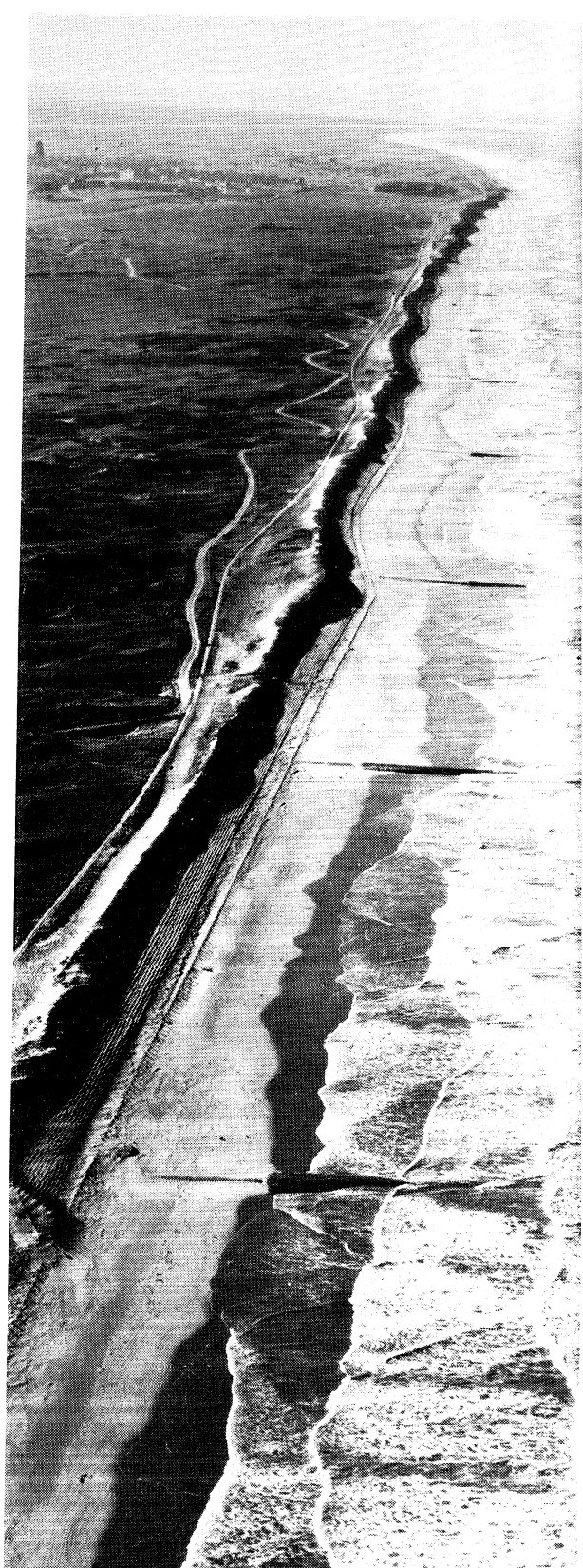
Fig. 5 Verschil tussen de kustprofielen in één raai bij kalme en ruwe zee

Foto De kust van Delfland tussen Kijkduin en Hoek van Holland

vaststellen welke profielveranderingen aan korte-termijnvariaties kunnen worden toegeschreven en hoe groot de veranderingen moeten zijn om als veranderingen op lange termijn te kunnen worden aangemerkt. Om hier meer inzicht in te krijgen is in samenwerking met het Hoogheemraadschap van Delfland een onderzoek verricht langs de schone kust.

Voor de proefnemingen werden drie gebieden uitgekozen, een ter hoogte van km 112 bij Monster, een bij km 108 te Ter Heide en een bij km 98, ten noorden van Scheveningen. De beide eerstgenoemde gebieden liggen tussen de Delflandse Hoofden; het laatste niet. In elk gebied werd in zes raaien gelood en gewaterpast en wel in vier jaar tijd 24 keer. Per profiel werden met hoogteintervallen van 1 m de afstanden getabelleerd vanaf een vast punt op de kust tot de dieptelijnen van N.A.P. + 3 m, N.A.P. + 2 m enzovoort tot N.A.P. - 10 m. In het brandingsgebied, waar breker-ruggen voorkomen, werd alleen de kortste afstand van de dieptelijnen tot de nullijn genomen. Voor één raai per gebied zijn deze gegevens grafisch weergegeven in figuur 2. Per gebied en per raai zijn dus 24 series van deze afstandsbepalingen tot de onderscheiden dieptelijnen beschikbaar. Deze 24 series kunnen volgens verschillende criteria worden samengevoegd in groepen. Voor het doel van het hier beschreven onderzoek werd een verdeling gemaakt naar jaar van opname, seizoen van opname (zomer of winter) en naar windomstandigheden (opname na stormperiode dan wel na rustig weer).

Met behulp van statistische methoden werd voor elke dieptelijn nagegaan of de waar-



nemingen in de ene groep significant verschillen van die in de andere groep. Ook werd het gemiddelde van de waarden in elke groep berekend alsmede de standaardafwijking, die een maat is voor de spreiding van de meetresultaten.

Beschouwen we de resultaten van dit onderzoek dan kunnen we allereerst vaststellen hoe de profielvariëaties in de drie vakken van elkaar verschillen. Daartoe middelen we per dieptelijn alle waarnemingen die in één vak werden verricht. Het vak benoorden Scheveningen blijkt dan de flauwste profielen te hebben en het vak bij Ter Heide de steilste. De spreiding in de waarnemingen neemt toe met de diepte. Dit heeft echter geen reële betekenis, het moet worden toegeschreven aan de geringere nauwkeurigheid van de afstandsbeoordeling bij het flauwer worden van de profielen. Op diepten tussen 3 en 4 m beneden N.A.P. is de spreiding eveneens groot; juist in deze zone liggen de brandingsruggen die zich gemakkelijk op korte termijn verplaatsen. Opvallend is hoe gering de profielvariëaties op het droge strand zijn in vergelijking met het onder water gelegen gedeelte. De profielvariëaties per vak bleken niet belangrijk te verschillen.

Vergelijken we de waarnemingen per vak, maar nu onderscheiden per jaar, dan blijken er evenmin significante verschillen op te treden; ook kon geen bepaalde ontwikkeling in de tijd worden gesignaleerd. Hieruit werd geconcludeerd, dat de drie kustvakken gedurende de vierjarige waarnemingsperiode stabiel waren gebleven en geen variëaties op langere termijn vertoonden. De opgetreden veranderingen in de kustprofielen moesten derhalve als korte-termijnvariëaties beschouwd worden; daarmee was een goed inzicht verkregen in de grootte-orde van deze variëaties, die overigens strikt genomen slechts geldt voor de beschouwde vakken.

Werden de waarnemingen per jaar gegroepeerd voor elke meetraai afzonderlijk, dan bleken in een aantal raaien in sommige dieptelijnen door de jaren heen wel opmerkelijke variëaties op te treden. Dit leidt tot de slotsom dat profielvariëaties in één raai een onjuist beeld kunnen geven van de kustontwikkeling in de tijd over een groter strandvak. De ontwikkelingen in één raai kunnen aanzienlijk verschillen van een op 50 m afstand naastliggende raai, zelfs in een gebied met strandhoofden, zoals langs de kust van Delfland, waar de profielvariëaties over het algemeen kleiner zijn dan aan een onverdedigde kust. Dit duidt erop, dat de ontwikkelingen van een groter kustvak beter

kunnen worden gevolgd met behulp van geschematiseerde dieptelijnen gebaseerd op een groot aantal profielen dan met een aantal min of meer toevallig gekozen profielen. Voorts werd nagegaan of er in de drie vakken opvallende verschillen bestaan tussen profielen die in de zomerperiode mei tot september zijn opgenomen, en die in de winterperiode oktober tot april werden gemeten. Dit bleek niet het geval te zijn.

Tenslotte is gekeken of de profielen, opgenomen na een ruwe zee, duidelijk afwijken van die na een mooiweerperiode. Onder ruwe zee werd hier verstaan een toestand waarbij de op het lichtschip Goeree gemeten golven gedurende 3 dagen vóór de meetdatum minstens gedurende 6 uren hoger waren dan 1 m. Noch in de raaien noch in de kustvakken bleken significante verschillen tussen de profielen die waren onderscheiden naar ruwe en kalme zee. Ditzelfde was eerder geconstateerd bij onderzoeken van kustprofielen bij Katwijk en op de eilanden Voorne en Goeree. In zekere zin is deze uitkomst verrassend. In vele kustgebieden is gebleken dat de profielen op het strand vlak na een storm belangrijk verlaagd kunnen zijn. Lodingen van de vooroever zijn echter slechts mogelijk bij kalme zee en er verlopen dus minstens enige dagen, maar veelal een week, tussen de storm en de daarop volgende loding. De aanpassing van de profielen aan de rustiger zeecondities na de storm blijkt zo snel te verlopen dat bij de loding de uitwerking van de storm op het profiel niet meer is vast te stellen.

Het beschreven onderzoek heeft een aantal conclusies opgeleverd die van belang kunnen blijken bij de interpretatie van periodiek op te nemen kustprofielen. Wil men de ontwikkelingen in een kustvak goed volgen, dan kan men niet volstaan met één enkele raai in dit vak periodiek op te nemen; de opmetingen zullen in een aantal raaien moeten worden gedaan op onregelmatige onderlinge afstanden van zeg enige honderden meters. Op basis van de dieptegegevens in de raaien kan een schematisch beeld worden verkregen van het dieptelijnenpatroon. De veranderingen in dit patroon kunnen een adequaat beeld geven van de kustontwikkeling. Voor een statistische analyse van de profielvariëaties zal de frequentie van de metingen hoog moeten zijn; de dagen waarop de opnamen worden verricht, kunnen echter willekeurig in het jaar worden gekozen.

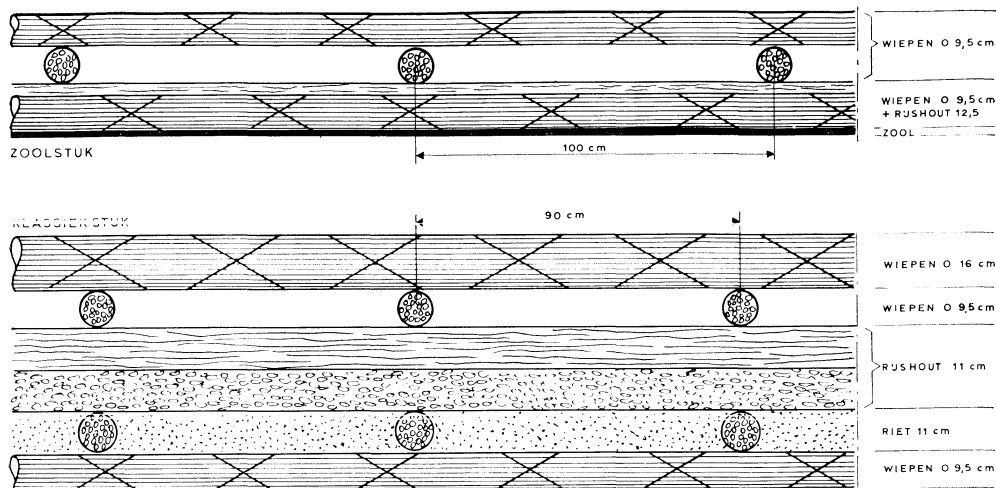
Onderzoek naar de wrijvingscoëfficiënt tussen zinkstuk en ondergrond

Ter beëindiging van de bodemverdediging bij de uitwateringssluizen in het Haringvliet is een serie zinkstukken aangebracht op de hellende onderwatertaluds van de landhoofden van de sluisen. De taludhellingen ter plaatse bedroegen 1 : 5 en 1 : 10. Op sommige plaatsen bleken de zinkstukken van het talud te glijden. Eerst trad dat verschijnsel op bij een zogenaamd zoolstuk, later ook bij een klassiek zinkstuk, dat was neergelegd ter vervanging van het falende zoolstuk. Om inzicht te krijgen in de oorzaken van deze tegenslag, is onder meer een onderzoek ingesteld naar de weerstand die zool- en zinkstukken hebben tegen afglijden van een talud. Als een stuk van de helling glijdt, is de evenwichtsgrens kennelijk overschreden. Omtrent de stabiliteit van die stukken die nog waren blijven liggen wist men niets, zodat ook de kans niet kon worden geschat, dat ze alsnog zouden wegglijden. Om dienaangaande iets te weten te komen is toen een aantal proeven gedaan op het Voornse strand in de nabijheid van de werkhaven van Hellevoetsluis. Onderzocht werden de weerstand tegen glijden van een zoolstuk en van een klassiek zinkstuk, beide achtereenvolgens op een ondergrond van zand en van slib. De proeven zijn uitgevoerd op een horizontaal strandgedeelte met zinkstukjes waarvan de grootte wegens de beschikbare trekkracht beperkt moest blijven tot 5×10 m. Aan de korte zijde van de stukken was een voorziening aangebracht met behulp waarvan de horizontale trekkracht van een lier zo gelijkmatig mogelijk over de rand werd verdeeld. Het proefstuk werd eerst belast met 100 kg per m². Bij deze belasting werd driemaal achtereen de trekkracht in werking

gesteld en geleidelijk opgevoerd, tot het stuk begon te schuiven. Op dat moment werd telkens de grootte van de trekkracht afgelezen. Het gemiddelde van de drie verkregen waarden is voor verwerking in de grafieken gebruikt. De proefseries werden herhaald nadat de grindbelasting van het stuk telkens met 100 kg per m² was verhoogd, tot een maximum van 600 kg/m². Eerst werd getrokken terwijl het zinkstuk net boven water lag op zand en slib die met water waren verzadigd. Op zandige ondergrond werd zo driemaal een serie van drie getrokken. Vervolgens, toen het water was opgekomen, trok men het stuk, belast met 300 kg/m², driemaal onder water voort. Bij het daaropvolgende laagwater werd een tweede groep van driemaal drie schuifproeven verricht. Het daaraan volgende hoogwater gaf de gelegenheid om het zinkstuk, belast met 600 kg/m² nog driemaal onder water te verplaatsen.

Op gelijke wijze is getracht zowel een zoolstuk als een klassiek zinkstuk over een ondergrond van slib te trekken. Met het zoolstuk lukte het nog wel de proef over enkele getijden te verdelen, zij het dan dat de gemeten waarden op den duur wat onbetrouwbaar werden, omdat het stuk in het zachte slib verkleefde. Het klassieke zinkstuk echter zakte langzamerhand in het slib weg, omdat de wateroverspanning door een dergelijk stuk sneller kan verdwijnen. Dat noodzaakte ertoe, de trekproeven over slib met het klassieke zinkstuk achter elkaar uit te voeren. De onder water gevonden schuifweerstand bleken na omrekening goed overeen te stemmen met de boven water gevonden waarden. Ter plaatse van de proefneming zijn, rondom de zinkstukjes, acht grondmonsters genomen tot een diepte van een halve meter; de monsters zijn onderzocht op watergehalte en samenstelling van de grond, terwijl tevens de inwendige wrijvingshoek werd bepaald.

Beziet men in figuur 2 de globale resultaten van de proeven, dan zal men de betekenis van de verschillende constructies voor de schuifweerstand licht overschatten. Het feit dat het zoolstuk op zand een steeds dalende wrijvingscoëfficiënt te zien geeft, terwijl die bij het klassieke zinkstuk stijgt, moet hoofdzakelijk daaraan toegeschreven worden dat het zand onder het zoolstuk na een paar keer trekken steeds beter wordt geschikt, terwijl zich bij het klassieke stuk zandruggen vormen tussen de wiepen; dit zinkstuk graaft zich als het ware in. Als men deze effecten aftrekt, blijken de wrijvingscoëfficiënten van een zoolstuk en een klassiek stuk op een onder-



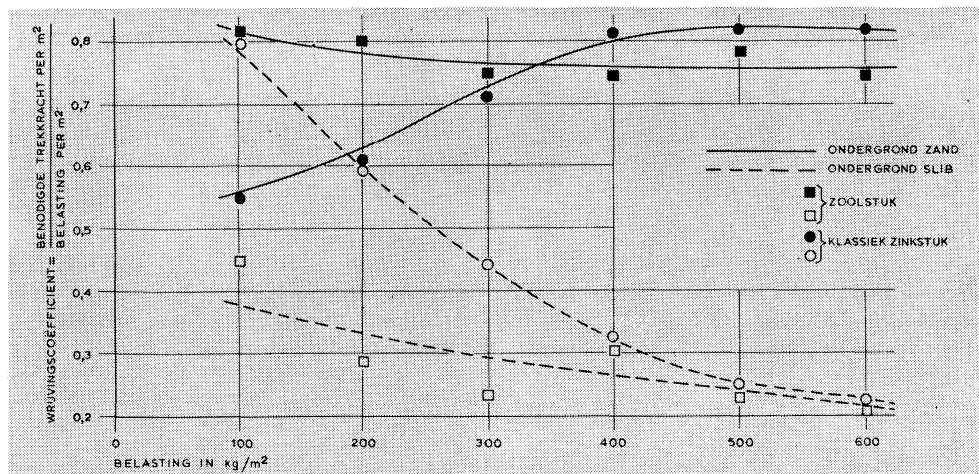
1

		Fijn zand met schelpresten	Slap klei-houdend zand
volumegewicht	t/m ³	1,90	1,50
hoek van inwendige wrijving	sex.gr.	33°	20°
cohesie	kg/cm ²	—	—
watergehalte	% v.h. korr.	22	85
poriënvolume	% v.h. totaal	39	70
maatgevende diameter	1/1000 mm	140	10

Fig. 1 Doorsnede van een zoolstuk en een klassiek stuk

Fig. 2 Verloop van de wrijvingscoëfficiënt van een zoolstuk en een klassiek stuk over verschillende ondergrond bij toenemende belasting

2



3

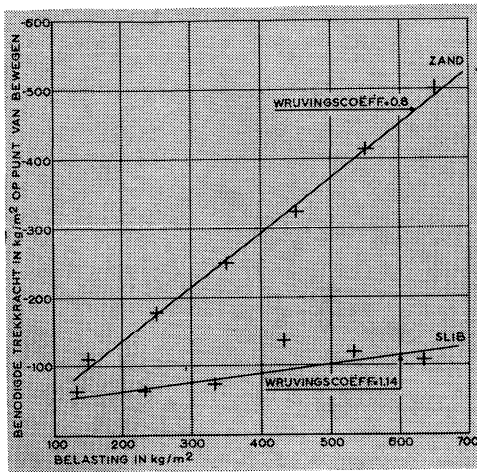
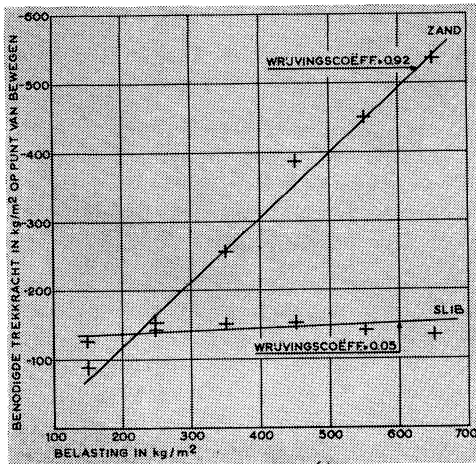


Fig. 3 Verloop van de wrijvingscoëfficiënt van een zoolstuk op een ondergrond van zand en van slib bij toenemende belasting

Fig. 4 Verloop van de wrijvingscoëfficiënt van een klassiek stuk op een ondergrond van zand en van slib bij toenemende belasting

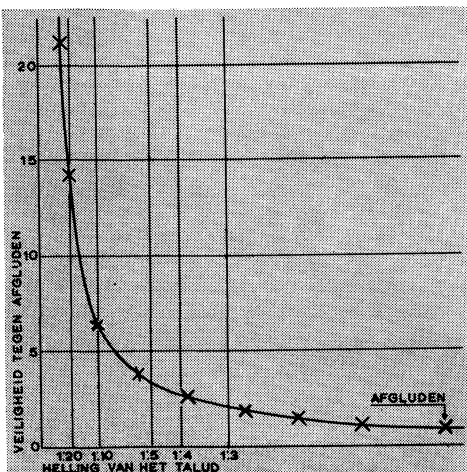
Fig. 5 Veiligheid tegen afglijden van een helling bij een wrijvingscoëfficiënt van 0,75

4



grond van zand elkaar niet veel te ontlopen: de wrijvingscoëfficiënt, dat is de voor verplaatsing nodige trekkraft gedeeld door de verticale belasting van het stuk, ligt in beide gevallen tussen 0,7 en 0,8. Gaat men voor de twee constructies gelijkelijk uit van een wrijvingscoëfficiënt 0,75 dan kan een diagram worden opgesteld van de weerstand die deze stukken bezitten tegen afglijden van een zandtalud met een zekere helling. (Zie fig. 5.) De gevonden wrijvingscoëfficiënt op een ondergrond van slib komt bij een zoolstuk en een klassiek stuk eveneens op verschillende wijze tot stand. Bij de aanvang van de trekproef, wanneer de wateroverspanning een grote rol speelt, biedt de ruwe onderkant van het klassieke zinkstuk meer weerstand dan de gladdere onderzijde van het zoolstuk. Aangezien men bij het afzinken van de stukken vooral met die initiële fase te maken heeft, is dit verschil niet onbelangrijk. Veiligheidshalve doet men er evenwel goed aan, de weerstandscöëfficiënt van beide stukken op slib niet hoger te stellen dan 0,2.

5



Behalve dat we nu de globale waarden van de weerstandscöëfficiënten kennen, weten we ook dat de beide beproefde constructies in dit opzicht geen belangrijke verschillen vertonen. Gebleken is dat men om de oorzaken te leren kennen van het afglijden der stukken van een talud, vooral de aandacht moet vestigen op de ondergrond ter plaatse: de wrijvingscoëfficiënten blijken vooral bij verschillende ondergrond belangrijk van elkaar af te wijken.

Bij de opzet van het Deltaplan heeft van de aanvang af naast het primaire doel het achterliggende land tegen overstroming te beschermen, de verbetering van de verkeersverbindingen over land een belangrijke rol gespeeld.

Het secundaire wegensstelsel op en rondom de Haringvlietdam

Door de aanleg van wegen over de afsluitdammen ontstaat een stamien van doorgaande wegverbindingen dat een volledige ontsluiting mogelijk maakt van het voordien geïsoleerde eilandengebied. Het verkeer over de dammen zal grotendeels een doorgaand karakter hebben. Toch zal er, zij het op geringere schaal, ook lokaal verkeer plaats hebben over de dammen; de omvang daarvan hangt in sterke mate af van de ruimte die men er voor schept: het lokale verkeer zal voor een deel langzaam verkeer zijn, dat op een snelweg niet wordt toegelaten. Bij het ontwerp van de dam door het Haringvliet zijn over de dam zowel primaire als secundaire wegen geprojecteerd. De primaire en de secundaire weg lopen zelfs geheel gescheiden en onafhankelijk van elkaar.

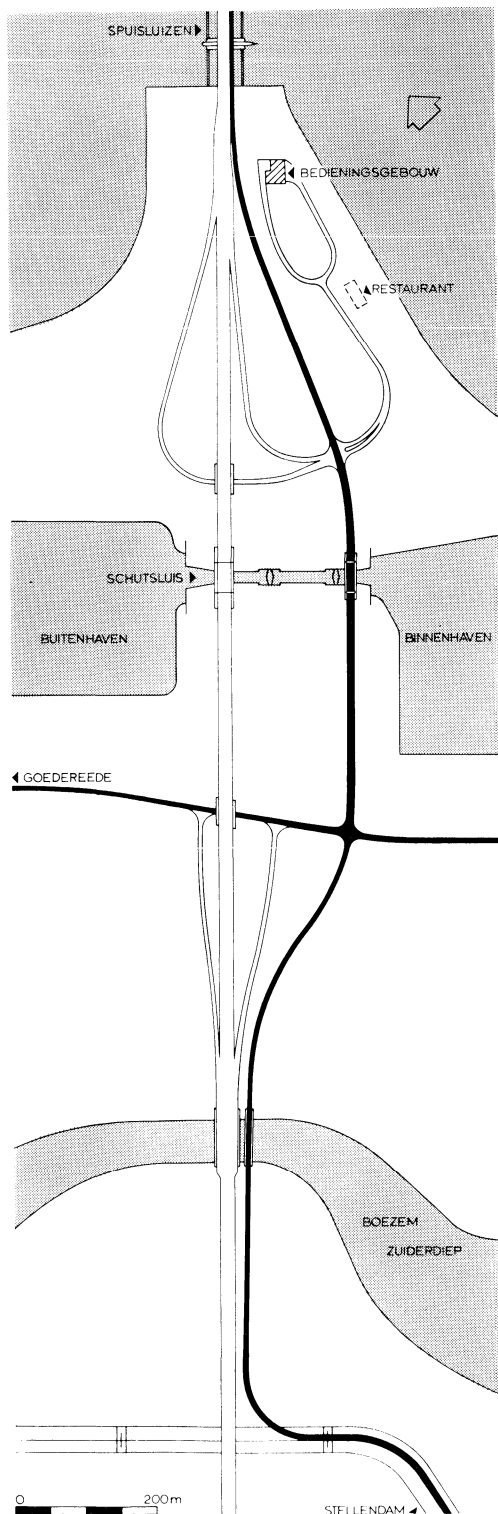
Vorm en afmetingen van het wegencomplex over de dam worden in sterke mate bepaald door de uitwateringssluizen, die de afsluitdam over een lengte van 1 km onderbreken; op de sluisen is nu eenmaal minder ruimte dan op de dam zelf. Op grond van de inzichten in de jaren 1956/57, toen de sluisen werden ontworpen, is voor de wegen over de uitwateringssluizen een totale breedte van 22 m gekozen, onder te verdelen in twee maal twee rijstroken van 3,20 m voor snelverkeer, één secundaire weg met een breedte van 4,50 m en een voetpad van 1,05 m breed; alle rijbanen en paden onderling gescheiden door vangrails.

Behalve de uitwateringssluizen bevat de dam door het Haringvliet nog enkele kunstwerken. 700 m ten zuiden van het zuidelijk landhoofd van de uitwateringssluizen werd een schutsluis gebouwd, en weer 800 m meer naar het zuiden moest de Zuiderdiepboezem

worden overbrugd. De bruggen voor primair en secundair verkeer over het Zuiderdiep werden om technische en economische redenen vlak naast elkaar gebouwd; de primaire weg ligt hier 4 m hoger dan de secundaire.

Tussen de overbrugging en de uitwateringssluizen wijken de twee wegen uit elkaar: de primaire weg wordt over het westelijk sluishoofd van de schutsluis gevoerd, de secundaire over het oostelijke. De secundaire weg is onder meer bedoeld om het lokale verkeer toegang te verschaffen tot de havens aan weerszijden van de schutsluis; daartoe wordt een afrit gemaakt ter plaatse van de haventerreinen. Bovendien werd vanaf het kruispunt bij de binnenhaven een weg geprojecteerd naar Goedereede-Havenhoofd. Deze oost-westverbinding moest de snelverkeersweg ongelijkvloers kruisen, zodat een viaduct noodzakelijk was.

Daartoe genoodzaakt door de geringe beschikbare ruimte tussen de overbrugging van het Zuiderdiep en dit viaduct heeft men slechts een deel van de op- en afritten van de snelweg ten zuiden van de schutsluis geprojecteerd, en een ander deel ten noorden ervan: voor de afrit richting Voorne-Putten en de oprit richting Goeree-Overflakkee werd ten zuiden van de schutsluis juist voldoende terrein gevonden, zij het dat de invoeg- en uitrijstroken op de overbrugging vielen. De afrit richting Goeree-Overflakkee en de oprit richting Voorne-Putten zijn geprojecteerd op het terrein tussen de schutsluis en de uitwateringssluizen. De afrit geeft via een tussenweg aansluiting op het knooppunt van secundaire wegen. Zo kan men ook het bedieningsgebouw van de uitwateringssluizen



en een daar vlakbij eventueel te bouwen restaurant vanaf de snelweg bereiken. Daar waar de afritten van de snelweg samenvallen met de secundaire weg, wordt de wegverharding 9 m breed. Overigens heeft het secundaire wegensysteem een rijbaanbreedte van 6 m.

De gehele secundaire weg is een voorrangsweg. Bij de kruispunten telt deze weg drie rijstroken, waarvan de middelste is voorbehouden aan het links afslaande verkeer, hetgeen de snelheid van de verkeersafwikkeling bevordert.

De hoofdverkeersweg daalt van N.A.P. + 18 m over de uitwateringssluizen in rechte lijn naar het zuiden onder een helling van 1 : 120. Bij de brug over het Zuiderdiep ligt deze weg nog op N.A.P. + 9,50 m.

De secundaire weg daalt van N.A.P. + 18 m op de uitwateringssluizen naar N.A.P. + 8 m op het oostelijke hoofd van de schutsluizen en vervolgens naar N.A.P. + 5,50 m bij de overbrugging van het Zuiderdiep. Het hoogteverschil van 10 m tussen uitwaterings- en schutsluizen maakt het noodzakelijk dat de weg daalt onder een helling van 1 : 60; volgens de thans geldende normen wordt dit nog juist aanvaardbaar geacht voor fietsers. Alle secundaire wegen zijn ontworpen op een veronderstelde maximum-snelheid van 70 km per uur; verkantingen en bogen zijn daarop berekend.

Zowel de voortgang van de afsluitingswerkzaamheden in het Haringvliet ten zuiden van de schutsluis als het in het voorjaar van 1970 geplande betonblokkentransport van het depot Stellendam naar het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen, drong ertoe met de uitvoering van het secundaire wegensysteem in dit gebied niet later dan eind 1969 een aanvang te maken. De secundaire wegen zullen bovendien de bereikbaarheid van de nieuwe vissershaven van Stellendam, die men tot nu toe slechts langs omleidingen en hulpwegen bereiken kon, sterk vergroten. Ook ten behoeve van de aanleg van glooiingsconstructies in het Rak van Scheelhoek zal langs deze wegen veel materiaal moeten worden getransporteerd; en tenslotte zal het secundaire wegensysteem gebruikt worden voor het afvoeren van in depots rondom de haventerreinen opgeslagen zand, wanneer dat straks gebruikt gaat worden voor wegaanleg en duinverzwaring. Uitgaande van al deze te verwachten vormen van weggebruik heeft men de verkeersintensiteit waarop de verharding moet zijn berekend gesteld op 250 wagens van 20 ton per dag, gedurende 5 dagen per

week en 50 weken per jaar. Aangenomen werd dat de intensiteit van het gebruik na 4 jaar zou afnemen, omdat de werken in dit gebied dan voltooid zullen zijn, en de secundaire wegen slechts zullen worden gebruikt voor lokale doeleinden.

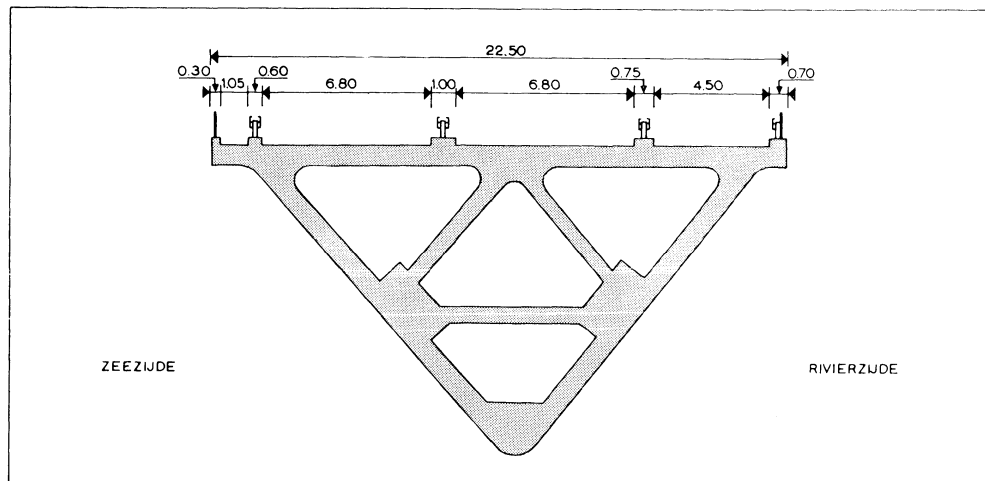
Het draagvermogen van de grond ter plaatse van de wegen bleek aan de gestelde eisen te kunnen voldoen.

De vereiste zwaarte van de bitumineuze wegverharding werd bepaald op 16 cm, en wel twee lagen grindasfaltbeton van 6 cm dikte afgedekt met een laag open asfaltbeton van 4 cm dik. Na afloop van het zware werkverkeer kan dit wegdek definitief worden afgewerkt met een 4 cm dikke laag fijn dicht asfaltbeton.

In het najaar van 1969 werd begonnen met het aanbrengen van het grondlichaam voor de

weg ten zuiden van de schutsluis. Het voor de ophogingen benodigde zand werd gedeeltelijk ontleend aan het omliggende terrein. Op plaatsen waar geen zand in de onmiddellijke omgeving beschikbaar was werd het aangevoerd uit de zanddepots ten zuiden van de binnenhaven.

Het zand werd aangebracht in lagen van 35 à 40 cm dik, die door de vrachtauto's en bulldozers zoveel mogelijk werden verdicht. Het zand voor het grondlichaam tussen de schutsluis en de overbrugging van het Zuiderdiep werd met vrachtauto's in het werk gebracht, dat tussen de overbrugging en de aansluiting op de secundaire weg bij de zeedijk te Stellendam voor het merendeel met scrapers van 18 m³ schopinhoud. Dit zware materieel, waarmee men een optimale verdichting verkrijgt van het in dunne lagen



aangebracht zand, kon hier worden ingezet omdat tegelijkertijd het grondlichaam voor de snelweg in dit gedeelte werd gevormd, waarmee totaal een grondverzet van 200 000 m³ was gemoeid.

Het grondlichaam voor het weggedeelte tussen schutsluizen en uitwateringssluizen was al eerder aangebracht, zodat hier, na verdichting van het zand met behulp van water, meteen kon worden begonnen met het aanbrengen van de wegverharding.

Het secundaire wegstelsel zuidelijk van de uitwateringssluizen is thans nagenoeg gereed, voor zover het de wegen en afritten betreft in noordelijke en zuidelijke richting.

De verbindingsweg tussen de binnenhaven en Goedereede-Havenhoofd – die van oost naar west loopt – zal pas in een later stadium worden uitgevoerd.

Indeling van de totale wegbreedte over de nabtaliggers van de Haringvlietsluizen

Verbetering van de Pettemer Zeewering

Tussen Kamp en Petten wordt de Noord-hollandse duinenrij onderbroken door een vlak en van nature voor de zee openliggend kustgedeelte. De hoogwaterkering daar is van menselijke hand, en bestaat uit een groene dijk van 5 km lengte, in het zuiden Hondsbossche Zeewering geheten en meer naar het noorden Pettemer Zeewering. De twee gedeelten van de zeeweringen worden niet op dezelfde wijze beheerd. De Pettemer is in beheer bij het Rijk terwijl de Hondsbossche door het Hoogheemraadschap Noordhollands Noorderkwartier wordt beheerd; een situatie die voornamelijk wordt bepaald door de verschillende ontwikkeling die de er achter gelegen gebieden in de geschiedenis hebben gehad. Doordat ze op verschillende wijze werden beheerd, hebben ook de beide zeeweringen een eigen ontwikkeling doorgemaakt.

De kruin van de Pettemer zeewering ligt ongeveer 1 m lager dan die van de Hondsbossche. Hoewel het nadeel van deze geringere hoogte bij de tot heden opgetreden stormvloed opgevangen kon worden door andere, positieve kwaliteiten, zoals een bredere buitenberm, biedt de Pettemer zeewering bij nog hogere stormvloed minder veiligheid dan de Hondsbossche. Toen bleek dat beide zeeweringen tengevolge van de eisen van de Deltawet verhoogd zouden moeten worden overeenkomstig de maatgevend geachte stormvloedstand ter plaatse, heeft de verbetering van de Pettemer zeewering dan ook voorrang gekregen. Het werk aan deze hoogwaterkering omvat bovendien niet alleen verhoging en verzwaring van de bestaande dijk, maar ook een landinwaarts buigende verlenging ervan met de bedoeling een betere

aansluiting te verkrijgen op de duinformatie in noordelijke richting.

De Pettemer zeewering heeft thans een lengte van 950 m. Het zuidelijke gedeelte grenst aan de landzijde aan vlak terrein – met een maai-veldhoogte van ongeveer N.A.P. + 1 m, het zogenaamde Pettemer vlak – en de noordelijke helft sluit aan de landzijde aan op een duingebied. De kruin van het zuidelijk gedeelte ligt op ongeveer N.A.P. + 7 m; de duinen achter het noordelijk gedeelte liggen op een hoogte van N.A.P. + 8 m. De dijk bestaat uit een zandlichaam afgedekt met een van land- naar zeezijde in dikte toenemende kleilaag. Op de taluds van de zeezijde is de kleilaag beschermd door een steenbekleding van basalt; de berm van het buitenbeloop is bestraat met klinkers. De buitenberm op N.A.P. + 3 m is ongeveer 30 m breed. In het benedentalud van het buitenbeloop staan drie rijen palen in de lengterichting van de dijk, overblijfsels van een uit vroeger tijd stammend doorgaand paalscherp.

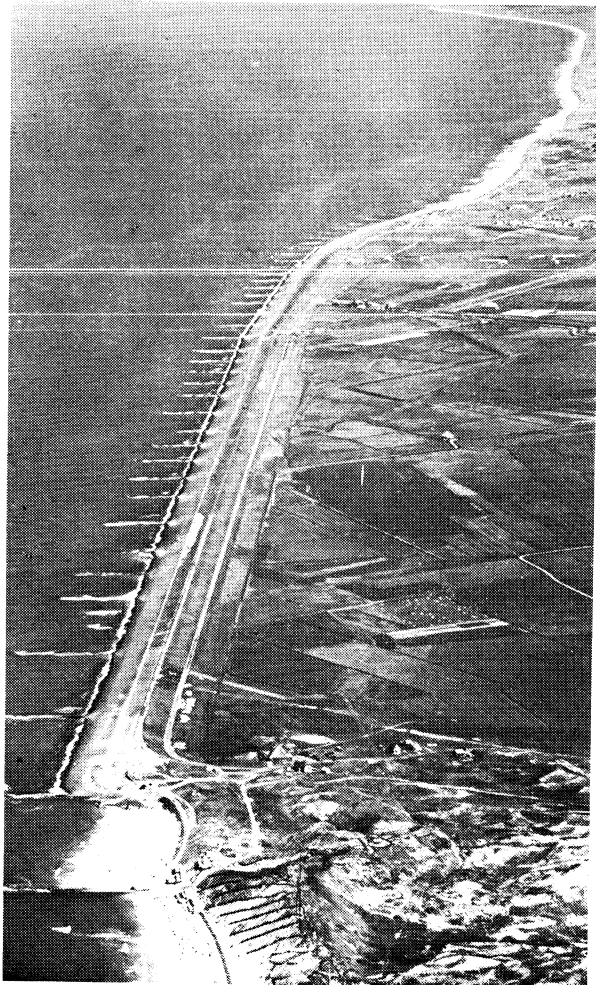
Tegen de buitenzijde van de dijk ligt een aantal hoofden, met de stenen kruin op N.A.P., die rondom zijn bezonken, evenals de laagwaterberm voor het buitenbeloop. Aan het noordelijke einde van de dijk ligt een stenen hoofd als een soort nol in het verlengde van het benedentalud, met de bovenkant op N.A.P. + 4 m. Dit stenen hoofd had tot taak de aansluiting van de dijk op de duinenkust te beschermen en aanzanding in dit gebied te bevorderen. In 1953 is de bescherming onvoldoende gebleken, terwijl ook de aanzanding beneden verwachting bleef. Er was dus reden om de dijk niet alleen te verzwaren, maar ook te verlengen. De zeewering heeft de stormvloed van 1 februari

1953 overigens zonder grote schade doorstaan. De waterstand is ter plaatse niet opgenomen, maar hij zal iets hoger zijn geweest dan N.A.P. + 3,50 m. Het vloedmerk is op meer dan 10 m landinwaarts van de binnenberm van de dijk aangetroffen, waaruit men kan opmaken dat er aanzienlijke overslag van water moet hebben plaats gehad.

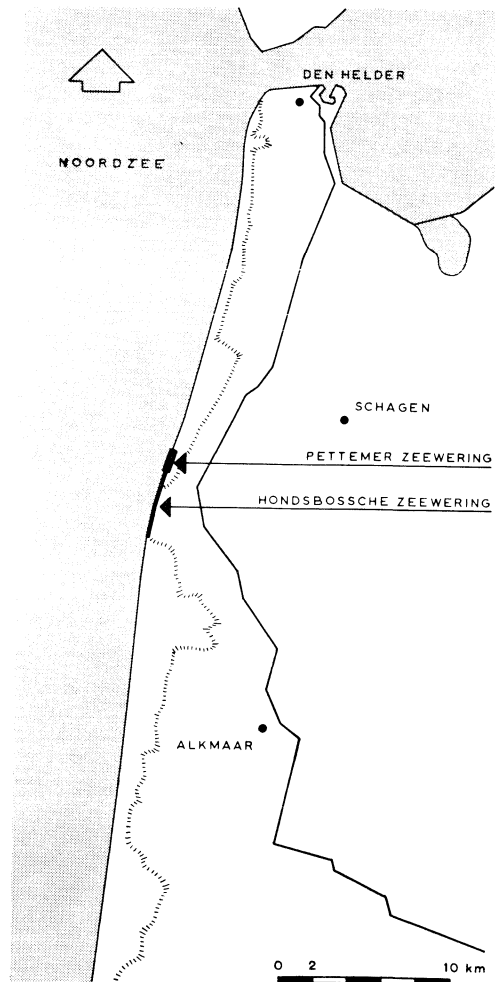
Het ligt voor de hand dat men er bij het ontwerp van de nieuwe dijk naar heeft gestreefd een dwarsprofiel te ontwerpen dat zowel voor de Pettemer- als de Hondsbossche Zeewering zou kunnen worden gebruikt. Beide zeeweringen beschermen immers hetzelfde achterland en beide staan ongeveer aan dezelfde golfaanval bloot. De Pettemer Zeewering is weliswaar iets meer naar het noordwesten gekeerd en dus blootgesteld aan een directer golfaanval, maar de golven zullen er

- 1 1 De Hondsbossche en Pettemer zeewering, gezien van zuid naar noord
- 2 Ligging van de zeeweringen
- 3 Overzicht van de nieuwe zeewering
- 4 Dwarsdoorsneden 1-4

1



2



minder hoog zijn vanwege een betrekkelijk ondiep gebied voor de kust, de zogenaamde Pettemer polder.

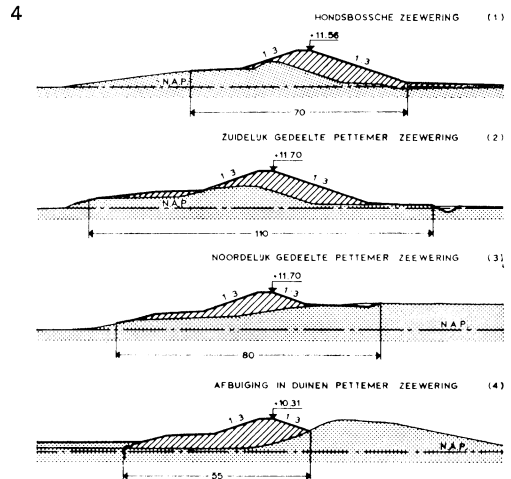
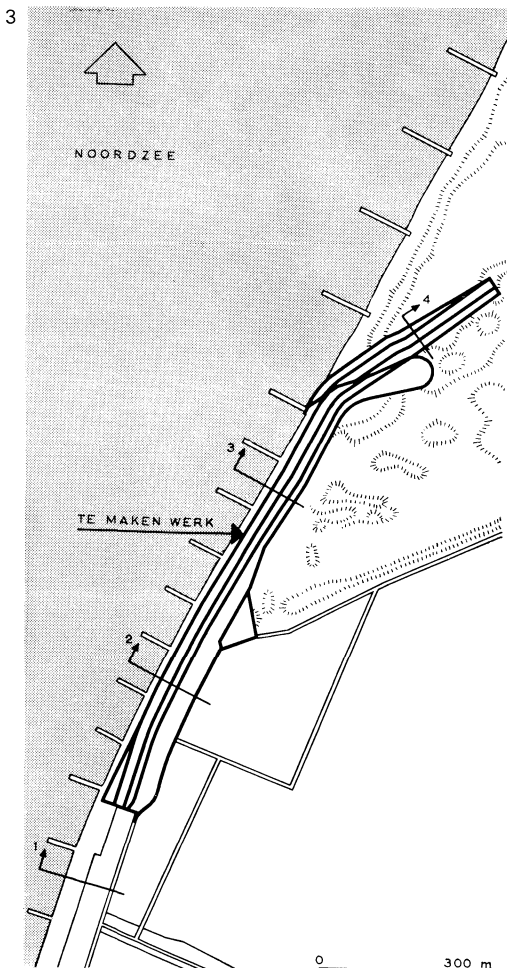
Voor de berekening van het vereiste dwars-profiel is men uitgegaan van de ter plaatse maatgevende stormvloedstand. Als zodanig werd de stand aangenomen die door de Deltacommissie voor Den Helder is vast-gesteld, hetgeen het ontwerp-peil bracht op N.A.P. + 5,05 m.

De bestaande dijk bezit reeds een buiten-berm, en het werd daardoor aantrekkelijk ook in het ontwerp van de nieuwe dijk een buiten-berm op te nemen, aangezien de kosten van aanleg lager uitkomen bij handhaving van een zo groot mogelijk deel van het bestaande profiel. Het benedentalud van de Pettemer zou bij deze constructie tot tenminste N.A.P. + 5 m moeten worden doorgezet; vanaf

N.A.P. + 3 m zou derhalve een geheel nieuw profiel moeten worden gemaakt. Bij de Hondsbossche loopt het benedentalud thans reeds door tot ongeveer N.A.P. + 5 m, zodat aan-passing eerst vanaf die hoogte nodig is.

De benedentaluds beneden N.A.P. + 3 m, respectievelijk N.A.P. + 5 m, zullen ten ge-volge van de verschillende uitgangstoestand bij de beide zeeweringen niet geheel gelijk zijn. Voor de golfoploop bij de maatgevende stormvloedstand is dit van weinig belang. Op de grens van de twee zeeweringen ligt een overgangsgebied dat ook beneden N.A.P. + 3 m enige aanpassing behoeft. Er is naar ge-streefd deze overgang zo vloeiend mogelijk te laten verlopen.

Aanvankelijk is getracht om alleen door be-rekening tot een nieuw dwarsprofiel voor beide zeeweringen te komen. Er werd een



vergelijking getrokken tussen een aantal dwarsprofielen met verschillende breedte van de buitenberm en verschillende helling van het talud erboven. De empirische formules die voor de berekening van de golfoploop op de onderscheiden profielen zijn gehanteerd, geven evenwel aanleiding tot zodanig verschil dat door de dijkbeheerders gezamenlijk werd besloten het nieuwe dwarsprofiel vast te stellen op grond van modelonderzoek. De proeven zijn verricht in de Waterloopkundige Laboratoria te Delft en in De Voorst.

Modelonderzoek

Maatgevend voor het onderzoek zijn de stormvloedstand – i.c. N.A.P. + 5,05 m – en de golfhoogte vóór de dijk. Deze tweede rand-voorwaarde is berekend, met als tussenfase

van de berekening het windveld dat de stormvloed teweegbrengt. Gevonden werd, dat bij voldoende waterdiepte een golfhoogte van 7 m en een golfperiode van 12 seconden maatgevend zijn.

Voor de bepaling van de kruinhoogte is verder van belang, welk criterium voor de wateroverslag wordt aangehouden. Aanvankelijk heeft men gemeend de hoeveelheid toelaatbaar overslagwater te kunnen vaststellen door metingen bij de huidige situatie en door simulering van de stormvloed van 1953, maar de onzekerheid over de werkelijk opgetreden golfhoogten heeft het niet mogelijk gemaakt tot een voldoende nauwkeurige bepaling te komen. Daarom is tenslotte het door de Deltacommissie aanbevolen criterium van 20% golfoverschrijding aangehouden. Naast deze veronderstelling aangaande het aantal golven dat de kruin bereikt of overschrijdt, is ter vergelijking toch ook de hoeveelheid overslagwater bepaald, zonder dat deze bepaling overigens nog van invloed was op de vormgeving van het profiel. Als dwarsprofiel van het model is gekozen een tot 1/40 verkleind profiel van de Hondsbossche Zeewering op 25 m ten noorden van hoofd 12 van deze zeewering, en wel het gedeelte gelegen tussen N.A.P. - 10 m en N.A.P. + 5 m. Dit profiel is representatief voor de Hondsbossche Zeewering en dus tevens bruikbaar en meer zekerheid gevend voor de Pettemer Zeewering, waarvan de onderzeese oever immers over het algemeen iets ondieper ligt. De correctie op de invalshoek van de golven is niet in rekening gebracht, omdat ze klein is ten opzichte van de fout in de veronderstelde golfhoogte zelf.

Getracht is om op de plaats waar de bodem op N.A.P. - 10 m ligt, dat is op 700 m uit de kust, een golfhoogtespectrum in te stellen dat dezelfde kenmerken heeft als het spectrum dat tijdens zwaardere stormen is waargenomen aan de golfmeetpaal voor de kust bij Katwijk. Dit spectrum wordt gekenmerkt door verhoudingsgetallen tussen golfhoogten die door 3, 15 en 50% van de golftoppen worden overschreden en die met de symbolen H₃, H₁₅ en H₅₀ worden aangeduid. Voor het bedoelde spectrum gelden de volgende verhoudingsgetallen: H₃ : H₁₅ = 1,15 en H₁₅ : H₅₀ = 1,55; H₁₅ komt ongeveer overeen met de eerder genoemde maatgevende golfhoogte.

In het model kon het gewenste spectrum niet geheel worden gesimuleerd, omdat de windgoot, waarin de golven werden opgewekt, te kort was om het effect van de strijklengte van de wind tot uitdrukking te brengen; om dit

effect te benaderen moest de windsnelheid worden overdreven o.a. door 'knippen' van de snelheidsverdeling, en moest van de golfmachine gebruik worden gemaakt om de gewenste periode te verkrijgen. Dit gaf een, gezien de omstandigheden, bevredigender resultaat. In dit model en onder deze omstandigheden zijn verschillende profielvormen boven N.A.P. + 5 m beproefd.

Toen de hoeveelheid overslagwater nog als criterium werd aangehouden, heeft men daarvan uitgaande een eerste selectie uit de mogelijkheden gemaakt. Daarbij bleek dat een taludhelling van 1 : 3 boven een buitenberm van 15 tot 20 m breedte het meest gewenste profiel zou opleveren.

Nadat enige wijzigingen in het model waren aangebracht, waarbij onder meer de modelschaal werd gewijzigd in 1 : 50, zodat het golfspectrum beter kon worden weergegeven, zijn de proeven voortgezet op de voorlopig geselecteerde profielvormen.

In dat stadium is naast het aantal de kruin bereikende en/of overschrijdende golven – het criterium van de Deltacommissie – ook de hoeveelheid overslaand water bepaald ter globale vergelijking met de opgetreden storm in 1953.

Daarbij is onder meer verondersteld dat de onderzeese oever in de toekomst tot 2 m lager kan komen te liggen dan thans.

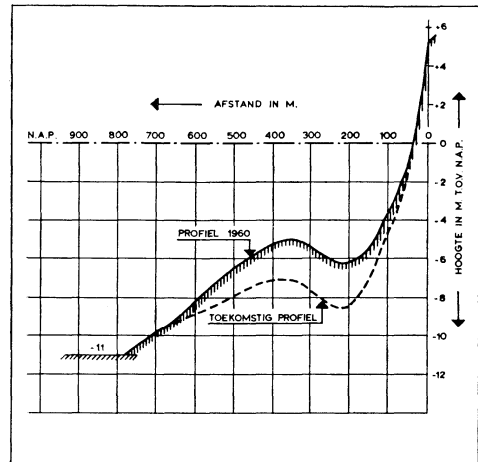
Als resultaat van de proeven op schaal 1 : 50 is gebleken dat bij 20%-golfoverslag de kruin van een dijk met een 15 m brede berm op N.A.P. + 11,00 m moet liggen. Bij een 20 m brede berm kan de kruin slechts weinig lager worden gelegd n.l. op N.A.P. + 10,90 m. Bij een diepliggende oever moeten deze hoogten met 30 en 10 cm worden vermeerderd.

Nieuwe dwarsdoorsnede

Uit overwegingen van veiligheid zowel als zuinigheid is de keuze gevallen op een profiel met een buitenberm van 15 m breedte en een kruin op N.A.P. + 11,30 m.

De aanleghoogte van de dijk is bepaald op tenminste N.A.P. + 11,70 m. Daarbij is, behalve met het ontwerppeil en de golfoploop, rekening gehouden met buioscillaties tot 15 cm bij een golfoploop van 6 m, met de relatieve bodemdaling – 5 cm in 25 jaar – en met de zetting van de bodemlagen die door het Laboratorium voor Grondmechanica voor het grootste deel van het werk werd bepaald op 20 cm. Op het werk diende verder te worden bepaald, hoeveel overhoogte voor de klink van de ophoging in rekening moet worden gebracht.

Toekomstige verandering van de bodemligging vóór de Pettemer zeewering



Het buitenbeloop van de bestaande dijk kan behalve in het overgangsbied van de Pettemer naar de Hondsbossche zeewering tot een hoogte van N.A.P. + 3 m gehandhaafd blijven. Daarboven is een talud ontworpen met helling van 1 : 4 tot aan de buitenberm op N.A.P. + 5 m; deze helling laat een goede verwerking van asfaltbeton toe. De buitenberm krijgt een helling van 1 : 20 om voldoende afwaterend te zijn. Boven deze berm loopt het talud onder een helling van 1 : 3 tot aan de kruin, die 4 m breed wordt. Het binnentalud krijgt eveneens een helling van 1 : 3. De bekleding zal aan de zeezijde bestaan uit asfaltbeton tot een hoogte van tenminste N.A.P. + 7,70 m. De rest van het dijklichaam wordt met klei afgedekt, waarop bij de ontworpen helling een goede grasmat kan worden gekweekt.

Op N.A.P. + 1,50 m komt een 15 m brede binnenberm waarop een verkeersweg zal worden gelegd van 5 m breedte. Bij deze hoogteligging van de weg kan hij bij calamiteiten worden gebruikt; hij ligt namelijk overeenkomstig een aanbeveling van de Deltacommissie ruim 1 m boven gewoon hoog water. Waar de dijk aan de duinen grenst komt de binnenberm op duinhoogte.

Noordelijke beëindiging

De verhoging van de zeewering alleen geeft hier ter plaatse geen verbetering van de kwetsbare aansluiting aan de duinen. Om de neiging tot inscharing bij deze overgang tegen te gaan is een geleidelijke afbuiging landinwaarts noodzakelijk. Bij deze beëindigingsvorm kan de afname van het strand en de verplaatsing van de duinvoet gemakkelijk

worden opgevangen door versterking en eventuele verlenging van de afbuiging.

De plaats van de afbuiging wordt bepaald door de landinwaarts gelegen tweede duinregel waar de verlenging op wordt gericht. De vorm is verder bepaald aan de hand van het strandprofiel dat zich bij de maatgevende stormvloed zal instellen; als 'vast' punt van het strandprofiel is de laagwaterlijn gekozen. De kruinhoogte en de bekleding van dit gedeelte zijn aangepast aan de meer beschermde ligging. De onderzijde van de bekleding is 1 m lager gelegen dan de strandhelling die zich onder de hiervoor genoemde omstandigheden zal instellen. De gesloten bekleding reikt over de gehele lengte tot tenminste N.A.P. + 7 m. De kruin behoudt zijn volle hoogte tot achter de eerste duinregel. Daarachter neemt de hoogte geleidelijk af, tot de hoogte van de tweede duinregel. Op grond van de hierboven geformuleerde eisen is een bestek voor de verhoging en de verlenging van de Pettemer Zeewering opgesteld, dat in 1968 in uitvoering is genomen. Op de bij dit bestek behorende tekeningen zijn de kruinhoogten aangegeven, waarin de plaatselijke zetting van de ondergrond voor de helft is verrekend; aangenomen wordt dat de andere helft reeds tijdens het opbrengen van de grond – in hoofdzaak zand – zal plaatsvinden.

Als bekledingsmateriaal van de dijk zou men – daar het de versterking van een bestaande dijk betreft – op zichzelf geneigd zijn het traditionele zuilenbasalt toe te passen. De grote oppervlakken die van steenbekleding moeten worden voorzien, maken de uitvoering echter tijdrovend en duur. Men moet daarom wel gebruik maken van het moderne asfalt-

beton. Zuilenbasalt is echter gehandhaafd beneden N.A.P. + 3 m, omdat asfaltbeton niet bestand gebleken is tegen de dagelijkse invloed van de golfbeweging.

De asfaltmetingen zijn ten dele voortgekomen uit onderzoek. De Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst heeft advies uitgebracht ten aanzien van de stabiliteit van de asfaltbetonbekleding bij de te verwachten grondwaterdrukken. Deze drukken bleken slechts langs de onderrand van de asfaltbetonlaag van enige betekenis te zijn. Het ondertalud zal dus in hoofdzaak bestand moeten zijn tegen het opnemen van golfdrukken en heeft daarom een dikte gekregen van 30 cm. Deze dikte kan bij de gekozen helling van 1 : 4 in één laag worden aangebracht en voldoende worden verdicht.

Op de buitenberm en het boventalud tot N.A.P. + 7 m, waar de golfdrukken minder groot zullen zijn, wordt asfalt aangebracht van 20 cm dik. Asfalt van deze dikte kan ook onder een helling van 1 : 3 nog wel in één keer verdicht worden. Boven N.A.P. + 7 m is tot en met de kruin een bekleding van klei en teelaarde van totaal 1 m dikte bedekt door een grasmat voorgeschreven; ter plaatse van het binnentalud is de totale dikte 60 cm.

Op het noordelijk gedeelte van de dijk, dat midden in een duingebied ligt, zal wel geen grasmat tot ontwikkeling komen, omdat er teveel zand verstuift. In plaats van klei is hier een asfaltbetonbekleding van 17 cm dikte – wat als minimum wordt beschouwd – voorgeschreven. Het werk omvat om te beginnen het wegnemen van de bestaande glooiing en de eronder liggende puin- en kleilagen. Dit is nodig omdat handhaving van een afsluitende laag onder het op te brengen doorlatende zandlichaam tot ongewenste grondwaterdrukken aanleiding kan geven. Aan het noordelijke einde van de dijk moet verder de eerste duinregel tijdelijk worden doorbroken om het nieuwe werk te kunnen maken; het stenen hoofd in de lengterichting van de dijk moet worden opgeruimd. Beneden N.A.P. + 3 m wordt de bestaande glooiing van zuilenbasalt 40/50 zo nodig herzet om een strakke lijn bij de overgang op de asfaltbekleding te verkrijgen.

De bestorting voor de bestaande glooiing zal langs de nieuwe glooiing worden verlengd tot de plaats waar het strand thans een hoogte van N.A.P. + 2 m heeft.

De bestaande wegen achter de dijk worden door nieuwe vervangen. De breedte van de verharding, die zal bestaan uit grindasfaltbeton op een betonpuinfundering, is op 5 m ontworpen.

Achter het zuidelijk gedeelte van de dijk behoudt de weg een openbaar karakter; de verhardingsdikte wordt daaraan aangepast. Achter het noordelijk gedeelte is de weg een werkweg die niet voor openbaar verkeer toegankelijk zal zijn. In verband met de bestaande bebouwing zal er voor het werkverkeer een nieuwe toegang worden gemaakt; ook is er voor dit verkeer een overgang over de dijk ontworpen.

De bestaande toegang naar het strand bij het stenen hoofd wordt zoveel mogelijk aangepast; voor het overige zal een nieuw voetpad naar een andere strandtoegang worden gemaakt.

Met het oog op de toekomstige beweiding van de grasmat zal een afrastering worden aangebracht, waarlangs een strook in de klei gestrate klinkers, die aan de zeezijde bij de overgang van asfaltbeton op klei een extra bescherming tegen golfaanval zullen geven. Tenslotte dient te worden vermeld dat de voor de Pettemer Zeewering zo karakteristieke paalrijen zullen verdwijnen, omdat ze na de verhoging van geen nut meer zijn en slechts aanleiding kunnen geven tot onnodig onderhoud.

Het bestek van de te maken werken is in september 1968 aanbesteed en in oktober van dat jaar gegund aan de firma de Vries en Van der Wiel te Hilversum voor het bedrag van f 3.866.000,-.

Het nodige zand wordt per hopperzuiger vanuit het Marsdiep aangevoerd naar een loswal aan het Noordhollandsch Kanaal te de Stolpen, vanwaar het per as in het werk wordt gebracht. Het asfaltbeton wordt aangevoerd vanuit Zijpersluis. De klei en de teelaarde komen vrij bij de ontgraving van het bestaande werk.

In het bestek is een uitvoeringstijd van 26 maanden voorzien; deze lange tijdsduur is een gevolg van de voorwaarde dat de dijk in het winter(-storm)seizoen gesloten zou moeten blijven en ook van het feit dat een gedeelte van het werk als tijwerk moet worden uitgevoerd. De aannemer verwacht evenwel kortere tijd nodig te hebben. De vordering van het werk is tot op heden zodanig geweest dat nog voor het stormseizoen van 1969 de asfaltbekleding tot N.A.P. + 7 m was aangebracht, terwijl voor het overige de ophoging zover is gevorderd, dat tenminste dezelfde veiligheid als die van de aangrenzende Hondsbossche Zeewering is verkregen.

D. De werken tot indijking van de Lauwers-zee

In Bericht nr. 50 (november 1969) werd een aantal hydraulische aspecten behandeld van de sluiting van de Lauwerszeedijk. Ter afronding van dat artikel wordt deze keer een beschouwing gewijd aan de opzet van de metingen die ten behoeve van de sluitingsprocedure zijn uitgevoerd, en de wijze waarop ze werden bewerkt.

Toen het plaatsingsprogramma van de caissons voor de sluiting van de Lauwerszeedijk eenmaal was opgesteld, is voor elk der caissonplaatsingen een drietal meetprogramma's opgemaakt, één programma voor de metingen die moesten worden uitgevoerd op de dag voorafgaande aan de plaatsing, één voor de dag van plaatsing zelf en één programma voor de dag daaraanvolgende. Deze voorafgaande maatregel was nodig in verband met de ingewikkelde werkverdeling die moest worden verwacht wanneer eenmaal een begin werd gemaakt met de caissonplaatsingen. Dat de werksituatie voor de meetdienst zo ingewikkeld was, werd veroorzaakt door de omvang van het te bewaken gebied, en de vele meetpunten daarin; daarenboven door de vele uitwijkkansen die voor elk der caissonplaatsingen waren voorzien, en de lange duur van de plaatsingsmanoeuvres en de bijbehorende metingen.

Aan de hand van de opgestelde schema's kon een goed inzicht worden verkregen in de omvang van het benodigde meet-, vaartuigen- en plaatsingsmateriael. Aangezien gebruik van een elektrisch analogon voor het voorstellen van het getijverloop bij de sluiting van de Lauwerszee niet mogelijk bleek, was het niet nodig op uitgebreide schaal automatisch registrerende apparatuur zoals op afstand afleesbare peilschrijvers in te zetten. Met het oog echter op het nogal willekeurige getijverloop werd de behoefte gevoeld op ruime schaal meetlokaties in te richten; het aantal meetvaartuigen dat tegelijkertijd in bedrijf moest zijn, was derhalve steeds tamelijk groot. Het was, zo bleek later, goed gezien steeds tenminste één vaartuig in reserve te houden. Dank zij deze maatregel heeft men, toen één

De Verzameling en bewerking van meetgegevens bij de sluiting van de Lauwerszeedijk

van de met het verrichten van peilingen belaste vaartuigen door een onaanzienlijke oorzaak met volledig kapotte koppeling uit de vaart genomen diende te worden, vrijwel ongestoord door kunnen meten. Omdat in het eindstadium van de sluiting in het sluitgat grote stroomsnelheden werden verwacht, werd ten behoeve van de in die omstandigheden uit te voeren metingen vooraf een ijking van de apparatuur uitgevoerd tot snelheden van 5,5 m/sec.

Voor de verankering van de vaartuigen in het sluitgat was het gebruik van conventionele ankers niet toegestaan met het oog op de bezinkingen. Bij wijze van ankers had men daarom vooraf betonblokken met een bovenwatergewicht van 6 ton aangemaakt. De verankering aan deze blokken heeft onder alle omstandigheden voortreffelijk voldaan. Bezwaarlijk was wel dat de verankeringskabels bij de grote snelheden in het eindstadium van de sluiting in het sluitgat zo snel sletten ten gevolge van wrijving bij zeegang. Gedurende één nacht, toen de stroomsnelheden de 4 m/sec. naderden, dreigden zelfs breuken in de verankeringskabels op te treden.

In geval van een dergelijke breuk zou het getroffen vaartuig bij de heersende grote stroomsnelheden totaal onbestuurbaar zijn geworden met alle eventuele rampzalige gevolgen van dien; daarom werd besloten de metingen tijdelijk af te gelasten.

De metingen in het sluitgat zijn nog enige malen meer afgelast en wel op ogenblikken dat ten naaste bij brekende golven voorkwamen op de drempel van het sluitgat. Deze toestand deed zich voor nabij de snelheidskentering van het getij in combinatie met een harde tot stormachtige wind vanuit noord-

westelijke richtingen. Bij de aan de eerste caissonplaatsing voorafgaande meting was het samenlopen van deze omstandigheden er oorzaak van dat een meetvlet met twee man aan boord onder een van de grote meetvaartuigen geraakte, waarbij het personeel slechts ternauwernood gered kon worden. Gezien deze ervaringen werden bij de navolgende meetoperaties indien zulks toelaatbaar was tijdelijk pauzes in de werkzaamheden ingelast.

Naast de planning van de meetwerkzaamheden vooraf, werd tevens reeds zoveel voorbereidend werk verricht met betrekking tot de verwerking der meetresultaten dat de terzake doende gegevens ten tijde van de plaatsingsoperaties nog slechts hoefden te worden ingevuld om terstond een overzichtelijk geheel te verkrijgen van de voor de plaatsingen benodigde gegevens. Tot deze werkzaamheden behoorden onder andere het programmeren en testen van een tafelcomputer met betrekking tot zijn betrouwbaarheid bij de verwerking van stroommetingen. Met name diende bepaald te worden in hoeverre de schematisering der metingen tot onnauwkeurigheden in de interpretatie zou leiden. De meetwerkzaamheden ten behoeve van de sluitingsoperaties omvatten stroommetingen, debietmetingen, getijwaarnemingen en peilingen. De stroommetingen hadden, in samenhang met de verticale getijwaarnemingen, ten doel te komen tot een zo juist mogelijk inzicht in de waterbeweging op de dag van plaatsing van een of meer caissons. De debietmetingen werden uitgevoerd ter bepaling van de afvoercoëfficiënt van het sluitgat in een aantal stadia van de caissonplaatsingen. De peilingen hadden ten doel om voortdurend inlichtingen te verschaffen betreffende veranderingen in de vorm van de bodem op de drempel van het sluitgat, het daarop aansluitend gebied, de stroomgeul tussen het bouwdok van de caissons en de drempel en van het stortebed van de uitwateringssluizen.

De stroommetingen en getijwaarnemingen op de dagen voorafgaande aan plaatsingen dienden om te komen tot een voorlopig tijdschema voor de sluitingswerkzaamheden. Aan de hand van de metingen op de dagen van plaatsing werd dit tijdschema voortdurend gecorrigeerd. De metingen op de volgende dagen werden uitgevoerd ter bepaling van de nieuw ontstane toestand in het sluitgat en de aangrenzende gebieden. Het waren dus hoofdzakelijk bewakingspeilingen.

De stroommetingen op plaatsingsdagen en de dagen daaraan voorafgaande duurden ongeveer negen uur: van 2 uur vóór H.W. tot 1 uur

De laatste twee caissons worden naar het sluitgat gesleept



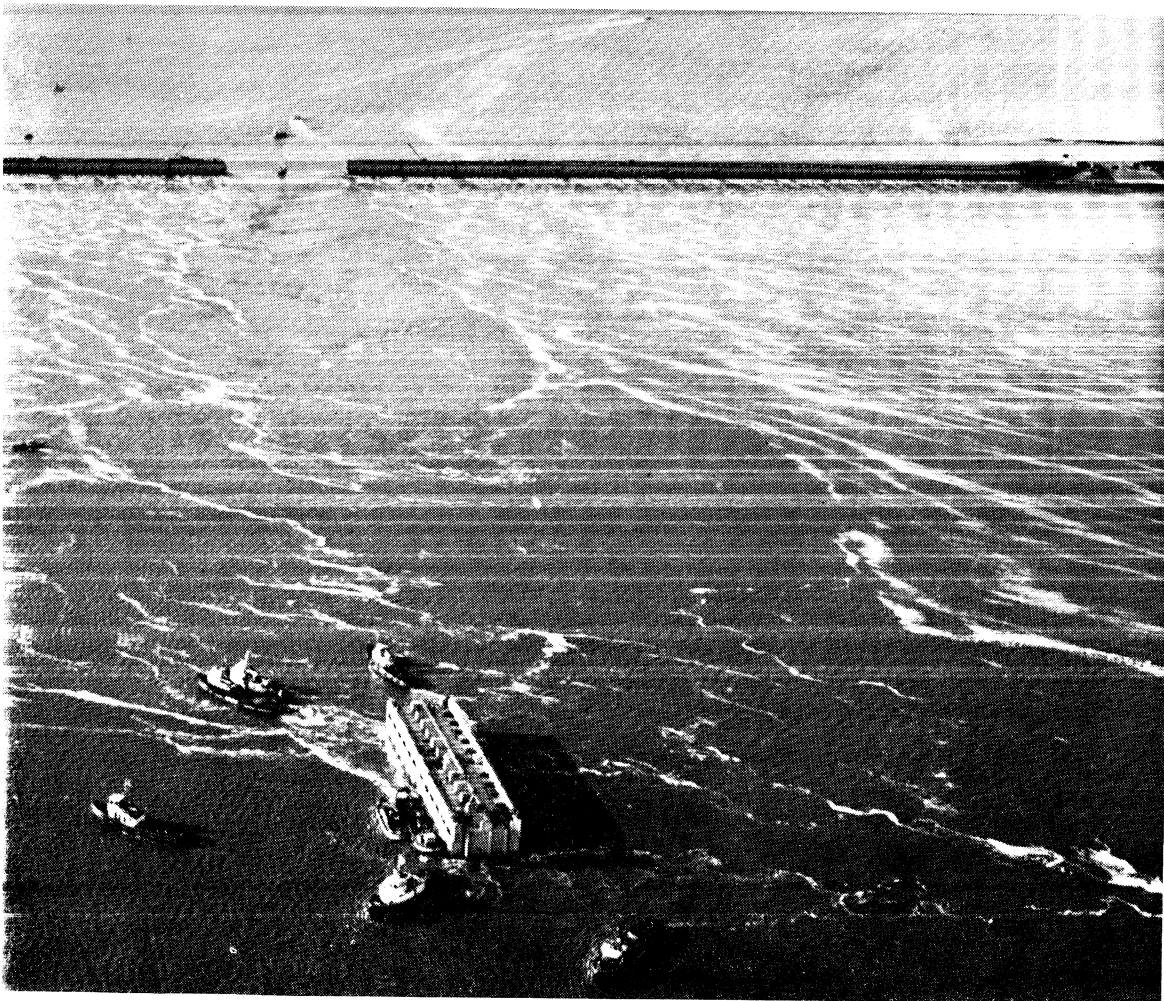
na het volgende L.W., dan wel van 2 uur voor laagwater tot 1 uur na het opvolgende hoogwater, afhankelijk van de vraag of de volgende caissonplaatsing op de laagwaterkentering dan wel de hoogwaterkentering zou vallen. Deze tamelijk lange meetduur bleek noodzakelijk voor de juiste voorspelling van het kenteringstijdstip, de waterstand ten tijde van het afzinken van de caisson en de tijdstippen met maatgevende lage stroomsnelheden voor het aanvangen van de indraaimanoeuvres en de zinkprocedures. De verticale getijwaarnemingen werden uitgevoerd op overeenkomstige tijdstippen als de stroommetingen.

Voor de stroommetingen werden in elk meetpunt op zeven verschillende diepten tussen bodem en wateroppervlak snelheids- en richtingsmetingen uitgevoerd. Deze wijze van

meten werd gehandhaafd tot de plaatsing van de 18e caisson. Doordat de snelheidsverdeling over de verticaal daarna zeer gelijkmatig werd en er nauwelijks onderstromen meer gesignaleerd werden, kon men van toen af volstaan met één snelheidsmeting op halve waterdiepte.

Gedurende de eerste 16 caissonplaatsingen werden de stroommetingen verricht vanuit meetvaartuigen op een drietal plaatsen, te weten midden in het sluitgat, in het Nieuwe Robbengat, en aan de Friese of Groninger zijde van het sluitgat, afhankelijk van de vraag of het een plaatsing betrof aan de oost- of aan de westzijde.

Bij caissonplaatsingen aan de Groninger zijde van het sluitgat werden in het bijzonder de meetgegevens van het Nieuwe Robbengat gewaardeerd, aangezien de waterbeweging in



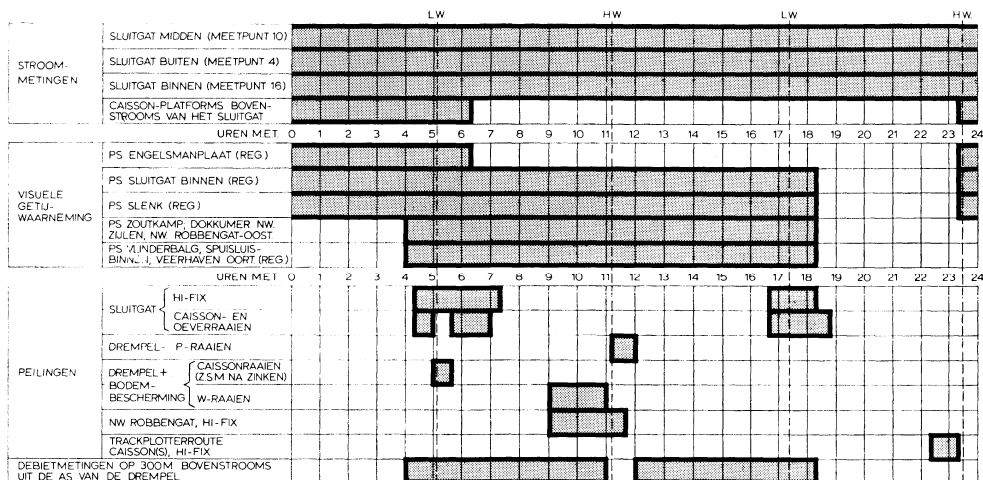
deze stroomgeul in hoge mate bepalend was voor de stroming in het oostelijk deel van het sluitgat.

Op het tijdstip dat een caisson begon in te draaien, werden de metingen vanaf het vaartuig aan de Friese of Groninger zijde van het sluitgat gestaakt, vanwege verstoring van het stroombeeld door het schroefwater van de sleepboten, en ook omdat deze gegevens dan nog slechts ter globale informatie dienden. Men ging voor het vervolg van de plaatsing uit van de meetwaarden van het vaartuig in het midden van het sluitgat.

Daar het zich liet aanzien dat na de plaatsing van de 18e caisson ook het meetvaartuig in het midden van het sluitgat hinder zou gaan ondervinden van de indraaimanoeuvre met de caissons, werd vanaf de plaatsing van de 14e

caisson tevens een meetpunt ingericht aan de bovenstroomse zijde van het sluitgat op ± 250 m uit de as van de drempel. Afhankelijk van de caissonplaatsing op hoog- of laagwater lag het meetvaartuig met deze opdracht aan de noord- of zuidzijde van het sluitgat. Gedurende de plaatsing van de 14e tot de 18e caisson werd aldus een vergelijkend beeld verkregen van de stromingstoestand in dit tweetal meetpunten.

Toen die relatie was vastgesteld kon men vanaf de 19e plaatsing uitgaan van de gegevens van dit bovenstrooms van het sluitgat gelegen meetpunt voor de beoordeling van de stromingstoestand in het sluitgat zelf. Na de plaatsing van de 18e caisson werden ter ondervanging van de eerder vermelde verstoringen tevens een tweetal meetpunten in-



gericht op meetplatforms die aan de bovenstroomse zijde aan de Friese en Groninger zijde van het sluitgat aan de op één na laatste caisson waren bevestigd. Met het afwerken van het plaatsingsprogramma werden deze platforms telkens meeverplaatst. Ten behoeve van de sluitingsprocedure werden verticale getijwaarnemingen verricht in een vijftal lokaties, te weten nabij de Engelmanplaat in het Friese Zeegat, aan de noord- en zuidzijde van het sluitgat op ± 800 m uit de as, in het zuidelijk deel van de Lauwerszee en aan de Rijkspeilschaal op Terschelling. Voor de betekenis van het meetpunt Engelmanplaat zij verwezen naar het artikel over het verloop van de waterbeweging gedurende de afsluiting van de Lauwerszee in Bericht nr. 50. De waarnemingen aan het station Terschelling werden verricht om een eerste in-

Programma der metingen op de dag voorafgaand aan de plaatsing van de 10e en 11e caisson

druk te krijgen van de meteorologische invloeden op het berekende getijverloop. Op grond van de waarnemingen aan het station in het zuidelijk deel van de Lauwerszee konden vooraf waarschuwingen worden opgesteld betreffende het waarschijnlijke kenteringstijdstip in het sluitgat. Het tijdstip van laagwater dat daar werd gemeten bleek aan de hand van eerder opgestelde vergelijkingen waardevolle informatie te kunnen verschaffen ten aanzien van het tijdstip van laagwater in het sluitgat, en daarmee ten aanzien van de omstreeks het laagwatertijdstip optredende kentering.

Het sluitgatgebied werd bewaakt met behulp van een intensief peilprogramma. De drempel van het sluitgat, de op de drempel aansluitende bestorting en de randen van de bezinking werden nagenoeg dagelijks gepeild. Aangezien het Nieuwe Robbengat, de stroomgeul tussen het bouwdek en het sluitgatgebied, in de nabijheid van de uitwateringsluizen en de uitmonding in het vaarwater naar Oostmahorn voortdurend tekenen vertoonde van verondieping, werd vrijwel dagelijks een peilkaart van dit gebied samengesteld. Op deze peilkaart werd vervolgens voor iedere caissonsloop de beste vaarroute bepaald. Deze vaarroute werd daarna in Hi-Fix posities vertaald, aan de hand waarvan een vaartuig met een trackplotter de caissonsloop door het vaarwater loodste. Naast de bewaking van gebieden die daarvoor in aanmerking kwamen door middel van echoloodpeilingen vanaf een conventioneel meetvaartuig, werden voorts vanaf de plaatsing van de 12e caisson dieptekaarten van de drempel en de omgeving gemaakt met behulp van het peilvaartuig 'Krabbe'. (Een beschrijving van dit meetvaartuig vindt men in Bericht nr. 49, augustus 1969.) De 'Krabbe' bleek snel informatie te kunnen leveren betreffende ontgrondingen.

De stroommetingen en getijwaarnemingen werden na opname terstond radiografisch overgebracht naar het op het werkeiland in de Lauwerszee ingerichte Studiecentrum. Ten behoeve van de communicatie waren een tweetal radionetten opgezet met in het Studiecentrum gescheiden luisterposten. Het grote aantal gesloten draadloze communicatienetten dat voor de aannemers en de Rijkswaterstaat reeds in dit betrekkelijk klein gebied in de lucht was, veroorzaakte ondanks de getroffen voorzorgen veel hinder in het berichtenverkeer. De stroommeetgegevens en getijwaarnemingen werden na binnenkomst meteen bewerkt, voorzover nodig met behulp van een tafelcomputer, en vervolgens gekar-

teerd op bladen waarop het theoretisch bepaalde horizontale en verticale getijverloop reeds in kaart was gebracht. Bleek op de dag voorafgaande aan een plaatsing dat het waargenomen getij ten opzichte van het theoretisch bepaalde belangrijk afweek, dan werd aan de hand van de laatste verticale getijwaarnemingen een herziene berekening gemaakt teneinde in geval van een bestending van het opgetreden weertype tot een zo juist mogelijke verwachting te komen voor de dag van plaatsing. Behalve op de laatste dag bleek het verrichten van de voorspellingen op deze wijze redelijk wel mogelijk.

Op de dagen van plaatsing van de caissons werden de nodige gegevens vanuit het Studiecentrum radiografisch overgebracht naar de caissons, waar een funktionaris ze op een zelfde kaart als in het Studiecentrum aantekende, zij het op beperkter schaal, teneinde de walkapitein naast incidentele adviezen tevens een inzicht te kunnen geven betreffende het totaalbeeld van de waterbeweging. Het Studiecentrum heeft aldus tijdens de laatste fase van de afsluiting van de Lauwerszee een belangrijke rol gespeeld. Het was het centrum waarvanuit de uitvoering van de benodigde metingen werd geleid, waar de binnenkomende gegevens werden verwerkt en waar door interpretatie van gegevens en verkregen resultaten een zo betrouwbaar mogelijke voorspelling van de waterbeweging werd samengesteld. Juist door deze bundeling van studie- en informatiewerkzaamheden in de nabijheid van de afsluitingswerken bleek een doeltreffende begeleiding van de sluitingsoperatie mogelijk.

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput

De werkzaamheden zijn op 15 januari voor de eerste maal opgeleverd en goedgekeurd.

Afsluiting van het Noord-Pampus

In de achter ons liggende verslagperiode is het zinkwerk gereed gekomen. Nu wordt de laatste hand gelegd aan de verdediging van de glooiingen. Begonnen is met het aanbrengen van klei- en teelaarde-afdekkingen en het inzaaien met gras en graan.

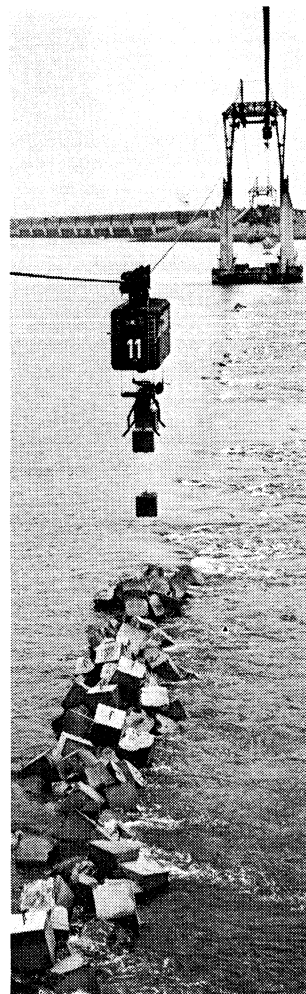
Sluiting van het Rak van Scheelhoek Kabelbaanbedrijf

Voor de afsluiting van het Rak van Scheelhoek zijn 140 000 betonblokken vervaardigd van 2,5 ton elk. Het eerste blok werd gemaakt op 17 maart 1969 en het laatste op 13 februari jongstleden. Op de 17e februari waren alle blok-

ken in de depots afgeleverd en opgestapeld. De dagproductie bedroeg, onwerkbare dagen meegerekend, gemiddeld 630 blokken. De werkzaamheden met de kabelbaan zijn begonnen met een proefperiode, waarin de aannemer de installatie op zijn werking kon beproeven. Ook de opleiding van de motordrijvers, in de wandeling gondeliers genoemd, heeft in deze periode plaatsgevonden.

Na afloop van de proefperiode heeft minister Bakker op 2 maart vier blokken gestort, als officiële start van de bouw van de sluitkade.

Het storten van de blokken gaat dag en nacht door. Het werk, dat in een twee-ploegendienst wordt verricht, wordt alleen in de weekends gedurende langere tijd dan een paar uur onderbroken. Het aantal gestorte blokken was eind maart de zestigduizend reeds gepasseerd. Stagnaties met ernstige invloed op de voortgang van het stortproces hebben zich niet voorgedaan. Enkele moeilijkheden met de draaischijven, voornamelijk met het elektrische gedeelte, zijn opgevangen door tijdelijk van circuit-rijden over te schakelen op zogenaamd pendelen, heen- en terugrijden van de gondels over één kabel. Afhankelijk van de plaats van het stortvak kon dan nog een goede productie verkregen worden. Een ernstig ongeluk, waarbij een gondel voortijdig van een draaischijf reed en omlaag-



storte, bleek te wijten aan een menselijke fout. Er werd gelukkig slechts materiële schade veroorzaakt: één gondel ging verloren.

Ter voorkoming van dergelijke ongevallen zijn enkele extra voorzieningen aan de seininstallatie en het railgedeelte getroffen.

Er is 3,5 km stalen buis aangevoerd, waarmee twee persleidingen kunnen worden aangelegd.

Als voorbereiding tot het opspuiten van het zandlichaam van de uiteindelijke dam heeft de aannemer aan de rivierzijde van de dam een drijvend opjaagstation op het strand gezet. Er is een hulpsteiger geheeld voor de ondersteuning van een der persleidingen.

Om te voorkomen dat er tijdens het bedrijf zand in de uitwateringssluizen terechtkomt, wordt nabij het noordelijk landhoofd van het sluisencomplex een zogenaamde zandvangdam aangelegd. In de laatste week van maart is de aannemer daartoe begonnen met het klappen van zand.

Om straks een doorgaande verdediging van het beloop te kunnen opbouwen is men begonnen nabij het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen zinken kraagstukken op te ruimen.

Secundaire weg ten zuiden van de uitwateringssluizen

In november 1969 is begonnen met de aanleg van de weg voor langzaam verkeer tussen de uitwateringssluizen in het Haringvliet en de bestaande secundaire weg bij de zeedijk te Stellendam.

Aan het secundaire wegenstelsel waarvan deze weg deel uitmaakt, is in dit nummer een afzonderlijk artikel gewijd.

Begin maart was de bitumineuze verharding voltooid van het gedeelte tussen de uitwateringssluizen en Stellendam; bermen en taluds moesten daarna nog worden afgewerkt. De totale lengte van de nu praktisch voltooide weg bedraagt 2300 m. In de verharding werd 5000 ton grindasfaltbeton en 1700 ton open asfaltbeton verwerkt.



Aardebaan voor Rijksweg 57

Tegelijkertijd met de uitvoering van de langzaam-verkeersweg tussen de uitwateringssluizen en Stellendam is het grondlichaam voor de hoofdverkeersweg ten zuiden van de brug over de Zuiderdiepboezem aangebracht. Dit weggedeelte kruist de bestaande zeedijk bij Stellendam en eindigt vooralsnog bij de lokale verkeersweg van Stellendam naar Goedereede. Voor het gedeelte van de weg tussen de overbrugging van de Zuiderdiepboezem en de zeedijk was reeds eerder een zandlichaam opgespoten; voor het gedeelte tussen de zeedijk en de voornoemde lokale verkeersweg in de achter de zeedijk liggende Eendrachtspolder moest het zandlichaam thans worden gemaakt. Daartoe werd in de polder eerst de bovengrond ter plaatse van de te maken zandophoging ontgraven en opgeslagen om later weer te kunnen worden gebruikt voor de bekleding van taluds en bermen.

Daarna werd de benodigde 200 000 m³ zand met scrapers in het werk gebracht. Eind januari was het zandtransport voltooid; thans wordt nog gewerkt aan het afwerken van bermen en taluds. De wegverharding voor deze hoofdverkeersweg zal pas later worden aangebracht.

Profilering van wegen op het Hellegatsplein in het Volkerak.
Foto van 26 maart 1970

Volkerak

De afsluiting in het Volkerak en de uitbreiding van het Hellegatsplein

De zandwinning in het voormalige Hellegat werd voortgezet. Verwacht mag worden dat de bovenbouw van het damlichaam voor wat betreft het zandbedrijf eind april of begin mei kan worden voltooid. Inmiddels is men begonnen de verschillende onderdelen onder profiel te brengen.

Er wordt reeds klei aangevoerd voor de bekleding van de belopen. Ondanks de uitzonderlijk slechte weersomstandigheden in de afgelopen maanden is de produktie voor dit onderdeel niet tegengevallen. Bij het aan-

brenge van asfaltbeton op de belopen werden evenwel verschillende moeilijkheden ondervonden, eensdeels ten gevolge van het koude en natte weer, maar andersdeels ook in verband met de beproeving van een nieuw asfaltmengsel, het zogenaamde gapgraded mengsel. Het is gebleken dat dit mengsel buitengewoon gevoelig is en grote moeilijkheden veroorzaakt bij het afwerken op de belopen.

Aan de zuidzijde van de dam is het asfaltbeloop tot N.A.P. + 6 m voltooid. De daarop aansluitende glooiing van betonblokken die de zuidzijde van het Hellegatsplein begrenst, is eveneens gereed. Aan de andere kant van het asfaltbeloop is de aansluitende glooiing van gevulde stortsteen nagenoeg klaargekomen. De glooiing van asfaltbeton tot N.A.P. + 3,50 m aan de noordzijde van het damlichaam is eveneens af. De aannemer is begonnen met straatwerk voor de weg voor langzaam verkeer op de berm van de noordelijke afsluiting van het Hellegatsplein. De uitbreiding van het Hellegatsplein aan de noordwestzijde is in ruwbouw gereed. Er is een teenvoorziening aangebracht van gecreosoteerde damwanden met een kreukelberm. Het asfaltbeloop moet nog vrijwel geheel worden gemaakt. Begin mei komt het persen van zand in de persvakken van de toekomstige rijbanen op het plein klaar en dan kan worden begonnen aan het maken van de tijdelijke wegverbinding tussen het viaduct over de sluisen en de weg Rotterdam-Flakkee. In verband met de gewijzigde getijomstandigheden aan de zuidzijde van de afsluitdam diende de bestaande glooiing van betonblokken tot N.A.P. + 3 m over 3500 m te worden verhoogd tot N.A.P. + 4 m. Dat werk is inmiddels voltooid.

Deurenbergplaats met Ioswal en uitzichtplateau nabij het sluizencomplex

De hele betonconstructie en het staalskelet van de deurenbergplaats zijn voltooid en gemonteerd; de dakbedekking en de wandbeplating zijn aangebracht.

De wanden werden verder opgemetseld. Begonnen is met de verdere afbouw zoals stucadoorswerk en de aanleg van sanitair. Ook met het grondwerk is een aanvang gemaakt. Het uitzichtplateau zal naar verwachting de volgende maand gereedkomen.

Brouwershavensche Gat

Werk- en opslagterrein Schouwen

Het laatste gedeelte van de verharding van het opslagterrein, een 17 cm dikke laag zandcementstabilisatie, is in de verslagperiode aangebracht. De bijbehorende wegcircuits zullen spoedig worden gemaakt.

Damvak Springersdiep

In deze periode werd de afwerking van de beide havendammen voltooid met stortsteen 60/300 en 300/1000 kg.

De haveninrichting werd voltooid door het aanbrengen van een vaste houten steiger in de buitenhaven en een drijvende steiger in de binnenhaven. Het gehele werk werd voor de eerste maal opgeleverd.

Langs de toekomstige meerzijde van het damvak Springersdiep werd de glooiing van koperslagtegels voltooid; de voorliggende kraagstukken werden met grof grind afgestort.

Het zandlichaam van de duindam werd tegen verstuiwing vastgelegd met rijsschermen, helm, ingecogd stro en ingezaaide gerst.

Verder werd de kleibekleding aangebracht en geprofileerd. Totaal werd 22 000 ton van de uiterwaarden van de Maas aangevoerde klei verwerkt.

De baggermolen 'Eureka VI' voerde onderhoudsbaggerwerk uit in de werkhavens West-Repart, Middelplaat, Kabbelaarsbank en Den Osse.

Bij het aanbrengen van de filterconstructie op het onderwaterbeloop van het noordelijk land-

hoofd van het sluitgat Kous werd veel hinder ondervonden van het slechte weer en van regelmatig optredende aanzandingen. De zandbodem en de grindlaag werden vlakgebaggerd met de molens 'Eureka VI' en 'Hercules'. Grind werd met onderlossers gestort en steen met de 'Steenstorter I'. Het werk aan dit hellend gedeelte is inmiddels gereed gekomen. In het horizontale gedeelte werd de filterconstructie plaatselijk vervangen door twee zoolstukken, afgestort met een 1,5 m dikke laag steen.

Verlenging van het damvak Kabbelaarsbank

Het nieuwe seizoen werd begonnen met het uitbreken van de noordelijke kop van het damvak Kabbelaarsbank, die het damvak sinds 1966 tijdelijk heeft beschermd. De stortsteen van de voorliggende kraagstukken werd opgenomen en tijdelijk in depot opgeslagen.

Vervaardiging van betonblokken

Het vervaardigen en opslaan van 260 000 stuks betonblokken ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat werd opgedragen aan de 'N.V. Blokkom' (een combinatie van Dirk Verstoep N.V. en de N.V. van Hattum en Blankevoort) voor een bedrag van f 16 142 000,-. De aannemer treft thans voorbereidingen voor de fabricage van de blokken. Naar verwachting zal de produktie medio mei starten met een capaciteit van ongeveer 1800 blokken per dag.

Oosterschelde

Werkhaven Schelphoek

Ten behoeve van de werkzaamheden in de Oosterschelde werden in deze werkhaven de volgende materialen aangevoerd en in depots opgeslagen of verwerkt: 65 000 ton Belgische stortsteen, 100 000 ton Duitse mijnsteen en 40 000 bossen rijshout.

Werkeiland Roggenplaat

Het werkeiland Roggenplaat kwam nagenoeg gereed. Het ziet er dan ook naar uit dat het gehele werk in de daarvoor gestelde tijd van 1 jaar gereed zal zijn en op 19 april voor de eerste maal voltooid zal worden opgeleverd.

Thans rest nog slechts het aftimmeren van de afmeergelegenheden in de werkhaven.

In de onderhoudsperiode moet nog een oppervlakte van 30 ha met gras worden ingezaaid. Aan de N.W.-zijde, de meest aan-gevallen zijde van het eiland, bleek een bestorting op de kraagstukken van 700 kg/m^2 te weinig te zijn; de bestorting is daarom verzwaard tot ca. 1000 kg/m^2 .

Na de eerste goede resultaten in december 1969 werd nogmaals een proef genomen met zandasfalt. Aan de noordwest-zijde van het eiland werd een krib van 30 m lengte gebouwd tot een hoogte van N.A.P. + 1 m. De bedoeling is, aan deze krib te meten in welke mate zandasfalt afslijt onder inwerking van stroom en golf. De resultaten zullen worden meegedeeld.

Werkeiland Neeltje Jans

Dit werk, dat werd beschreven in Bericht nr. 51, is op dinsdag 24 februari 1970 aanbesteed. De laagste inschrijver was de aannemerscombinatie N.V. C. J. van der Hoeven/Dirk Verstoep, met een aannemingsom van f 13 140 000. Op 18 maart werd het werk aan deze aannemerscombinatie opgedragen. In de laatste weken van maart werden reeds enige voorbereidende werkzaamheden verricht.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en Fiemel

De provinciale zeedijk tussen Termunterzijl en Fiemel werd definitief op Deltahoogte gebracht; tegelijkertijd werd op de binnenberm een onderhoudsweg aangelegd. Ongeveer halverwege het dijkvak trad, nadat het definitieve profiel tot stand was gebracht, een evenwichtsverstoring

op over een lengte van 350 m. Dat gedeelte van de dijk moest toen opnieuw worden geprofileerd. Ondanks het daardoor ontstane oponthoud kwam het gehele werk nagenoeg gereed. Begonnen werd met de bouw van een keersluis en de aanleg van de aansluitende dijkvakken voor het waterschap Oldambt te Termunterzijl. Met de werkzaamheden, die zijn aanbesteed op 16 september 1969, is een begin gemaakt.

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en de Oostpolder

De eerste fase van de verzwaring van de zeedijk tussen Nansum en de Oostpolder kwam eind 1969 gereed.

In voorbereiding is de verhoging van de zeedijk over een lengte van 1,5 km voorlangs de Oostpolder tussen het noordelijk einde van de provinciale dijk en de aanzet van de nieuwe Eemshavendijk.

Het werkeiland Roggenplaat in de Oosterschelde. Foto van 27 maart 1970



Opgave van bestede en gegunde bestekken en gesloten onderhandse overeenkomsten

Door het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken gesloten onderhandse overeenkomsten

DED-892a 20 augustus 1969

Tot wijziging van DED-892, voor het verrichten van werkzaamheden voor het onderzoek van caissons

Aannemingssom: verrekenprijs
Aannemer: Nederlands Scheepsbouw Proefstation te Wageningen

DED-1085 20 augustus 1968

Het verzorgen van voorlichting met betrekking tot de uitvoering van de Deltawerken en het vervoer van bezoekers naar de afsluitingswerken in het Haringvliet

Aannemer: c.v. 'Nederlandsche Stoomsleepdienst v/h van Piet Smit Jr.', afdeling Havendienst 'Spido' te Rotterdam

DED-1101 17 juli 1969

Het maken van een bodembescherming in het Rak van Scheelhoek
Aannemingssom: f 122 005,- (waarin begrepen een bedrag van f 110 956,- voor de n.v. Bitumarin)
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis

DED-1102 5 mei 1969

Het maken van een bodembescherming in het Rak van Scheelhoek
Aannemer: n.v. Maatschappij tot ontwikkeling en toepassing van bitumineuze constructies onder water 'Bitumarin' te Zaltbommel

DED-1107 11 april 1969

Het leveren van mijnsteen ten behoeve van de Deltawerken
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: 'Utroma' n.v. te Arnhem

DED-1115 29 mei 1969

Het vervaardigen en leveren van 8 stuks stalen drijfverlichamen ten behoeve van een boorponton
Aannemingssom: f 33 755,96
Aannemer: Havehast Fabrieke n.v. te Stadskanaal

DED-1130 10 juni 1969

Wegens huur van de motorsleepboot 'Leal' ten behoeve van sleepwerk c.a.
Aannemingssom: verrekenprijs
Aannemer: C. P. Noordhoek te Kortgene

DED-1137 8 mei 1969

Het leveren van fijn grind ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. 'Utroma' te Arnhem

DED-1139 14 mei 1969

Het leveren van koperslabblokken ten behoeve van het werkeiland op de Roggenplaat in de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: 'Mavotrans' n.v. te 's-Gravenhage

DED-1141 15 juli 1969

Het leveren van basaltsteen ten behoeve van de Volkerakwerken
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Basalt Rotterdam te Rotterdam

DED-1142 18 april 1969

Voor het verrichten van onderhoudswerkzaamheden, leveringen en vernieuwingen aan de motorvlet 'Trekvogel' van de Deltadienst
Aannemingssom: f 26 333,-
Aannemer: Gebr. Osterholt's Motoren- en Machinefabriek n.v. te Schiedam

DED-1143 20 augustus 1969

Het aanleggen van een damvak door het Springersdiep met bijkomende werken, onder de gemeenten Goedereede, Midschouwen en Brouwershaven
Aannemingssom: f 9 818 500,-
Aannemer: n.v. Aanneming Maatschappij 'Dijksbouw' te Rijswijk (Z.H.)

DED-1144 22 mei 1969

Het leveren van betonblokken ten behoeve van het werkeiland Roggenplaat in de Ooster-

schelde onder de gemeenten Westerschouwen en Veere
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: n.v. Betonfabriek
Haringman te Goes

DED-1145 17 juli 1969

Het maken van een zanddrem-
pel, afgedekt door een bezin-
king, in het zuidelijk gedeelte
van het Rak van Scheelhoek en
het aanbrengen van een steen-
bestorting in het Rak van
Scheelhoek in de gemeente
Hellevoetsluis
Aannemingssom: f 7 534 450,—
Aannemer: Deltacombinatie
v.o.f. te Hellevoetsluis

DED-1146 15 juli 1969

Het leveren van koperslakblok-
ken ten behoeve van de buiten-
haven bij de schutsluis in het
Haringvliet
Aannemingssom: f 397 922,50
Aannemer: 'Mavotrans' n.v. te
's-Gravenhage

DED-1147 15 juli 1969

Het lossen c.q. laden van stort-
steen en grind in de werkhaven
te Hellevoetsluis of in de bin-
nenhaven te Stellendam
Aannemingssom: f 970 000,—
Aannemer: Deltacombinatie
v.o.f. te Hellevoetsluis

DED-1148 24 april 1969

Voor de levering van mijnsteen
ten behoeve van de uitvoering
van de Deltawerken
Aannemingssom: transportkosten
f 0,70 per ton
Aannemer: n.v. Nederlandsche
Staatsmijnen te Heerlen

DED-1149 19 mei 1969

Het verrichten van onderhouds-
werken, leveringen en vernieu-
wingen aan de motorkotter
'Orisant' van de Deltadienst
Aannemingssom: f 61 881,24
Aannemer: Scheepswerf Gebr.
Akerboom n.v. te Leiden

DED-1150 15 juli 1969

Het leveren van steenkorven en
binddraad ten behoeve van de
afsluiting van het Brouwers-
havensche Gat
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: n.v. Basalt Rotterdam
te Rotterdam

DED-1151 23 juni 1969

Het leveren van betonblokken
ten behoeve van de aanleg van
de werkhaven in de voormalige
Sophia-polder onder de ge-
meente Wissenkerke
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Pit Beton n.v. te
Middelburg

DED-1152 6 augustus 1969

Het leveren van koperslakblok-
ken ten behoeve van het dam-
vak door het Springersdiep
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: 'Mavotrans' n.v. te
's-Gravenhage

DED-1153 14 juli 1969

Het leveren en opstellen van
een automatische elektrische
pompinstallatie langs de weg op
de Middelplaten in de gemeente
Wolfaartsdijk
Aannemingssom: f 22 450,—
Aannemer: Molenbouw Bosman
n.v. te Piershil (Z.H.)

DED-1154 12 augustus 1969

Het leveren van grind ten be-
hoeve van de afsluiting van het
Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: n.v. 'Utroma' Arnhem

DED-1156 1 augustus 1969

Het vervaardigen en leveren van
polypropeenmatten ten behoeve
van bezinkingen voor de Delta-
werken
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: n.v. Zakkencentrale
te Schiedam

DED-1157 1 augustus 1969

Het vervaardigen en leveren van
polypropeenmatten ten behoeve
van bezinkingen voor de af-
sluiting van het Haringvliet
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: n.v. Zakkencentrale
te Schiedam

DED-1160 22 juli 1969

De huur van een dieselpomp
ten behoeve van de uitwatering
van een gedeelte van het grond-
gebied van de Vereniging van
Aanwassen onder Fijnaart in de
gemeente Willemstad
Aannemingssom: verrekenprijs
Aannemer: P. C. Klein te
Willemstad

DED-1161 15 juli 1969

Het huren van twee vaartuigen
voorzien van een beseining vol-
gens artikel 17 van het Vaar-
reglement, in verband met de
afsluiting van het Volkerak
Aannemingssom: verrekenprijs
Aannemer: P. C. Klein te
Willemstad

DED-1162 30 juni 1969

De huur van een dieselmemaal
ten behoeve van de watervoor-
ziening van de polder Maltha en
een gedeelte van het grond-
gebied behorende tot het water-
schap 'de Striene' te Klundert
Aannemingssom: verrekenprijs
Aannemer: Verhuurbureau
D. de Witte n.v. te Leeuwarden

DED-1167 17 juli 1969

Het maken van bodembezin-
kingen langs de zuidelijke lei-
dam van de brug over het
Haringvliet nabij Numansdorp
Aannemingssom: f 202 765,—
Aannemer: West-Nederland n.v.
te Papendrecht

DED-1168 22 juli 1969

De elektrificatie van de anker-
en hijsinstallatie van de motor-
kotter 'Prof. Lorentz' van de
Deltadienst en het verrichten
van onderhoudswerkzaamheden
aan dit vaartuig
Aannemingssom: f 96 350,—
Aannemer: Scheepswerf Gebr.
Akerboom n.v. te Leiden

DED-1171 3 september 1969

Het aanbrengen van zandasfalt-
kaden aan de noordzijde van
het werkeiland Roggenplaat in
de Oosterschelde in de ge-
meente Westerschouwen
Aannemingssom: f 986 000,—
Aannemer: n.v. Maatschappij tot
ontwikkeling en toepassing van
bitumineuze constructies onder
water 'Bitumarin' te Zaltbommel

DED-1173 11 augustus 1969

Het leveren en lossen van Bel-
gische mijnsteen ten behoeve
van de Deltawerken
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: n.v. de Hoop te
Terneuzen

DED-1174 7 augustus 1969

Het vervaardigen en leveren van
polypropeenmatten ten behoeve
van de bezinking om het werk-

eiland Roggenplaat in de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Zakkencentrale te Schiedam

DED-1176 19 mei 1969

Het leveren van grind tout-venant ten behoeve van de afsluiting van het Haringvliet
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: 'Utroma' n.v. te Arnhem

DED-1178 1 augustus 1969

Het leveren van grof grind ten behoeve van de oeververdediging van Noord-Beveland
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: 'Utroma' n.v. te Arnhem

DED-1179 7 augustus 1969

Het vervaardigen en leveren van polypropeenmatten ten behoeve van de bezinking bij het damvak Springersdiep in het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Zakkencentrale te Schiedam

DED-1180 24 april 1969

DED-1181 24 april 1969

DED-1182 12 mei 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting Brouwershavensche Gat
Aannemingssommen: eenheidsprijzen
Aannemers:
n.v. W. van Wijngaarden te Sliedrecht
n.v. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
n.v. T. en P. de Klerk te Werkendam

DED-1197 - 1198 - 1199 - 1200

1201 - 1202 - 1203 - 1204

1205 - 1206

1 augustus 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssommen: eenheidsprijzen
Aannemers:

Fa. Gebr. van Doorn te Langbroek (U)
n.v. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
J. E. van Helvoort te Gemonde (N.B.)

n.v. Jan de Jong Bzn te Sliedrecht

Fa. Gebr. Dubbelman Bzn te Lage Zwaluwe (N.B.)

Gebr. H. en J. van Esch te Schijndel (N.B.)

Fa. T. den Otter en Zn te Meerkerk

n.v. W. van Wijngaarden te Sliedrecht

Fa. G. van Weverwijk en Zn te Zijderveld

Fa. J. A. de Ruiter c.v. te Hardinxveld-Giessendam

DED-1207 - 1208 - 1209 - 1210

1211 - 1212 - 1213 - 1214

1215 - 1216 - 1217 - 1218

1219 - 1220

1 augustus 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssommen: eenheidsprijzen

Aannemers:

Fa. J. A. de Ruiter c.v. te Hardinxveld-Giessendam

Fa. Gebr. Hakkers te Werkendam

P. C. Klein te Willemstad

n.v. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

n.v. W. van Wijngaarden te Sliedrecht

Fa. A. J. van Loon, te Drimmelen

n.v. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

Fa. Kraayeveld's Aannemings- en Handelonderneming te Barendrecht

Fa. Gebr. Hakkers te Werkendam

n.v. T. en P. de Klerk te Werkendam

Fa. P. de Koning te Papendrecht

n.v. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

P. C. Klein te Willemstad

n.v. W. van Wijngaarden te Sliedrecht

BR-4750 25 april 1969

Het vervaardigen en leveren van stalen onderdelen ten behoeve van de caissons Brouwershavensche Gat, sluitgat Kous

Aannemingssom: f 99 860,-
Aannemer: De Jong en Snoey n.v. Machinefabriek en Constructie werkplaats te Goes

BR-4772 22 april 1969

Het vervaardigen en leveren van stroomgeleidingsprofielen ten behoeve van de caissons sluitgat Kous

Aannemingssom: f 100 060,-
Aannemer: n.v. S.I.F. Staalbouw Apparatenbouw Machinefabriek te Helden-Panningen

BR-4779 22 april 1969

Het bekleden van 192 stuks loopwielen ten behoeve van de gondels van de kabeibaan over het Haringvliet

Aannemingssom: f 27 226,-
Aannemer: Rubberfabriek Vredestein Loosduinen n.v. te Loosduinen

BR-4795 16 april 1969

Het vervaardigen en leveren van een ponton met loopbruggen c.a. ten behoeve van de werkhaven in de voormalige Sophia-polder (Afsluiting Oosterschelde)

Aannemingssom: f 26 160,-
Aannemer: Machinefabriek en Constructiewerkplaats B. Zwijnenburg n.v. te Krimpen a/d IJssel

BR-4837 27 juni 1969

Het vervaardigen en leveren van twee pontons c.a. ten behoeve van de haven Burghsluis
Aannemingssom: f 19 575,-
Aannemer: Machinefabriek en Constructiewerkplaats B. Zwijnenburg n.v. te Krimpen a/d IJssel

BR-4866 1 juli 1969

Het vervaardigen en leveren van rubberstrippen ten behoeve van de doorlaatcaissons Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: f 29 463,-
Aannemer: n.v. Rubberfabriek Bakker & Zoon te Ridderkerk

BR-4867 1 juli 1969

Het vervaardigen en leveren van nodulair gietijzeren loopwielen ten behoeve van de doorlaatcaissons Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: f 19 866,20
Aannemer: Nederlandsche IJzergieterij 'Vulcanus' n.v. te Vaassen

SS-503 2/3 juli 1969

Het leveren en monteren van een stalen overkapping met toebehoren voor de deurenbergplaats nabij de schutsluis Haringvliet in de gemeente Stellendam

Aannemingssom: f 131 730,—
Aannemer: Constructiewerkplaats en Machinefabriek n.v. Staalbouw Weert te Weert

Z-1220 25 september 1968

Aanbrengen van een grindbestorting op de rechteroever van het Zijpe en bestortingen van mijnsteen en grind aan de noordelijke havendam van de veerhaven te Anna Jacobapolder in de gemeenten Bruinisse en St. Philipsland

Aannemingssom: f 1 499 700,—
Aannemer: Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' te Gorinchem

Z-1303 15 april 1969

Aanleggen van een werkweg ten behoeve van de Deltadienst in de gemeente Midden-Schouwen

Aannemingssom: f 1 019 000,—
Aannemer: Aannemersbedrijf 'Schouwen-Duiveland' n.v. te Zierikzee

Door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken gesloten onderhandse overeenkomsten

Provincie Zeeland (wp. Walcheren)

Overeenkomst tussen het waterschap Walcheren en de gemeente Westkapelle tot herziening van het bestemmingsplan 'Joossesweg' onder de gemeente Westkapelle

Provincie Zeeland (wp. Noord-Beveland) nummer 1699

Leveren en bedrijfsvaardig opstellen van twee dieselmotoren ten behoeve van het te Colijnsplaat te bouwen gemaal, uitgerust met twee door dieselmotoren aan te drijven pompen
Aannemingssom: f 81 250,—

Aannemer: V. M. F. Stork Werkspoor te Amsterdam

Provincie Zeeland (wp. Noord-Beveland) nummer 1699

Leveren en bedrijfsvaardig opstellen van twee schroefcentrifugaalpomp, haakse tandwielkasten, vacuüminstallaties alsmede de complete elektrische installatie ten behoeve van het te Colijnsplaat te bouwen gemaal

Aannemingssom: f 219 500,—
Aannemer: Machinefabriek W. Hubert & Co n.v. te Sneek

Provincie Zeeland (waterkering cal. polders Hoofdplaat en Thomaes) 25 maart 1969

Levering van 8600 ton zuilenbasalt ten behoeve van verbetering dijkvak 'Hoofdplaat-oost' waarvan 2500 ton ten laste van delta en 500 ton bestemd voor onderhoudswerk elders
Aannemingssom: f 42,70 per ton
Aannemer: n.v. W. de Beyer te Arnhem

Provincie Zuid-Holland II-1966 dienstjaar 1966-1967

Verhoging Schielands Hoge Zeedijk te Rotterdam tussen Kapelstraat en Marconiplein en verbinding Coolhaven Achterhaven
Aannemingssom: door gemeente Rotterdam uitgevoerd
Aannemer: Gemeentewerken van Rotterdam

Provincie Zuid-Holland ov. Dv.A.-1967 dienstjaar 1967

Verbetering Molendijk te Ridderkerk t.p.v. de Crezéepolder
Aannemingssom: f 172 125,—
Aannemer: Aannemerscombinatie Mol n.v. te Hendrik-Ido-Ambacht

Provincie Zuid-Holland V-1967 dienstjaar 1967

Waterkering Rotterdam-Zuid: 2e Rozestraat, Hilledijk, Brede Hilledijk, Maashaven oz, Brielse laan
Aannemingssom: door gemeente Rotterdam uitgevoerd
Aannemer: Gemeentewerken van Rotterdam

Provincie Zuid-Holland II-1968 dienstjaar 1968

Verbetering Noorddijk onder Alblasserdam nabij de Lammer-

tjeswaal (dp 139-140)

Aannemingssom: f 199 500,—
Aannemer: n.v. v/h J. M. Dekker & Zoon te Papendrecht

Provincie Zuid-Holland VI-1968 dienstjaar 1968

Verbetering hoofdwaterkering te Puttershoek
Aannemingssom: f 152 980,—
Aannemer: Gebr. Hakkers n.v. & Fa. G. Schermers & Zn te Werkendam

Provincie Zuid-Holland VII-1968 dienstjaar 1968

Verhoging Schielands Hoge Zeedijk te Rotterdam tussen het Marconiplein en de grens met de gemeente Schiedam
Aannemingssom: door gemeente Rotterdam uitgevoerd
Aannemer: Gemeentewerken van Rotterdam

Provincie Zuid-Holland VI-1969 dienstjaar 1969

Aanbrengen kleiaanvulling tegen het buitenbeloop van de polder Oud- en Nieuw Reyerwaard te Ridderkerk tussen hmp 17,06 en 10,78 (Kenmerk voorheen ov. Dv. A - 1968)
Aannemingssom: f 96 900,—
Aannemer: Gebr. P. en A. Leijssen te Raamsdonksveer

Door het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken openbaar bestede en gegunde werken DED-1163 dienstjaar 1969

Het uitvoeren van baggerwerk in de werkhaven te Willemstad in 1969

Aannemingssom: f 30 100,—
Aannemer: n.v. Aannemings Maatschappij v/h J. Prins van Wijngaarden te Hattum

SS-511 dienstjaar 1969

Het maken van een deurenbergplaats met een loswal en houten remmingjukken, een uitzichtplateau en het uitvoeren van bijkomende werken gelegen nabij het schutsluizencomplex Volkerak in de gemeente Willemstad
Aannemingssom: f 1 038 000,—

Aannemer: n.v. Aannemers-
bedrijf v/h van Dongen & van
Hoven te Dordrecht

**Door andere beheerders dan het
Rijk voor de uitvoering van de
Deltawerken openbaar bestede
en gegunde bestekken**

**Provincie Zeeland (wp.
Schouwen-Duiveland)
nummer 1086 dienstjaar 1968**

Maken van een duinverzwaring
in de Zoete Haard aan het
noorderstrand
Aannemingssom: f 84 000,
Aannemer: Aannemersbedrijf
'Schouwen-Duiveland' n.v. te
Zierikzee

**Provincie Zeeland (wp. Noord-
Beveland) nummer 1704**

Bouwen van een bemalings-
gebouw met onderbouw van
gewapend beton, het leggen van
persleidingen van gewapend-
betonbuizen, het maken van een
uitstroombak enz. nabij de
Colijnsplaat
Aannemingssom: f 929 000,-
Aannemer: fa. A. Mans & Zn.
te Melissant

**Provincie Zeeland (waterkering
cal. polders Hoofdplaat en
Thomaes)
nummer 3 dienstjaar 1968**

Versterking zeedijk langs Wes-
terschelde van Hoofdplaatpolder
tussen de dijkpalen 58 en 85
met bijkomende werken in de
gemeente Hoofdplaat. Dijkvak
'Hoofdplaat-oost'
Aannemingssom: f 4 194 000,-

Aannemer: c.v. Gebr. van 't
Verlaat te Hardinxveld-Giessen-
dam

**Provincie Zeeland (waterkering
van de cal. polders Ser Lippens,
Nieuw Othene, Margaretha,
Kleine Huissens en Eendragt)
nummer 160 dienstjaren 1969-
1971**

Versterking zeedijk Margaretha-
polder, ter lengte van $\pm$ 2000 m,
aan de Westerschelde met bij-
komende werken in de ge-
meente Zaamslag
Aannemingssom: f 3 583 000,-
Aannemer: Aannemingsmij Jac.
G. van Oord n.v. te Utrecht

**Provincie Zeeland (waterschap
'Hulster Ambacht') nummer 1795**

Bouw dieselgemaal in de Kleine
Molenpolder
Aannemingssom: f 2 158 000,-
met en f 2 183 000,- zonder ver-
rekening van lonen. Aanpas-
singsbijdrage: f 1 550 000,-
Aannemer: n.v. Nederlandse
Beton Mij. Bato te 's-Graven-
hage

**Provincie Zuid-Holland IX-1965
dienstjaar 1965**

Verbetering Lekdijk in de be-
bouwde kom te Krimpen a/d
Lek tussen hmp. 185,63 en
187,43
Aannemingssom: f 119 400,-
Aannemer: Aannemersmaat-
schappij J. H. de Vos te
Krimpen a/d Lek

**Provincie Zuid-Holland I-1967
dienstjaar 1966**

Verbetering waterkering te Bol-
nes tussen hmp. 3,90 en 4,80

Aannemingssom: f 47 500,-
Aannemer: Fa. Slootmans & Zn.
te Dorst

**Provincie Zuid-Holland VII-1967
dienstjaar 1967**

Verbetering Schielands Hoge
Zeedijk te Rotterdam t.p.v. de
loodsen Van Gend en Loos
langs de westzeedijk
Aannemingssom: f 97 250,-
Aannemer: n.v. Visser & Co.
te Rotterdam

**Provincie Zuid-Holland VIII-1967
dienstjaar 1967**

Aanleg waterkering direct ten
oosten van de noordelijke toe-
rit naar de Barendrechtscbrug
Aannemingssom: f 217 500,-
Aannemer: n.v. Aannemers-
bedrijf v/h D. A. v. d. Linden
te 's-Gravendeel

**Provincie Zuid-Holland I-1968
dienstjaar 1968**

Rivierwaterkering onder Hoek
van Holland tussen het Oranje-
kanaal en de zeekering
Aannemingssom: f 1 144 000,-
Aannemer: Fa. J. Lensveld & Zn.
te Vlaardingen

**Provincie Zuid-Holland IX-1967
dienstjaar 1967**

**Provincie Zuid-Holland X-1967
dienstjaar 1967**

Verbetering Lekdijk tussen hmp.
108 en 112 te Lekkerkerk
Verbetering Lekdijk tussen hmp.
112 en 116 te Lekkerkerk
Aannemingssom: f 790 000,-
Aannemer: n.v. Exploitatie en
Aannemersmaatschappij Mol in
combinatie met L. Paans & Zn.
te Hendrik Ido Ambacht/Wer-
kendam

Verantwoording van de foto's

Aero-Camera 85

Aero-Carto 94

Hofmeester 61 63 64 65 66

71 76 80 101 105 107

Rijkswaterstaat 58 62 104

Inhoud

A. De werken van het Deltaplan

Het systeem van waterbeheersing in het noordelijk deltabekken. Praktische aspecten 115

Loden en meten tijdens de sluiting van het Rak van Scheelhoek 120

De afsluiting van het Rak van Scheelhoek 134

De afdichting van een blokkendam 140

De verdediging van het buitenbeloop van de Haringvlietdam 145

Zettings- en wrijvingsproeven. Tweede reeks 148

Verdere inrichting van het Veerse Meer 156

Vorderingen 161

A. De werken van het Deltaplan

Met behulp van de Haringvlietsluizen en de stuwen in de Nederrijn en de Lek wordt het binnen zekere grenzen mogelijk het oppervlaktewater dat de grote rivieren aanvoeren beter over ons land te verdelen dan thans. Het vorige artikel over dit onderwerp (Bericht nr. 52, pagina 67) behandelde de algemene opzet van dit systeem van waterbeheersing. Dit keer worden de praktische kanten van het systeem behandeld, en krijgt vooral de instrumentatie ervan de aandacht.

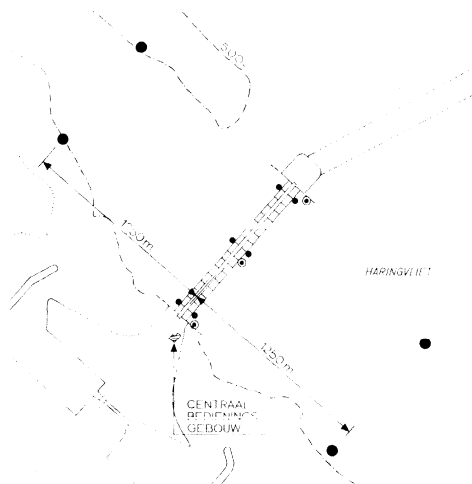
Daarbij moet men wel bedenken dat het systeem van waterbeheersing dat wij hier beschrijven in ieder geval het eerste jaar verkeert in een experimenteel stadium; op grond van de ervaringen in deze beproevingsfase zal worden gestreefd naar een definitieve regeling, die ook pas tot stand kan komen wanneer alle noodzakelijke inlaatsluizen, stuwen en lozingsmiddelen voorhanden zijn. De eerstkomende jaren zal de oppervlaktewaterverdeling over het noordelijk Deltabekken moeten worden verwerkt met behulp van de uitwateringssluizen in het Haringvliet en de stuwen in Nederrijn en Lek. Omstreeks 1974 zullen naar verwachting mag worden de inlaatsluizen in de Volkerakdam, die dienen ter bestrijding van het zoutbezwaar van de schutsluizen aldaar, als derde regelbaarheid aan het systeem worden toegevoegd. Alle tot het systeem behorende inlaatsluizen, stuwen en lozingsmiddelen zullen worden bediend volgens van tevoren opgestelde richtlijnen. Zo is ook voor de uitwateringssluizen in het Haringvliet een lozingsprogramma opgesteld. Het lozingsprogramma voor de Haringvlietsluizen is tweeledig. Uitgaande van de veronderstelling dat in zee een gemiddelde getijbeweging heerst, is een programma samengesteld waarin omschreven wordt hoever de schuiven tijdens het laagwater op zee zullen worden geopend bij verschillende oppervlaktewateraanvoer door de bovenrivieren. Er is rekening mee gehouden dat de getijbeweging op zee steeds van het gemiddelde afwijkt, meestal echter zo weinig dat het lozingsprogramma gedurende een belangrijk gedeelte van het jaar kan worden aangehouden. Daarom wordt dit programma dan ook het normale lozingsprogramma (N.L.P.) genoemd.

Het systeem van waterbeheersing in het noordelijk deltabekken. Praktische aspecten

Bij stormen en sterke afwaaiing en ook bij sterke vervuiling van het aangevoerde oppervlaktewater moet een afwijkend lozingsprogramma worden gevolgd.

Het systeem van waterbeheersing moet behalve uitgevoerd ook voortdurend op zijn resultaten getoetst worden. Het systeem is uitgewerkt aan de hand van modelproeven in hydraulische en elektrische analogiemodellen en met behulp van theoretische en empirische berekeningsmethoden. Het spreekt niet zonder meer vanzelf dat de natuur precies zal voldoen aan de verwachtingen die zijn opgesteld ten aanzien van de water-, zout- en sedimentbeweging.

Bij de opzet van het waterbeheersingssysteem voor het noordelijk Deltabekken is ervan uitgegaan dat de bedieningspost van de Haringvlietsluizen het normale lozingsprogramma zelfstandig moet kunnen uitvoeren. De bedieningspost zal daartoe moeten beschikken over een brede stroom van informatie. Voor het bepalen van de spuiopening is het nodig dat men van moment tot moment weet hoe groot de bovenafvoer is van Maas en Rijn en bovendien wat van die afvoer de voorgeschiedenis was. Op het ogenblik is deze aanhoudende inlichtingenstroom alleen mogelijk ten aanzien van de Rijn en zijn vertakkingen. Ten behoeve van de Rijnkanalisatie is hier namelijk al een aantal registrerende meetopstellingen geplaatst, waarvan de gegevens per vaste lijnverbinding naar de Haringvlietsluizen kunnen worden overgebracht. De peilgegevens van de stations Lobith en IJsselkop volstaan in principe om de afvoer van de Bovenrijn en zijn vertakkingen te bepalen, omdat de relatie tussen deze peilen en die afvoer bekend is. Naar automatisering van de afvoerbepaling



- MEETPALEN MET RADIOGRAFISCHE OVERDRACHT VAN VERTICAAL GETIJ EN ZOUTGEHALTE NAAR BEDIENINGSGEBOUW HARINGVLIETSLUIZEN
- DRIJKDOZEN MET KABELOVERDRACHT VAN DRIJKVERVAL NAAR BEDIENINGSGEBOUW
- GELEIDENDHEIDSMETERS IN DE ZOUTVANG MET KABELOVERDRACHT NAAR BEDIENINGSGEBOUW

van de Maas wordt gestreefd, maar zolang die nog niet is verwerkelijkt moet de afvoer worden bepaald uit de 's morgens om 8 uur opgenomen standen van de drie schuiven van de stuw te Lith, en het peil op het bovenpand; of, bij gestreken stuwen, uit het peil bij Grave. Nu levert de Maas een kwalitatief wel belangrijke, maar toch vrij kleine bijdrage aan de opperwaterafvoer, zodat het feit dat men van hier maar eenmaal in de 24 uur gegevens ontvangt, geen al te groot nadeel vormt. Het opperwater heeft een of twee dagen nodig om vanaf de genoemde stations het benedenrivierenstelsel te bereiken, zodat men de spuiopening van de Haringvlietssluisen geruime tijd van tevoren kan bepalen. De bedieningspost moet inmiddels zijn ingelicht om-trent de zijdelingse aan- en afvoeren, bijvoorbeeld door de uitslag van poldergemalen. Het voor de benodigde lozing vereiste door-stroomprofiel moet nu verdeeld worden over de beschikbare sluisopeningen. Dat zijn: de 17 grote spuiopeningen, de 5 zoutriolen die in de landhoofden zijn aangebracht, en de vis-riolen die zijn ingebouwd in een zestal pijlers. De zoutriolen dienen om het in de diepgele-gen zoutvang aan de rivierzijde van het slui-zencomplex als gevolg van lek en overslag verzamelde zoute water naar zee af te voeren. Twee van deze riolen bevinden zich in het noordelijk landhoofd en drie in het zuidelijke. De doorsnede van een zoutriool bedraagt 7,84 m². Om te voorkomen dat het zoete rivier-water tijdens de lozing over het in de zout-vang verzamelde zoute water getrokken wordt, wordt de snelheid waarmee het water het riool binnenstroomt door de stand van de schuiven beperkt tot 20 cm per seconde. Dat begrenst meteen de afvoer van de zoutriolen.

Een snelheidsmeter midden in de zoutriool is teruggekoppeld op de schuif, zodat de stand ervan wordt veranderd als de watersnelheid van de vereiste waarde begint af te wijken. Geleidendheidsmeters op verschillende diep-ten in de zoutvang, die verbonden zijn met re-gistratieapparatuur in de bedieningspost van de sluisen, controleren of de zoutriolen inder-daad water van voldoende zoutgehalte afvoe-ren. De zes visriolen dienen om aal, spiering en andere vis vanuit zee naar het Haringvliet te schutten. Het is hiertoe nodig dat in de vis-riolen een kleine lokstroom in stand wordt ge-houden. De beperkingen die om vorenge-noemde redenen zijn opgelegd aan het debiet van de zout- en visriolen, zijn er de reden van dat de minimaal voor het Haringvliet vereiste verversingsstroom van 40 m³ per seconde ge-middeld over het getij bij lage Rijnafoeren niet met deze spuiopeningen kan worden be-reikt. Te allen tijde moet er dus met een of meer van de grote segmentschuiven worden gewerkt.

Op de bedieningspost van de Haringvlietsslui-zen zal ook moeten worden vastgesteld op welk moment de segmentschuiven en de schuiven van zout- en visriolen geopend en gesloten moeten worden. De sluisen werken namelijk alleen wanneer de binnenwaterstand hoger is dan het peil buiten. Theoretisch lig-gen deze ogenblikken vast: ze moeten samen-vallen met de momenten waarop de waterdruk aan weerszijden van de sluiscomplex gelijk is. Om die ogenblikken in de werkelijkheid te bepalen, worden op 1250 m uit de as van de sluis zowel aan de zee- als aan de rivier-zijde twee meetpalen geplaatst. De afstand tot de sluisen moet zo groot zijn om er zeker van te kunnen zijn, dat het meetpunt buiten

Fig. 1 Plaats van meetpalen en drukdozen bij en op de Haringvlietsluizen

Fig. 2 De peilschaalstations in het noordelijk Deltabekken

Fig. 3 De meetopstellingen voor de bepaling van het zoutgehalte in het noordelijk Deltabekken

het bereik ligt van de versnellingen en vertragingen van de stroom, die het gevolg zijn van het spuien zelf. De plaatsing van twee meetpalen aan elke zijde is een maatregel van voorzichtigheid: de kans dat er wegens defecten helemaal geen gegevens doorkomen wordt erdoor verkleind, maar tevens elimineert men hierdoor de invloed van eventuele dwarsverhagen. De meetpalen zijn neergezet op plaatsen waar gemiddeld steeds 5 meter water zal staan, omdat dit nodig is voor het betrouwbaar functioneren van de apparatuur, per paal een vlotter-getijmeter en een geleidendheidsmeter. De gegevens omtrent waterstand en zoutgehalte, die van de palen radiografisch worden overgebracht naar de bedieningspost van de sluizen en daar door ponsers en schrijvers worden geregistreerd, kunnen worden omgewerkt tot infor-

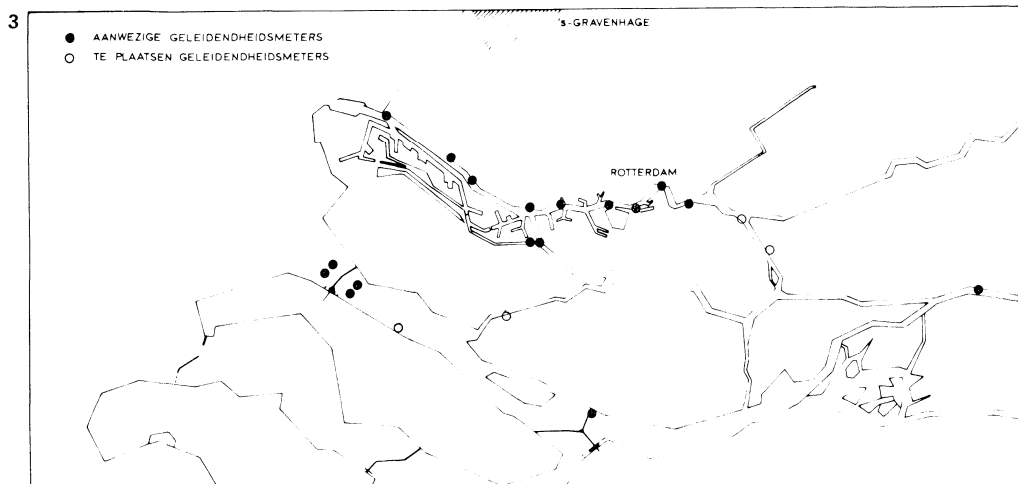
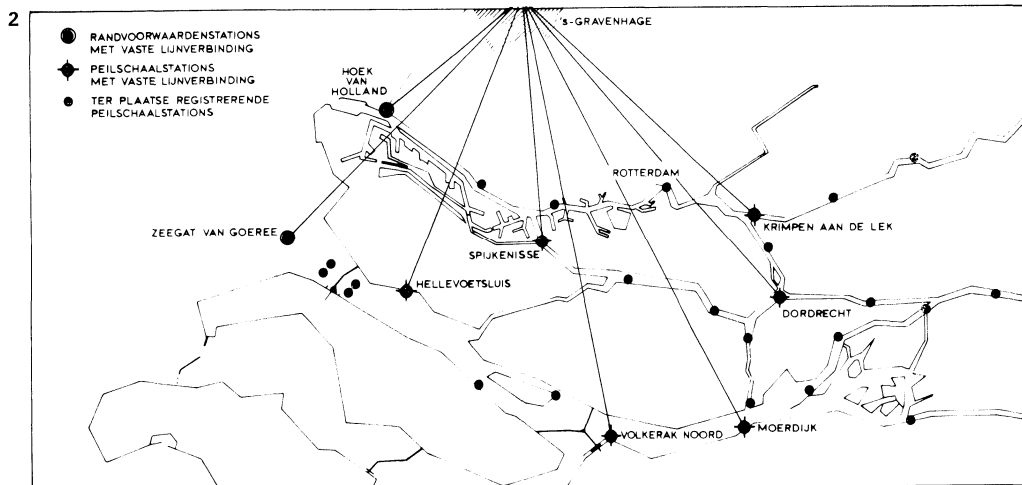


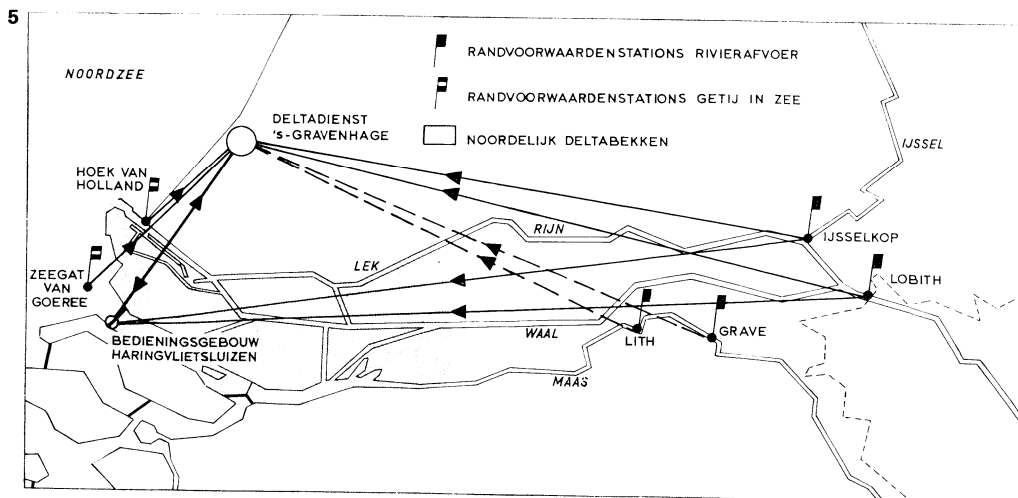
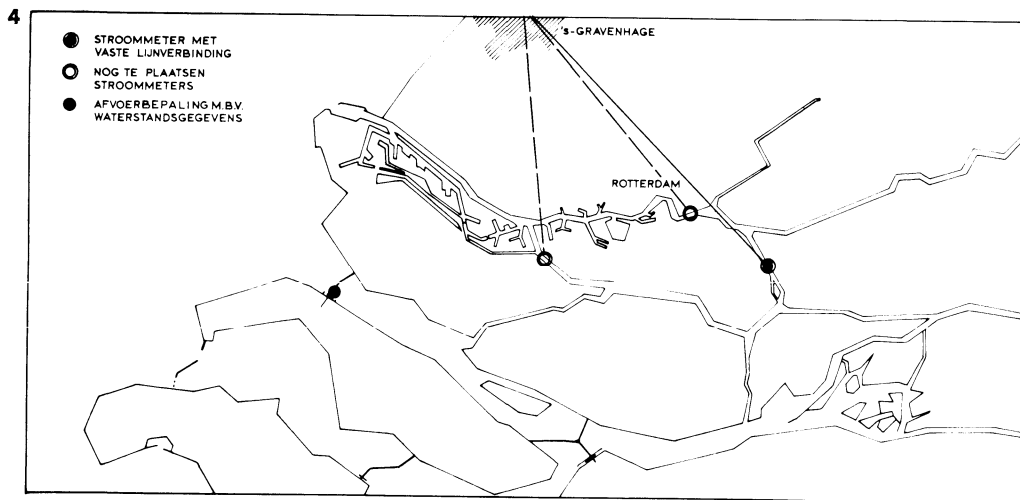
Fig. 4 De stroommeters in het noordelijk Deltabekken

Fig. 5 De randvoorwaardestations voor rivierafvoer en getij, en hun verbinding met 's-Gravenhage

matie omtrent het verloop van de waterdruk aan weerszijden van de sluisen. Op alle pijlers van de sluisen zijn op een hoogte van N.A.P. - 3,15 m bovendien drukopnemers aangebracht. De drukopnemers op de koppen van de pijlers 1, 8 en 16 zijn aangesloten op differentiaaldrukmeters. De daarmee gemeten drukverschillen zullen ook op de bedieningspost worden geregistreerd, zodat aanvullende aanwijzingen worden verkregen voor de bepaling van het moment van openen en sluiten van de schuiven.

Toetsing van het lozingsprogramma

De registraties waarover de bedieningspost beschikt, moeten ook worden gebruikt om het lozingsprogramma te toetsen. De waterstandsverlopen aan weerszijden van de sluisen ge-



ven een aanwijzing omtrent de totale waterafvoer door de sluisopeningen. De meetpunten die wij hierboven beschreven maken deel uit van een uitgebreid meetsysteem dat het gehele noordelijke Deltagebied omvat en dat gegevens verstrekt over het verloop van het verticale getij en het zoutgehalte in het hele meetgebied en ook over het horizontale getij in enkele riviertakken. Het verticale getij en het zoutgehalte worden op een groot aantal punten vastgelegd in ter plaatse registrerende stations. Daarenboven zijn in de Noord, en worden binnenkort in de benedenmond van de Oude Maas en later mogelijk ook in de Nieuwe Maas ter plaatse registrerende stroommeters neergezet, waaruit de gemiddelde stroomsnelheid en daaruit weer de afvoer in die riviertakken kan worden bepaald. Met dit meetnet kan het effect van het lozingsprogramma van de Haringvlietsluizen op de waterbeweging worden nagegaan. Beantwoorden water- en zoutbeweging niet aan de berekeningen en verwachtingen, dan moet het N.L.P. worden veranderd.

Onder bijzondere omstandigheden, zoals storm of extreem lage rivierafvoer zal het nodig zijn dat men onmiddellijk geïnformeerd wordt over de water- en zoutbeweging. Om dit te bereiken zal een vaste lijnverbinding tot stand worden gebracht tussen een aantal peilschaalstations en een centrum in 's-Gravenhage. Er wordt naar gestreefd zo spoedig mogelijk ook de registraties van stroom- en zoutmeters op deze manier naar Den Haag over te brengen. Wanneer er reden is om de besturing van de Haringvlietsluizen operationeel te begeleiden met het elektrische analogon 'Deltar' moet dit rekentool direct de beschikking hebben over randvoorwaarden voor zijn berekening, namelijk het getij in zee en de oppervlaktewaterafvoer. De randvoorwaarde 'getij in zee' wordt verkregen met behulp van de getijregistraties te Hoek van Holland en een getijmeetpaal in het zee-gat van Goeree, 5 tot 6 km zeewaarts van de Haringvlietsluizen. Omtrent de bovenafvoer geven de peilstations Lobith en IJsselkop uitsluitel ten aanzien van de Rijn en zijn vertakkingen en de peilstations Lith of Grave voor wat betreft de Maasafvoer. Alle genoemde gegevens behalve die betrekking hebben op de Maas zullen per vaste lijnverbinding naar het centrum in 's-Gravenhage worden overgebracht.

Met behulp van het in het voorgaande omschreven meetsysteem zal in de experimentele fase een doelmatige toetsing van het opgestelde lozingsprogramma en ook operationele begeleiding van de bediening van

de Haringvlietsluizen mogelijk zijn. Ter verdieping van het inzicht en ter nadere toetsing van het lozingsprogramma zullen op ruime schaal naast de hier beschreven continue metingen ook discontinue metingen van de water-, zout- en sedimentbeweging worden verricht vanaf meetvaartuigen. Een uitgebreid meetprogramma zal worden opgesteld, dat vooral zal zijn gericht op het nauwkeurig vaststellen van de waterverdeling bij de verschillende splitsingspunten in de rivier en op de simultane meting van de water-, zout- en sedimentbeweging in vrijwel het gehele benedenrivierengebied. Daarnaast worden op vele vaste punten watermonsters genomen ter bepaling van de temperatuur of het chloride- en in enkele gevallen het zuurstofgehalte van het water.

Voor het ontwerp van de beteugelingsdam in het Rak van Scheelhoek en het daarbij aansluitende modelonderzoek is al voor de opbouw van de dam begon een groot aantal lodingen en metingen uitgevoerd. Ook tijdens de uitvoering van het werk zijn veel metingen verricht, ter toetsing van de resultaten van het modelonderzoek.

Loden en meten tijdens de afsluiting van het Rak van Scheelhoek

Het spreekt vanzelf dat de uitvoering van de afsluitingswerken in het Haringvliet steeds gepaard is gegaan met wijzigingen in het doorstroomprofiel van de zeearm. De bouwput voor de uitwateringssluizen, waarmee het hele werk in 1957 werd begonnen, verkleinde het doorstroomprofiel in het tracé van de afsluiting van 19.500 m² tot 15.700 m²; door uitschuring, met name aan de noordwestzijde van de bouwput, nam het profiel later weer toe tot 17.700 m², wat zo bleef tot oktober 1968. De tussentijdse afsluiting van het Zuiderdiep, aan de Goereese kant, had daarop geen invloed. In juni 1967 begon men de bouwput weer op te ruimen, want de sluizen waren klaar; op 1 oktober 1968 konden ze worden geopend, waardoor het doorstroomprofiel van het Haringvliet opeens aanzienlijk groter werd dan voor de afsluitingswerken begonnen, namelijk 21.300 m². Van 1 oktober tot 8 november 1968 werd het Noord-Pampus, zuidelijk van de uitwateringssluizen, dichtgespoten. Toen dat klaar was bleek het doorstroomprofiel van de zeearm als geheel nog maar 500 m² kleiner te zijn dan in 1956. Na de voltooiing van het wintersluitgat in het Rak van Scheelhoek in augustus 1969 hield men een profiel over dat 2/3 bedroeg van het profiel op 1 oktober 1968; dit gehele profiel was nu echter verdedigd. Het was als volgt verdeeld: 5300 m² in de sluizen, 8800 m² in het sluitgat van het Rak van Scheelhoek.

Het Rak van Scheelhoek bestond uit twee geulen die gescheiden werden door een onderwaterrug. De zuidelijke geul fungeerde min of meer als vloodschaar, de noordelijke als ebschaar. In 1968 werd begonnen met de vorming van het sluitgat, en wel aan de noord-

zijde van de ebschaar. De bovenkant van de drempel werd daar gelegd op N.A.P. -11 m. Ook werd in dat jaar de trog aan de noordwestzijde van de voormalige bouwput gevuld. In 1969 werd de opbouw van de sluitgatrempel voortgezet in de vloodschaar, daar verlopend tot een hoogte van N.A.P. - 7 m.

Lodingen

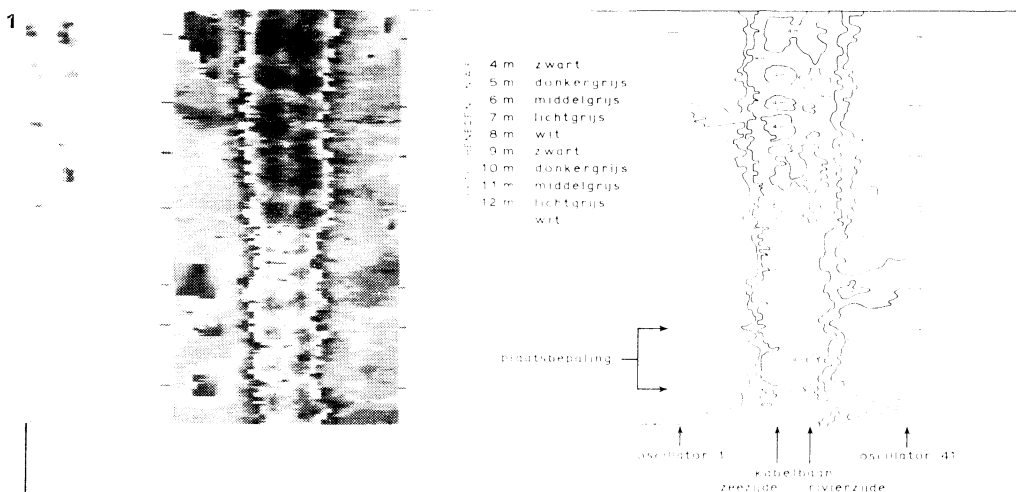
Ter bewaking van de bodembescherming en ook van de aansluitende onbeschermd bodem werd in de genoemde jaren regelmatig gelood aan weerszijden van de uitwateringssluizen en over de drempel in het Rak van Scheelhoek. Gedurende het opstorten van de beteugelingsdam in het Rak van Scheelhoek werd de frequentie van die lodingen nog verhoogd.

Bij de sluizen werd gelood in raaien met een onderlinge afstand van 40 m, loodrecht op de lengte-as van het sluiscomplex. Bij eb werd gelood aan de zeezijde, bij vloed aan de rivierzijde, in beide gevallen tot op 350 m van de rand van de bodembescherming, die zelf reikt tot 200 m uit de as van de sluizen. In het Rak van Scheelhoek werd tot het opstorten van de blokkendam begon, gelood in raaien die ongeveer haaks stonden op de as van de kabelbaan, en wel tot 400 m uit die as. Als richtpunt van alle raaien diende een paal aan de rivierzijde van de drempel. De raaien werden verder bepaald met behulp van kleine verhaalbare pontons, en ook wel met behulp van het peilvaartuig 'Krabbe', wat eigenlijk makkelijker was, want na het uitbrengen van de ankers kon de 'Krabbe' door verhalen naar opeenvolgende posities de helft van de raaien helpen bepalen. Toen het

kabelbaanbedrijf eenmaal begon, werd het loden van raaien dwars op de drempel te gevaarlijk. Daarom werden de raaien in het vervolg evenwijdig genomen aan de as van de kabelbaan, met een onderlinge afstand van 30 m. Dagelijks werd of aan de zeezijde of aan de rivierzijde gelood tot 335 m uit de as van de kabelbaan. Het nadeel van dit systeem is natuurlijk dat de raaien nu ook evenwijdig liepen aan de rand van de bodembescherming; ontgrondingen vlak naast de bescherming en de daarbij voorkomende taludhellingen waren op zo'n manier moeilijk te bepalen. Met behulp van de 'Krabbe', die lodingen uitvoert over een breedte van 40 m ineens, en daarbij het voordeel heeft ook bij tamelijk ruw water stabiel te liggen, was het evenwel toch mogelijk een aanwijzing te krijgen over het diepteverloop tussen twee raaien. De diepte

werd in dat geval niet alleen met de bodembeschrijver bepaald, maar ook met het registrerend echolood dat in de as van het schip is aangebracht. De blokkendam werd aldus zolang het kon omstreeks de H.W.-kentering afgelood door de 'Krabbe', die dan de as van de kabelbaan volgde. De kruin van het zuidelijk damgedeelte kwam door de gebezigde wijze van storten 3 m zeewaarts, en de kruin van het noordelijk damgedeelte 3 m rivierwaarts van die lijn te liggen, en met het oog daarop werd aan boord van de 'Krabbe' tijdelijk een registrerend echolood opgesteld waarvan de oscillator eveneens 3 m uit de as van het vaartuig stond. Uit de registraties van het echolood werd een lengteprofiel over de kruin van de blokkendam getekend; met behulp van de bodembeschrijver kon worden gecontroleerd of de kruinlijn exact gevolgd was. Bovendien werden aan de registraties daarvan acht dwarsprofielen van de dam ontleend. Van 30 januari tot 4 maart werd de blokkendam eens per week met de 'Krabbe' afgelood; op 28 februari kon nog maar 75% van het traject worden opgenomen, en na 4 maart werd de vaardiepte overal zo gering dat de 'Krabbe', die minstens 1.75 m vaarwater nodig heeft, zich er niet meer waagde. De hoogteligging werd nadien wekelijks bepaald door schatting. Vanaf een vlet die zo dicht mogelijk onder de dam voer, werd de ligging van elk vak van ongeveer gelijke hoogte gemeten. De dwarsprofielen kwamen tot stand doordat men een vaartuig met de kop tegen de kruin voer, en van daaraf om de meter met een slaggaard en een zwaar lood de hoogte en de diepte opnam. Het N.A.P.-vlak werd herleid uit de waterstand van het ogenblik.

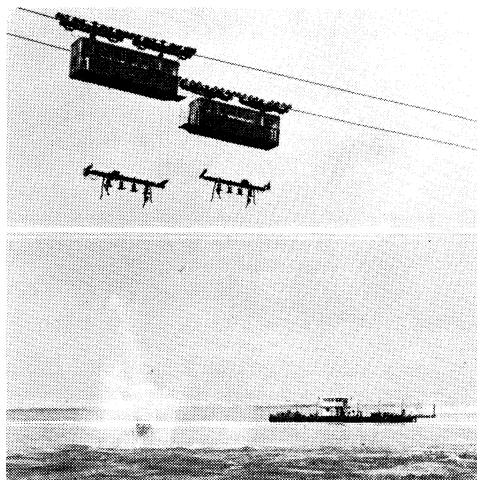
Fig. 1 Een registratie van de hoogteligging van de damkruin in het Rak van Scheelhoek, verkregen met het peilschip 'Krabbe', op 14 februari 1970



Tijdens het opstorten van de dam werd bij de sluisen eenmaal per week gelood, en wel vanaf 2 februari 1970. Aan de rivierzijde van de sluisen, pas toen in het Rak van Scheelhoek 90% van het doorstroomprofiel beneden H.W. was geblokkeerd, namen de profielen aan de rivierzijde van de sluisen toe. Aan de zeezijde daarentegen begon de verdieping al toen het profiel in het Rak van Scheelhoek met 25% was verminderd. Maar daarbij moet worden opgemerkt dat juist op dat ogenblik de Rijnaftvoer steeg tot 9500 m³/sec. De profielen namen vanaf het ogenblik dat 75% van het doorstroomprofiel in het Rak van Scheelhoek was geblokkeerd, aan de zee- en aan de rivierzijde in gelijke mate toe. Van de bodembescherming aan beide zijden van het sluisencomplex was op 13 mei alleen een gedeelte van het betonnen stortebed niet met een sliblaag bedekt; de filterconstructies lagen nog steeds onder 1 tot 4 m slib, dat dus ook bij de opgetreden vergroting van de profielen niet door de stroom was meegenomen.

In het Rak van Scheelhoek werd de periode oktober 1968–januari 1970 voornamelijk besteed aan de vorming van een wintersluitgat. De aanleg van een drempel met aansluitende bodembescherming had een gemiddelde verdieping van de bodem ter plaatse tot gevolg van een halve tot één meter, rondom de middenpijler van de kabelbaan één tot anderhalve meter. Het gebied tussen de middenpijler en de zuidpijler werd opgeklapt tot N.A.P. – 8 m, en de troggen aan de noordoostzijde van de sluisen werden opgevuld. Om een indruk te krijgen van de bodemverdiepingen tijdens de bouw van de dam zelf vergelijken we een loding van 30 januari met een loding van 26 maart 1970. Ter hoogte van de middenpijler verdiepte de bodem zich nabij de rand van de bodembescherming in die periode met 1,5 à 2 m, terwijl op basis van berekeningen 3 à 3,5 m verwacht was. Waar de dam eerder op hoogte gebracht werd, traden verondiepingen op van twee tot drie meter, boven de bodembescherming zowel als daarbuiten. Buiten de verdediging werd de grootste verondieping gevonden in het diepste gedeelte van de voormalige eb-schaar zowel aan de rivier- als aan de zeezijde van de dam. Op 25/26 februari, toen 45% van het profiel beneden H.W. was opgevuld, trof men daar al slibafzettingen aan van 2 meter dik. Op 16 maart, toen 60% van het sluitgat was geblokkeerd, vond men in het diepste deel van de geul onder de Voorne se kust slibafzettingen van een halve tot anderhalve meter dik over een lengte

2



van 1½ km aan weerszijden van de blokken-dam. De gemiddelde korreldeiameter van dit slib bleek aan de rivierzijde ongeveer twee keer zo groot te zijn als aan de zeezijde. Op 11 april, toen de dam bijna overal, en op 11 mei toen hij overal op hoogte was gekomen, zijn metingen verricht om de taludhellingen te bepalen. Ze bleken op 11 april steiler te zijn dan op 11 mei. In de maand die verliep tussen beide metingen waren de taluds niet alleen iets flauwer, maar ook regelmatig geworden. Dat de taluds aan de zeezijde flauwer waren dan aan de kant van de rivier, werd vermoedelijk veroorzaakt door de ebstroom, die mede door de hoge Rijnaftvoeren langer aanhield dan de vloedstroom, veelal zelfs twee keer zo lang. Onderzoek heeft uitgewezen dat de golfbeweging nagenoeg geen invloed heeft gehad op de helling van de taluds.

Stroommetingen

Om erachter te komen welke verandering de stroomsituatie in het Haringvliet onderging ten gevolge van de geleidelijke sluiting van het Rak van Scheelhoek, werden op verschillende dagen stroommetingen verricht in de onmiddellijke omgeving van de uitwateringssluizen en van het sluitgat. Deze metingen dienden tevens ter controle van de prognoses die ten aanzien van de verandering der stromen waren opgesteld op grond van modelonderzoek.

Bij vroegere metingen, vóór de blokkering van het sluitgat een aanvang nam, was gebleken dat de maximale gemiddelde ebstroom en vloedstroom in de meetpunten I en II van

2 De 'Krabbe' aan het loden
boven de bodembescherming bij
de blokkendam

3 Stroommeting boven de
blokkendam op 9 oktober 1968

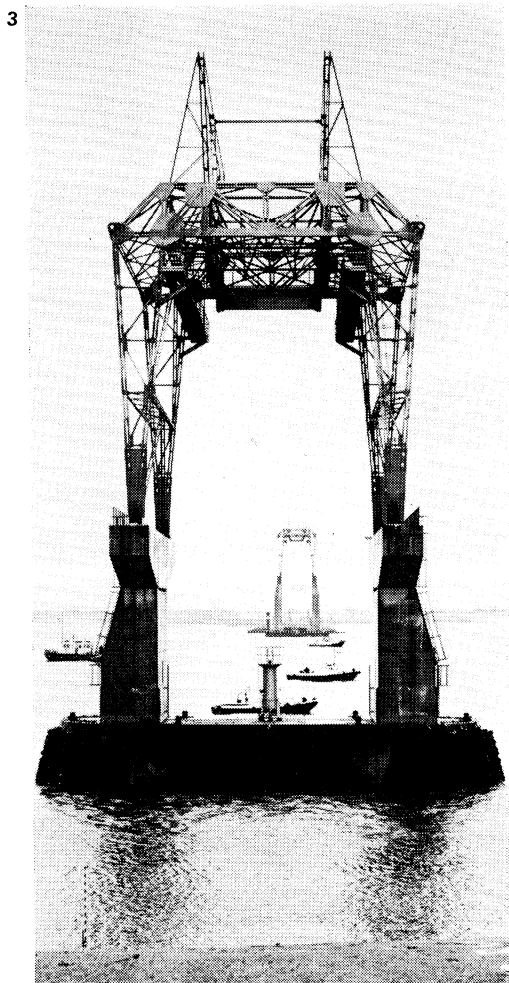


fig. 4 bij allerlei omstandigheden van getij en bovenafvoer ongeveer aan elkaar gelijk waren. Om de afvoerdeling van het Haringvliet over sluizen en sluitgat te kunnen bepalen werd op 9 juli 1969, toen het sluitgat praktisch voltooid was, een stroommeting verricht in de lijn van de kabelbaan, en in raaien evenwijdig aan de as van de sluizen op afstanden van 150 m rivierwaarts en 180 m zeewaarts.

Snelheidsmetingen met drijvers boven de dam-in-opbouw vonden plaats toen het profiel voor 15 à 20% was geblokkeerd; met Ott-molens werd de snelheid gemeten toen het profiel was verminderd met 30%, en in een raai haaks op de dam toen er nog 38% van het profiel resteerde. Toen het profiel voor 52, 76 en 100% was geblokkeerd werden opnieuw afvoermetingen gedaan, in raaien op 200 m afstand van de dam en van de sluizen. De felle stroom maakte het toen niet raadzaam dichterbij te komen, hoewel een meting op deze afstand het risico in zich borg dat het water na het meetpunt alsnog kon afbuigen in de richting van de sluizen.

In zes openingen van de uitwateringssluizen werden stroommetingen gedaan toen het Rak van Scheelhoek voor 90 à 99% was geblokkeerd.

Op de sluisvloer kon niet worden geankerd; daarom werden de meetboten vastgelegd aan nylonkabels die dwars over de sluisopeningen waren gespannen. De grootste stroomsnelheid in de sluisopeningen bedroeg bij deze metingen gemiddeld over de verticaal 3,5 m/sec; in één geval werd een oppervlaktesnelheid van 4,4 m/sec gemeten. Het verval over de openstaande sluis bedroeg maximaal 40 cm.

De afvoer die door de blokkendam bleef plaatsvinden toen die geheel op hoogte was gekomen, werd ook weer afzonderlijk bij vloed en bij eb gemeten. Vanwege de geringe stroomsnelheid moesten de vaartuigen nu zo dicht mogelijk bij de dam worden verankerd en zelfs aan de achterzijde op de dam zelf vastgelegd.

Nadat de blokkendam was voltooid werd met drijvers een onderzoek verricht naar de toestroming van water van de dam in de richting van de sluizen. 4 m diep reikende drijvers werden in het water gezet en met het oog gevolgd. Bij eb lukte de proef; bij vloed niet, omdat de drijvers toen vastliepen in de ankerdraden van aan de zeezijde liggende werkschepen.

Bij de interpretatie van de stroommetingen moet men steeds bedenken dat de bovenafvoer tijdens de bouw van de beteugelings-

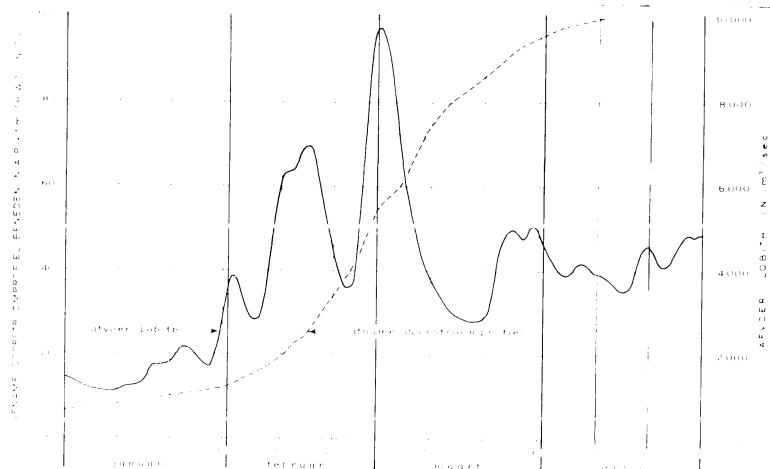
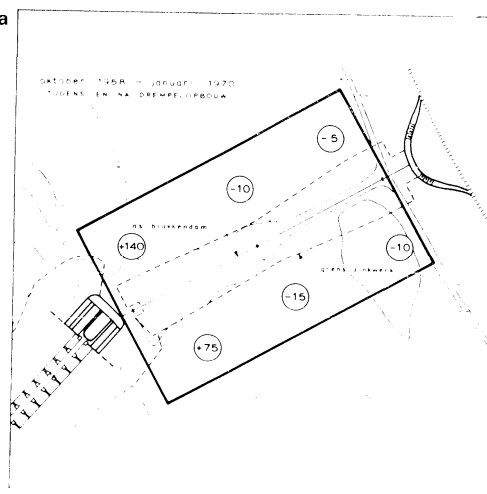


Fig. 4 Het verloop van de vermindering van het doorstroom-profiel in het Rak van Scheelhoek

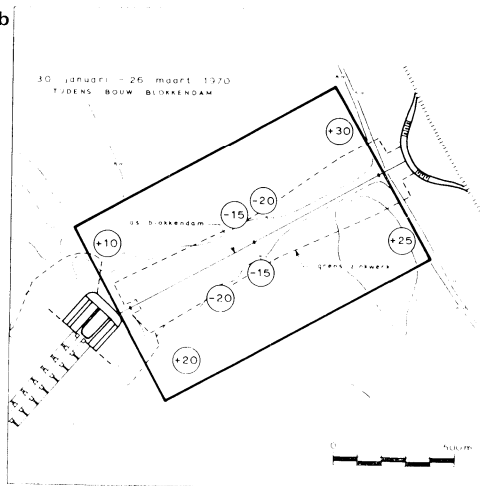
Fig. 5 Verandering in de bodemligging nabij de uitwateringssuizen, aangegeven in decimeters

- van oktober 1968 tot januari 1970
- van 30 januari tot 26 maart 1970

5a



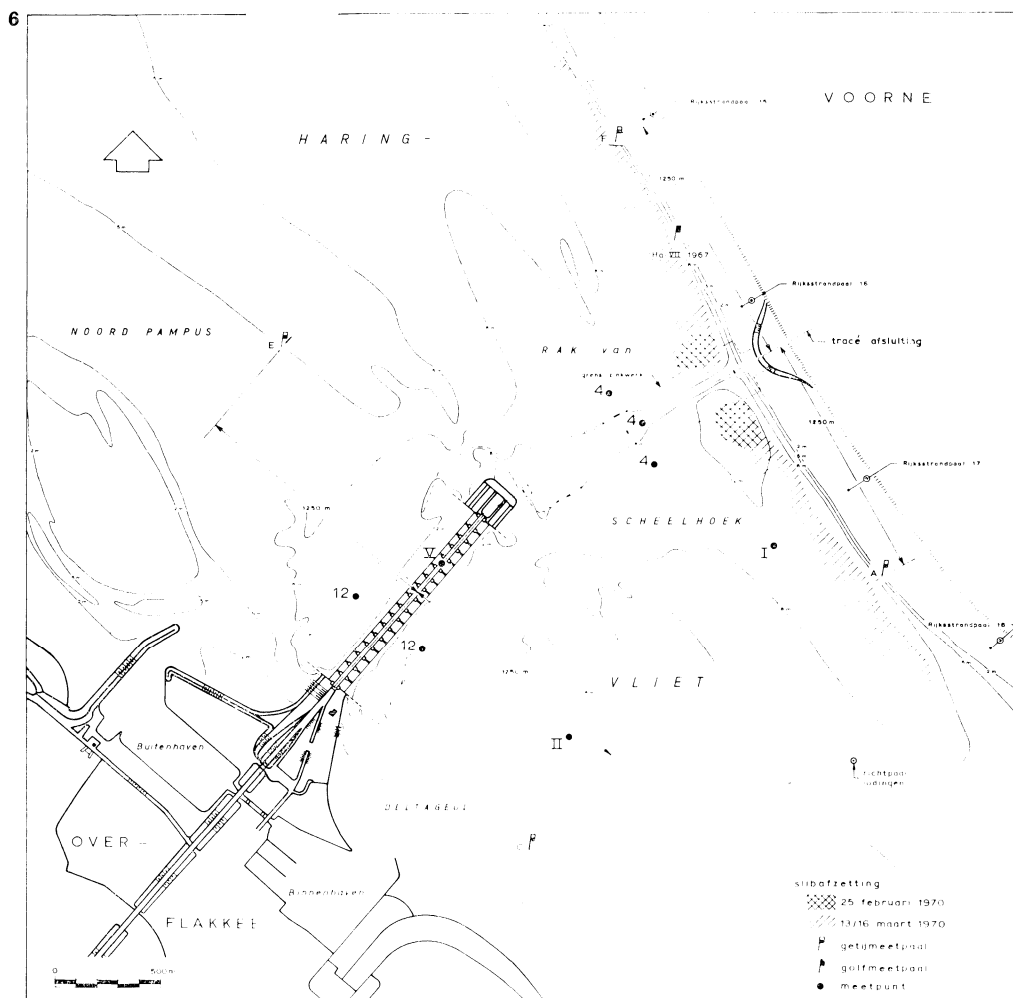
5b



dam bijzonder groot is geweest. Terwijl het jaargemiddelde van de Rijnafvoer bij Lobith 2200 m³/sec bedraagt, was hij gedurende $\frac{2}{3}$ deel van de bouwperiode 4000 m³/sec of meer. Op 1 maart 1970 bedroeg de afvoer zelfs 9800 m³/sec. 60% van dit water passeerde het Haringvliet. De betrekkelijk lage waarde van het maximum-vloeddebiet door de sluis op 27 februari is een gevolg van het feit dat op het ogenblik van de meting nog ruim 5000 m³/sec aan bovenafvoer door het Haringvliet naar zee stroomde. Tijdens de opbouw van de blokkendam werden in de referentiepunten I en II (fig. 4) regelmatig stroommetingen verricht. Toen 35% van het profiel beneden H.W. in het Rak van Scheelhoek was afgesloten, begon er tussen beide meetpunten verschil op te treden in de maximale gemiddelde stroomsnelheden. In de toe-

Fig. 6 Golf- en getijpunten in het Haringvliet. Ook de slibafzettingen tijdens de bouw van de dam zijn ingetekend.

leidingsgeul tot de sluizen namen ze toe, in het Rak van Scheelhoek verminderden ze. Toen de blokkendam was voltooid, bleken de maximale ebsnelheden in de geul naar de sluizen tweemaal zo groot te zijn, en de maximale vloedsnelheden zelfs vijf keer zo groot als in het Rak van Scheelhoek. Tijdens de afsluiting trad ook een wijziging op in de verdeling van de afvoer door het Haringvliet. Afvoermetingen in de sluisopeningen geven het volgende verloop te zien. Op 9 juli 1969, toen het sluitgat in het Rak van Scheelhoek vrijwel zijn definitieve vorm had gekregen, stroomde 37,7% van de eb-afvoer door de sluizen en 35,5% van de vloedtoevoer; het overige gedeelte ging door het Rak van Scheelhoek. Op 27 februari, het Rak van Scheelhoek was toen voor 52% geblokkeerd, ging bijna 50% van de eb- en



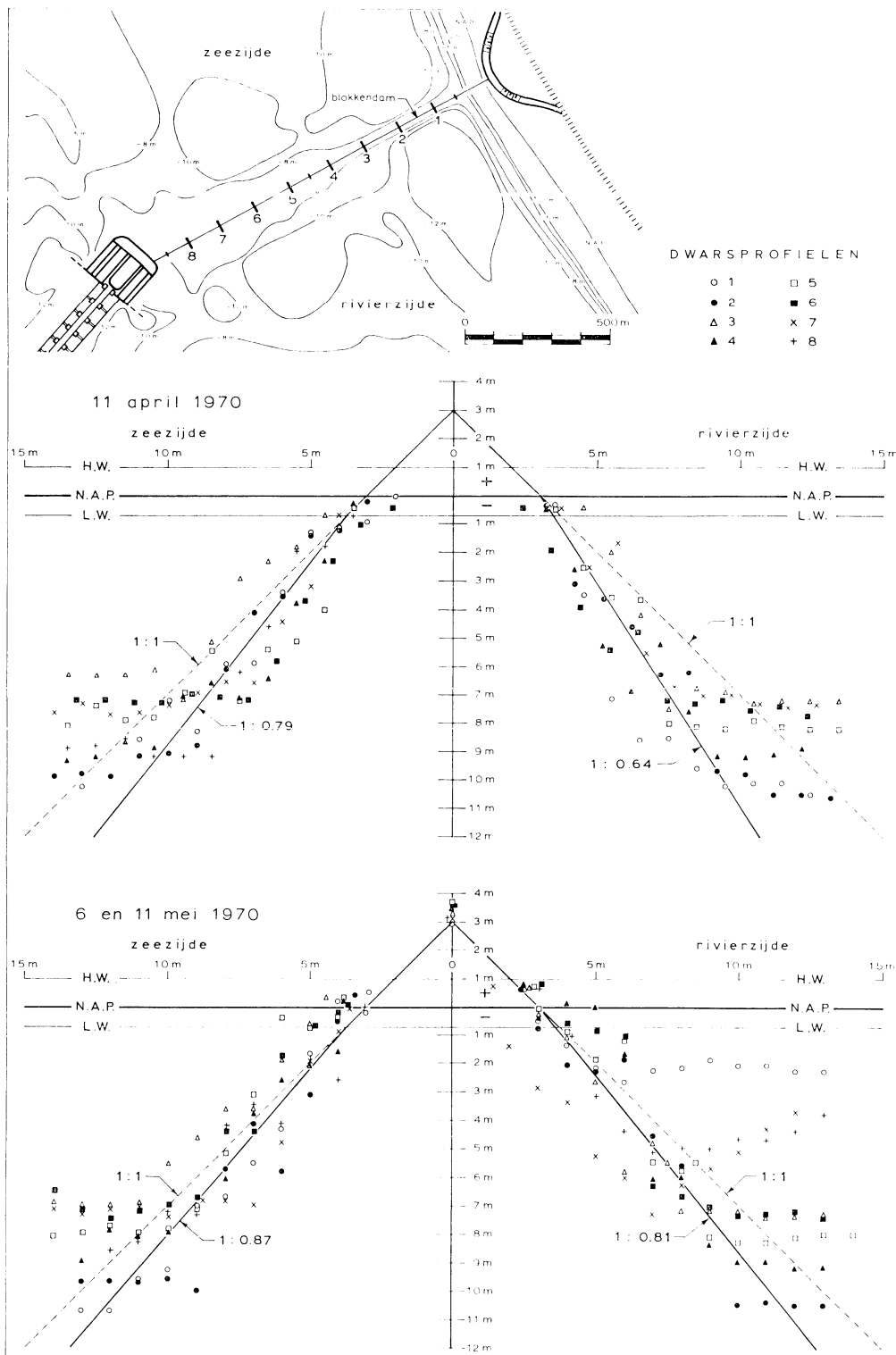
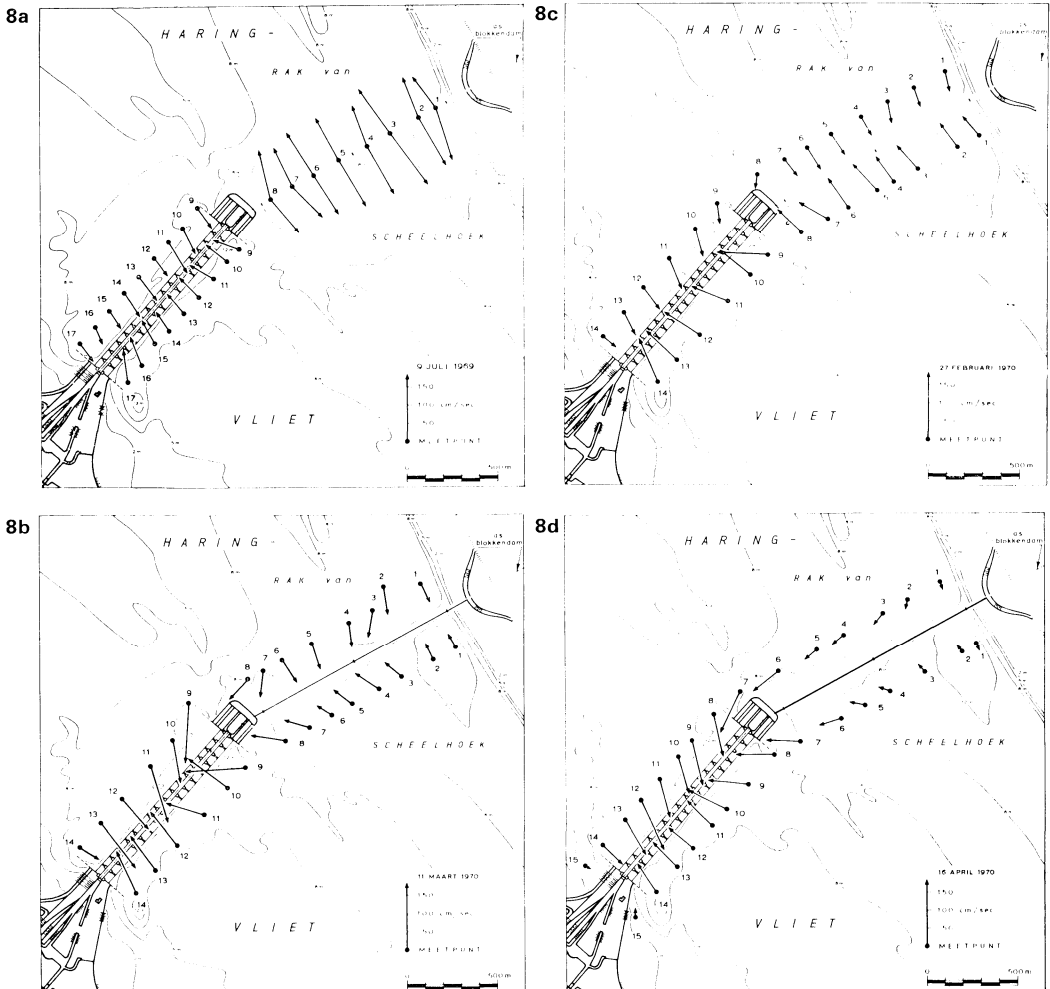


Fig. 7 De taludhellingen van de blokkendam

Fig. 8 Maximale gemiddelde stroomsnelheid en stroominrichting bij eb en bij vloed in het Rak van Scheelhoek

- a op 9 juli 1969
- b op 27 februari 1970
- c op 11 maart 1970
- d op 16 april 1970

vloedafvoer door de sluisen. Op 11 maart, bij 76% blokkering van het Rak van Scheelhoek, groeiden die percentages aan tot 63. Op 16 april werd vastgesteld dat door de nu helemaal op hoogte gekomen dam nog 9% van de afvoer liep en 91% door de sluisen, waar tijdens vloed een maximale stroomsnelheid optrad van 290 cm/sec, en tijdens eb van 225 cm/sec. Vergelijkt men de metingen in de natuur met de resultaten van het modelonderzoek, dan blijkt een enkele keer een opmerkelijke afwijking. Fig. 11 laat zien dat bijvoorbeeld op 11 maart een andere debietverdeling optrad dan was verwacht. Terwijl het modelonderzoek uitging van een verondersteld tijverschil te Hoek van Holland van 1.00 tot 2.00 meter, trad er die dag in werkelijkheid een tijverschil op van



2.40 m, zodat het modelresultaat niet meer op de werkelijkheid sloeg.

Uit de afvoermetingen kon ook worden op-
gemaakt hoe tijdens de verschillende bouw-
fasen de toestrooming van water verliep naar
de sluizen en naar de doorstroombopening in
het Rak van Scheelhoek. Naarmate de bouw
van de blokkendam vorderde, bleek de
stroomrichting bij de blokkendam meer en
meer te veranderen in de richting van de
sluizen.

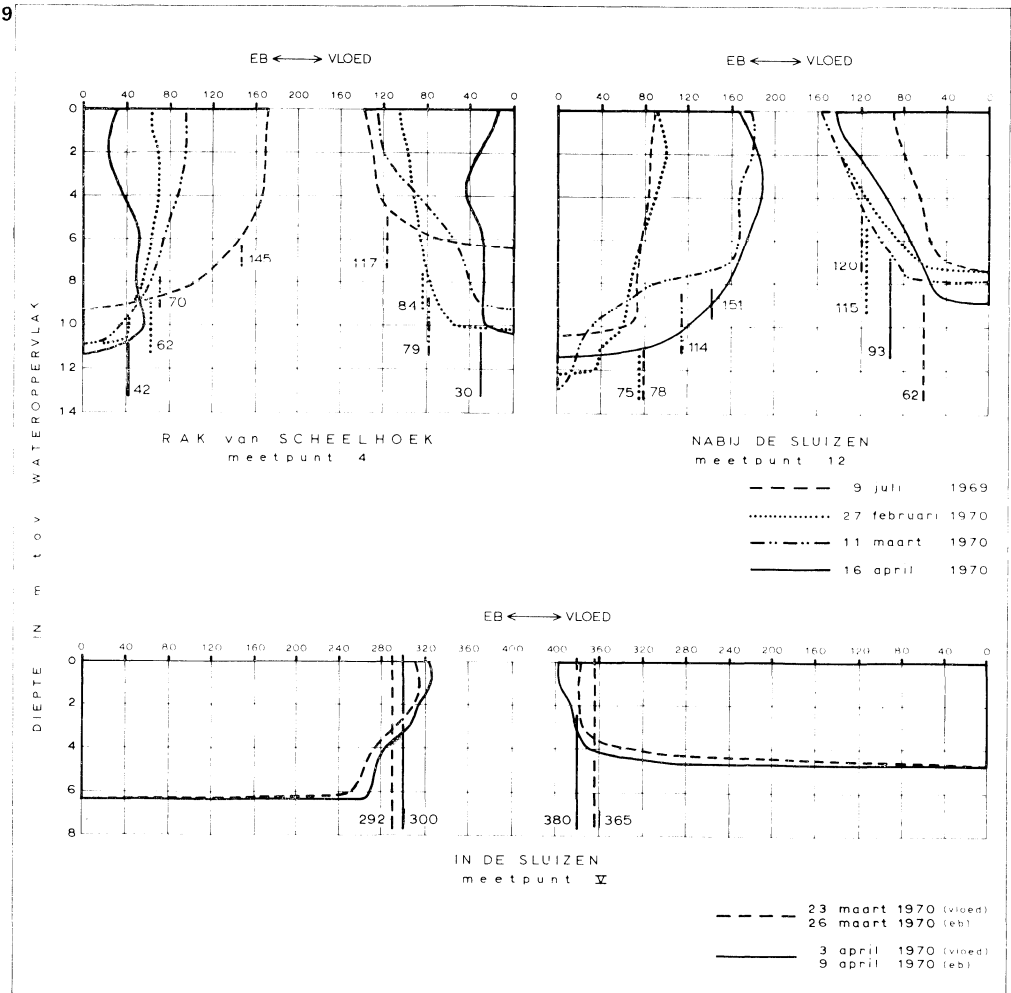
Drijfvermetingen binnen het gebied aan weers-
zijden van de dam op het moment dat nog
85 à 80% van het doorstroombprofiel
resterde, toonden geen duidelijke versnel-
lingen van de stroom aan boven de dam;
alleen tijdens ebstromingen nam de snelheid
bij het bereiken van de maximale stroom toe

Fig. 9 Stroomverticalen bij eb
en vloed, voor en tijdens de op-
bouw van de blokkendam

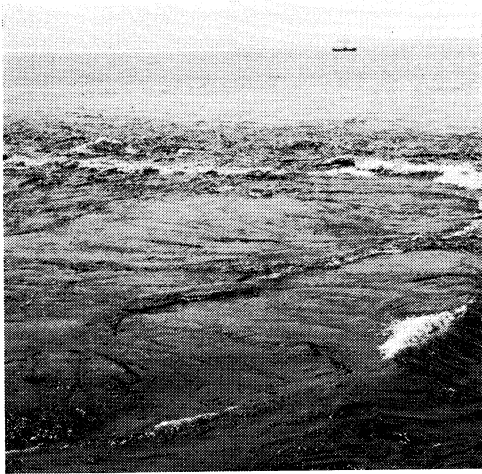
Fig. 10 Neer aan de zeezijde
van de sluizen

Fig. 11 Verdeling van de
maximale debieten over het
sluitgat en de sluizen, voor en
tijdens de opbouw van de dam

Fig. 12 Stroomverticalen boven
de blokkendam, op 21 februari
en 5 maart 1970



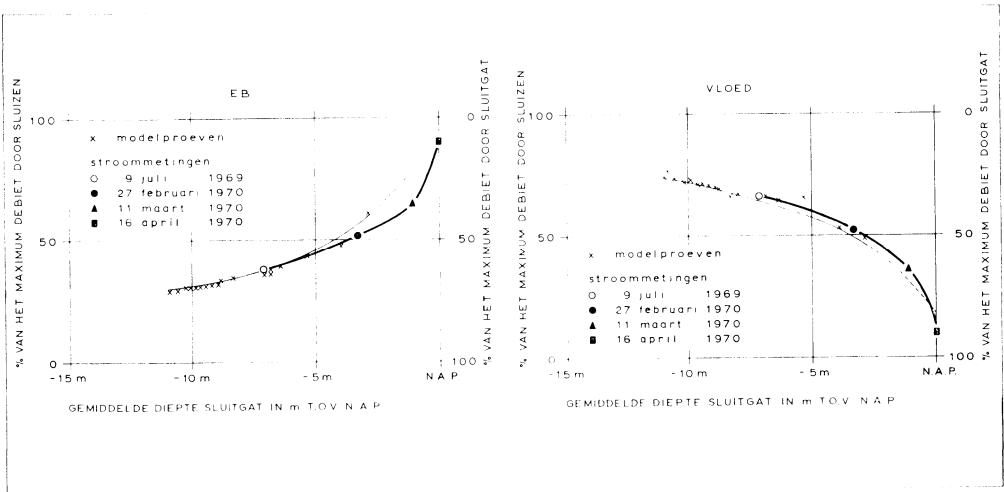
10



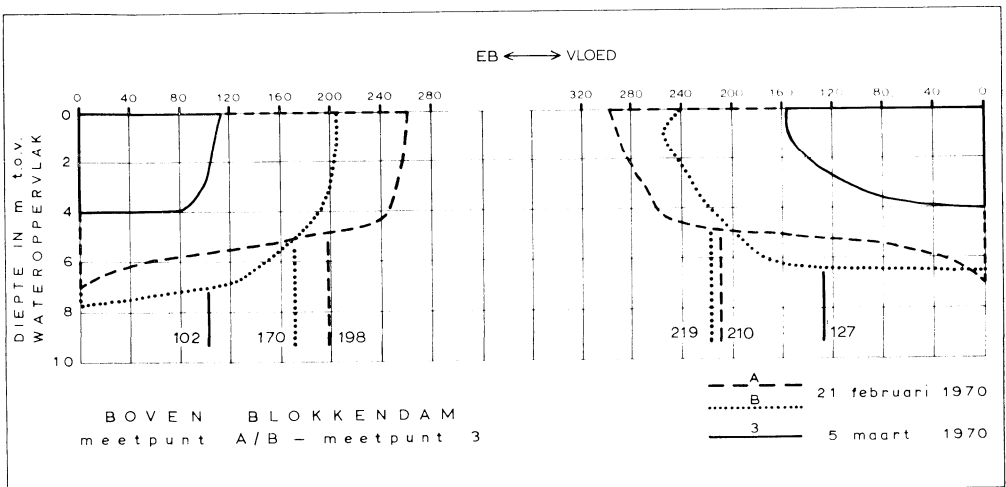
met ten hoogste 30%, vanwege de lage waterstanden op dat ogenblik. De grootste drijversnelheid trad gedurende deze meting op nabij de middenpijler van de kabelbaan, waar de dam dus het laatst op hoogte zou worden gebracht.

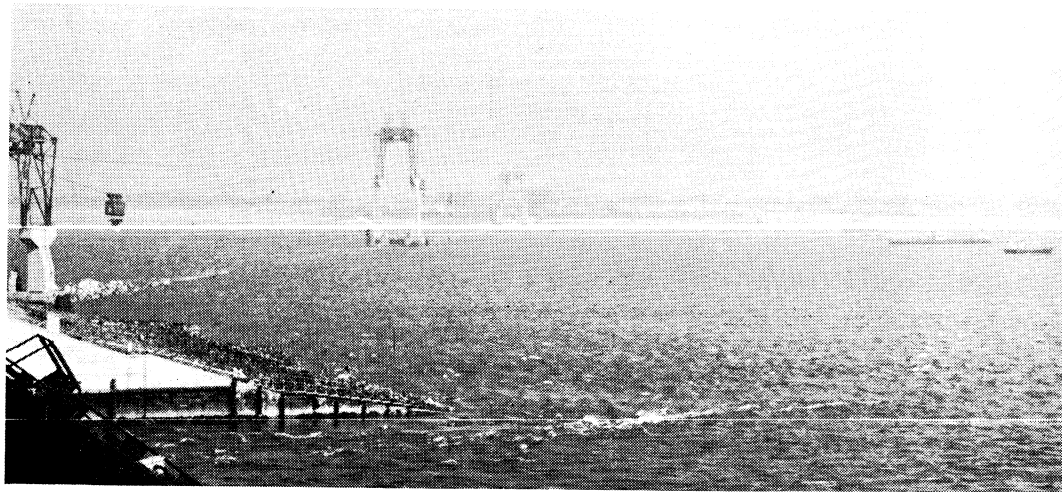
Vergelijkt men de stroommetingen boven de dam op 21 februari – blokkeringspercentage 36 – en op 5 maart – blokkeringspercentage 62 –, dan kan daaruit opgemaakt worden dat de maximale gemiddelde stroomsnelheden in die periode nog lineair toenamen met het getijverschil. Dat was op 21 februari $1\frac{1}{2}$ maal zo groot als op 5 maart, terwijl op de laatstgenoemde datum de bovenafvoer en het verval over de dam ruim $1\frac{1}{2}$ maal zo groot waren als op 21 februari. De maximale gemiddelde stroomsnelheden waren op 21 februari 70%

11



12





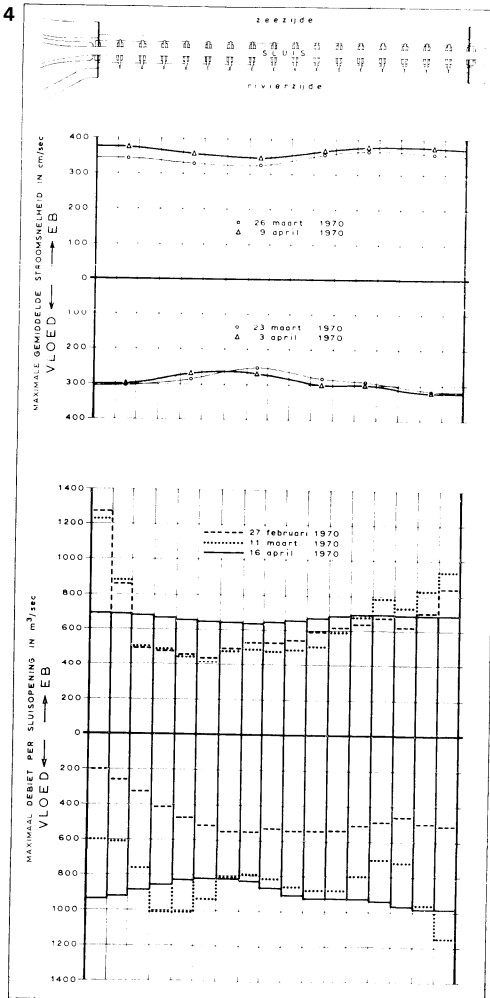
groter dan op 5 maart. Niettemin waren de maximale stroomsnelheden boven de dam op 5 maart tijdens eb en vloed respectievelijk 60 en 125% groter dan aan de bovenstroomse zijde van de dam.

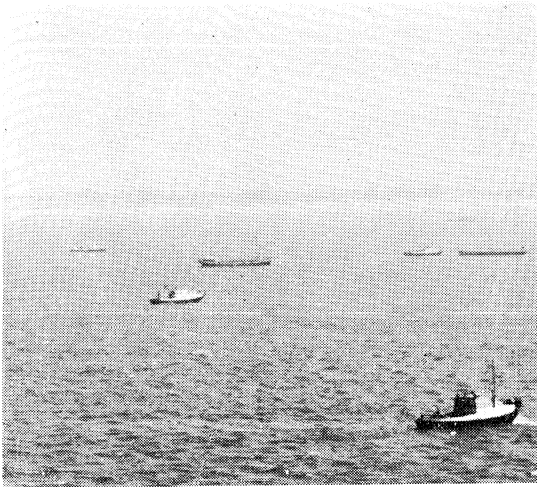
Toen 89 tot 99% van het Rak van Scheelhoek was geblokkeerd, werd in de sluisopeningen een stroommeting uitgevoerd. Er werden felle stromen geregistreerd. Op 23 maart en 3 april bedroeg het gemiddelde van de maximale gemiddelde stroomsnelheden in de sluisopeningen 290 cm/sec. Op 26 maart en 9 april bedroeg deze snelheid bij vloed gemiddeld 355 cm/sec. De spreiding in grootte van de maximale gemiddelde stroomsnelheid in de verschillende sluisopeningen was maar klein. 200 m benedenstrooms van de as van de sluizen waren de genoemde snelheden al met ongeveer 55% teruggelopen.

Uit de gemeten stroomsnelheden en het tegelijkertijd geregistreerde verschil in waterstand tussen de peilschalen C en E (fig. 4) kon de gemiddelde afvoercoëfficiënt van de sluisopeningen worden bepaald op 1,00 bij vloed en 1,15 bij eb.

Op 25 mei werd nog een drijvermeting verricht in het Rak van Scheelhoek. Er was een bovenafvoer van 4750 m³/sec en bij eb aan de zeezijde van de dam een getijverschil van 188 cm. In de zuidelijke helft van het vak tussen middenpijler en zuidpijler van de kabelbaan werden, op 250 m uit de as van de dam, drijvers uitgeworpen. Tijdens maximale stroom bogen ze allemaal zuidelijk af, hun snelheid nam toe van 87 tot 173 cm/sec en ze verdwenen zeewaarts door de meest noordoostelijke sluisopening, inmiddels met snelheden van ongeveer 220 cm/sec.

14





13 De meetvloot in actie bij een afvoermeting op 11 maart 1970

Fig. 14 De maximale gemiddelde stroomsnelheid in het midden van de sluisopeningen en de verdeling van het maximale debiet over de sluisopeningen tijdens de opbouw van de blokkendam

Fig. 15 De afvoer door de voltooide blokkendam, en de gemiddelde stroomsnelheid in de dam

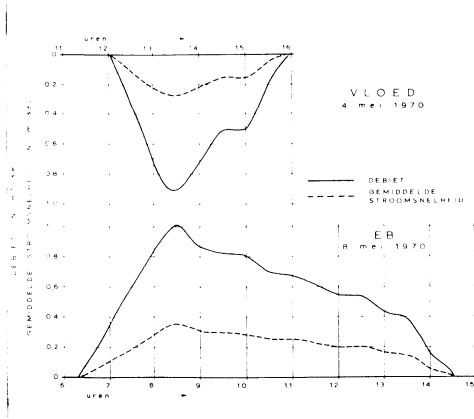
Fig. 16 Stroombanen bij het noordelijk landhoofd van de sluisen na voltooiing van de dam, situatie bij maximale eb-stroom

Veranderingen in het getijverschil

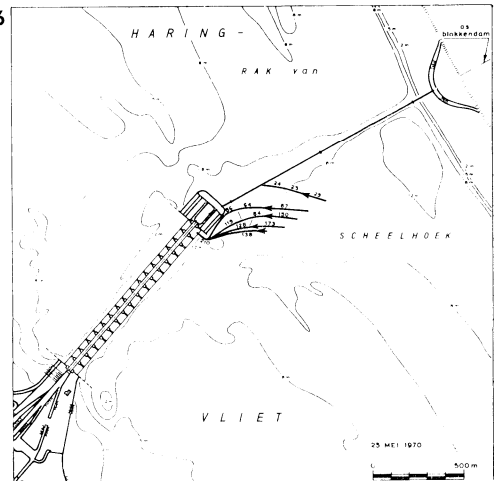
De toenemende weerstand in het doorstroomprofiel van het Rak van Scheelhoek kwam niet alleen tot uiting in een voortdurende stijging van het verval over de dam, maar had ook uitwerking op het getijverschil in Hellevoetsluis en Willemstad. Om dit te kunnen vaststellen moest een vergelijking getrokken worden tussen metingen dienaangaande in de maanden augustus, september en oktober 1969 enerzijds, en de maanden januari tot april 1970 anderzijds. Later werden ook metingen van mei 1970 nog in de vergelijking betrokken. Per periode van waarneming werden de H.W.- en de L.W.-standen gemiddeld, en wel zo dat voor de 1e en de 15e van elke maand waarden werden verkregen op grond van 15 meetdagen ervoor en erna. De gemiddelden werden vervolgens nog gecorrigeerd voor wat betreft de in de meetperiode opgetreden Bovenrijnafvoeren. De gegevens van Hellevoetsluis en Willemstad werden vergeleken met die van Hoek van Holland.

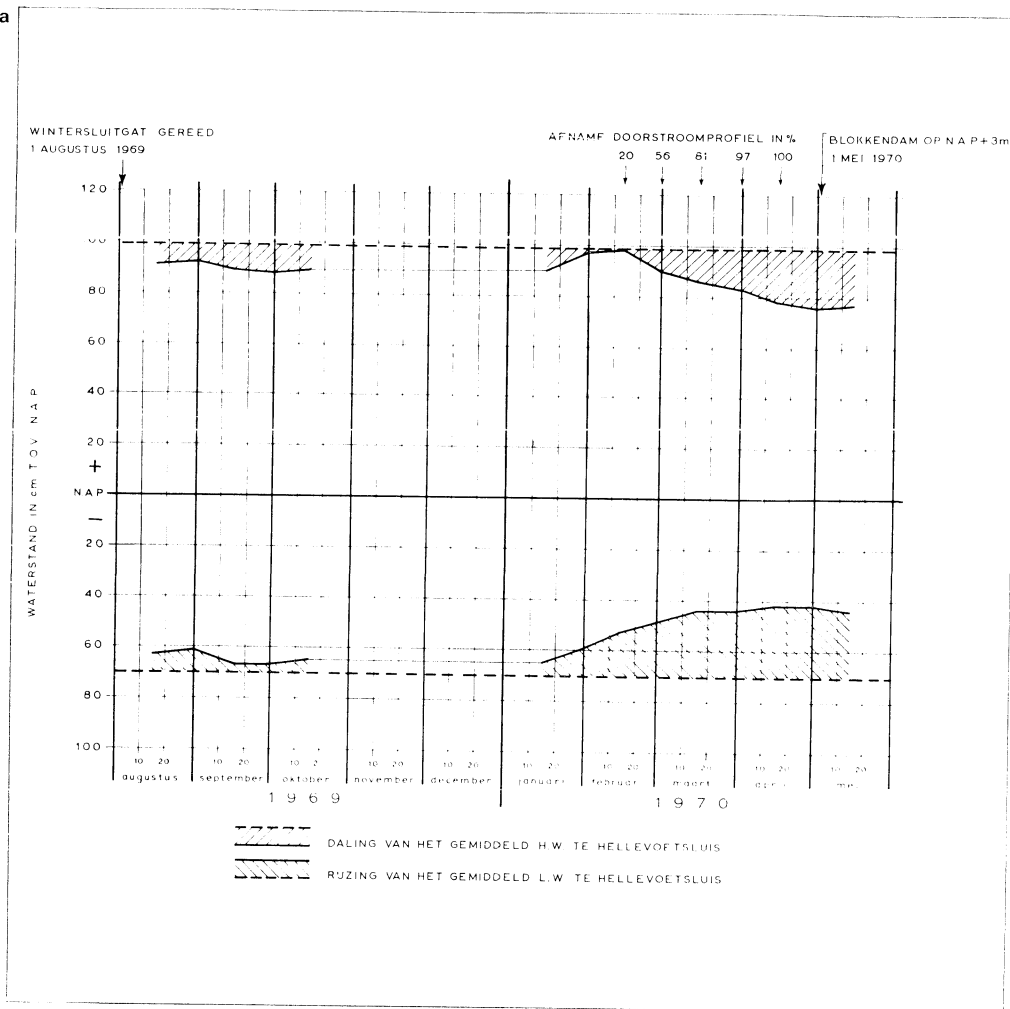
Daarbij bleek dat de drempelopbouw in het Rak van Scheelhoek het H.W. te Hellevoetsluis gemiddeld met 10 cm verlaagde, terwijl het L.W. er gemiddeld 5 cm door steeg. De drempelopbouw had op het gemiddeld H.W. te Willemstad geen invloed, maar verlaagde er het gemiddeld L.W. met ongeveer 5 cm. Voorlopig nam het tijverschil daar tus toe. Door de afsluiting van het Rak van Scheelhoek met een beteugelingsdam daalde het gemiddeld H.W. te Hellevoetsluis nog eens 12 cm, en zakte het peil bij L.W. gemiddeld 21 cm minder. Het gemiddeld tijverschil te Hellevoetsluis nam daardoor af van 169 tot

15



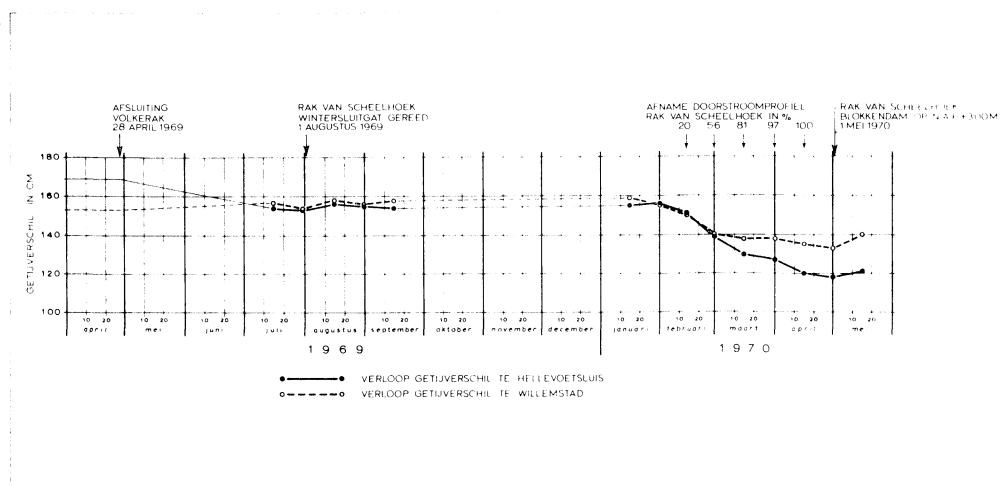
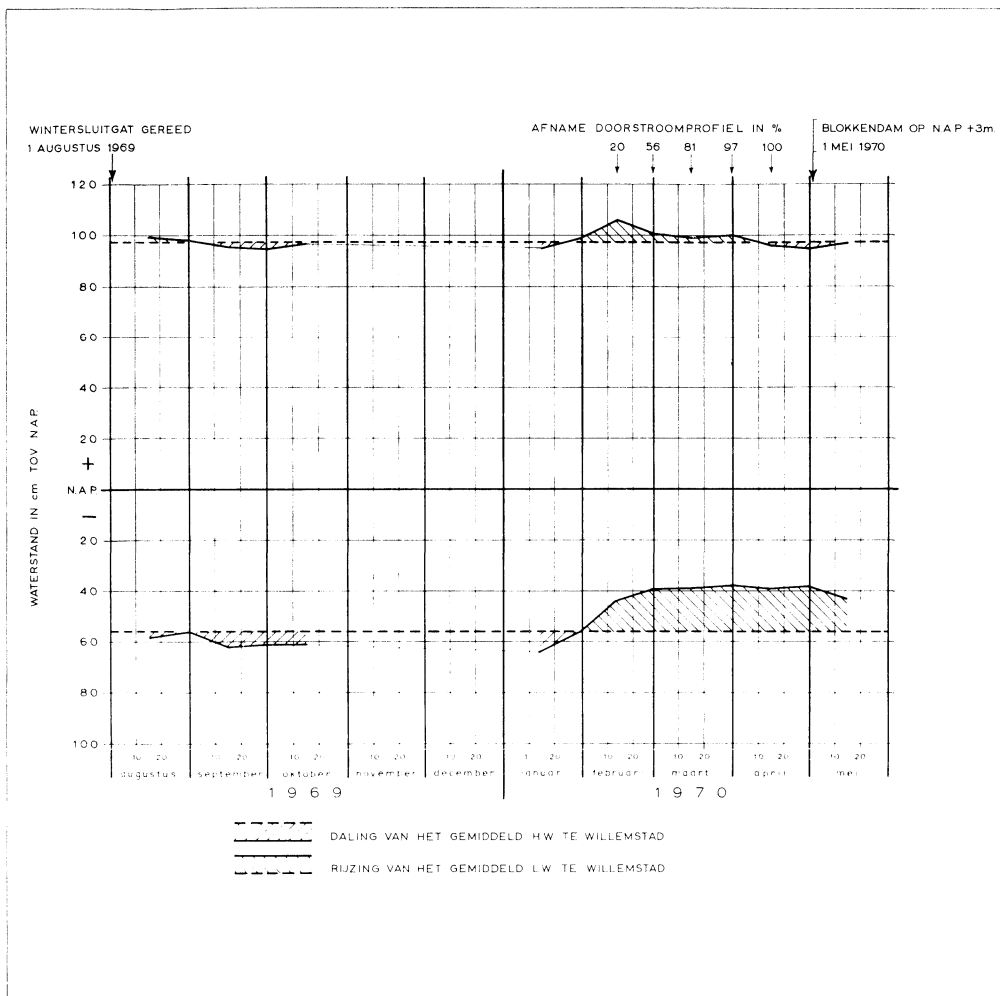
16





121 cm. Te Willemstad had de opbouw van de dam ook geen invloed op het gemiddeld H.W. Het gemiddeld L.W. werd met 18 cm verhoogd, waardoor het tijverschil van 153 verminderde tot 140 cm. De afsluiting van het Rak van Scheelhoek blijkt dus tot gevolg te hebben gehad dat het getijverschil te Willemstad groter werd dan dat te Hellevoetsluis, terwijl het vroeger andersom was.

Fig. 17 De veranderingen te Hellevoetsluis en te Willemstad in het gemiddeld L.W. en H.W. en dientengevolge van het getijverschil, ten gevolge van de bouw van de blokkendam.



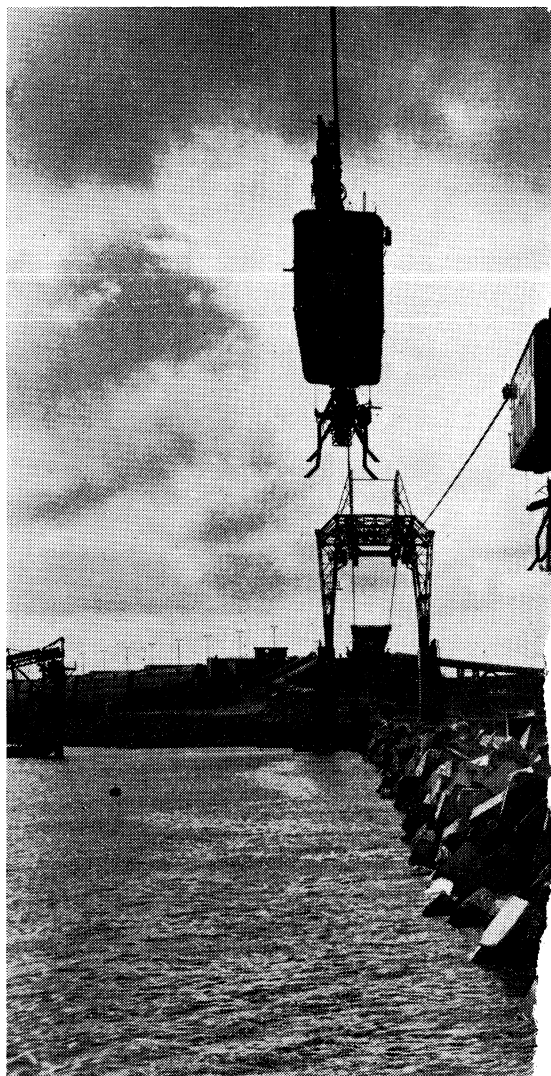
Op vrijdag 1 mei 1970 viel het laatste betonblok in de beteugelingsdam door het Rak van Scheelhoek. De blokkering was daarmee gerealiseerd, en op weinig details na overeenkomstig de plannen. Alleen, er waren minder blokken verwerkt dan was voorzien, n.l. 92.805 i.p.v. 100.000, en mede daardoor was het werk eerder voltooid dan het tijdschema aangaf.

De afsluiting van het Rak van Scheelhoek

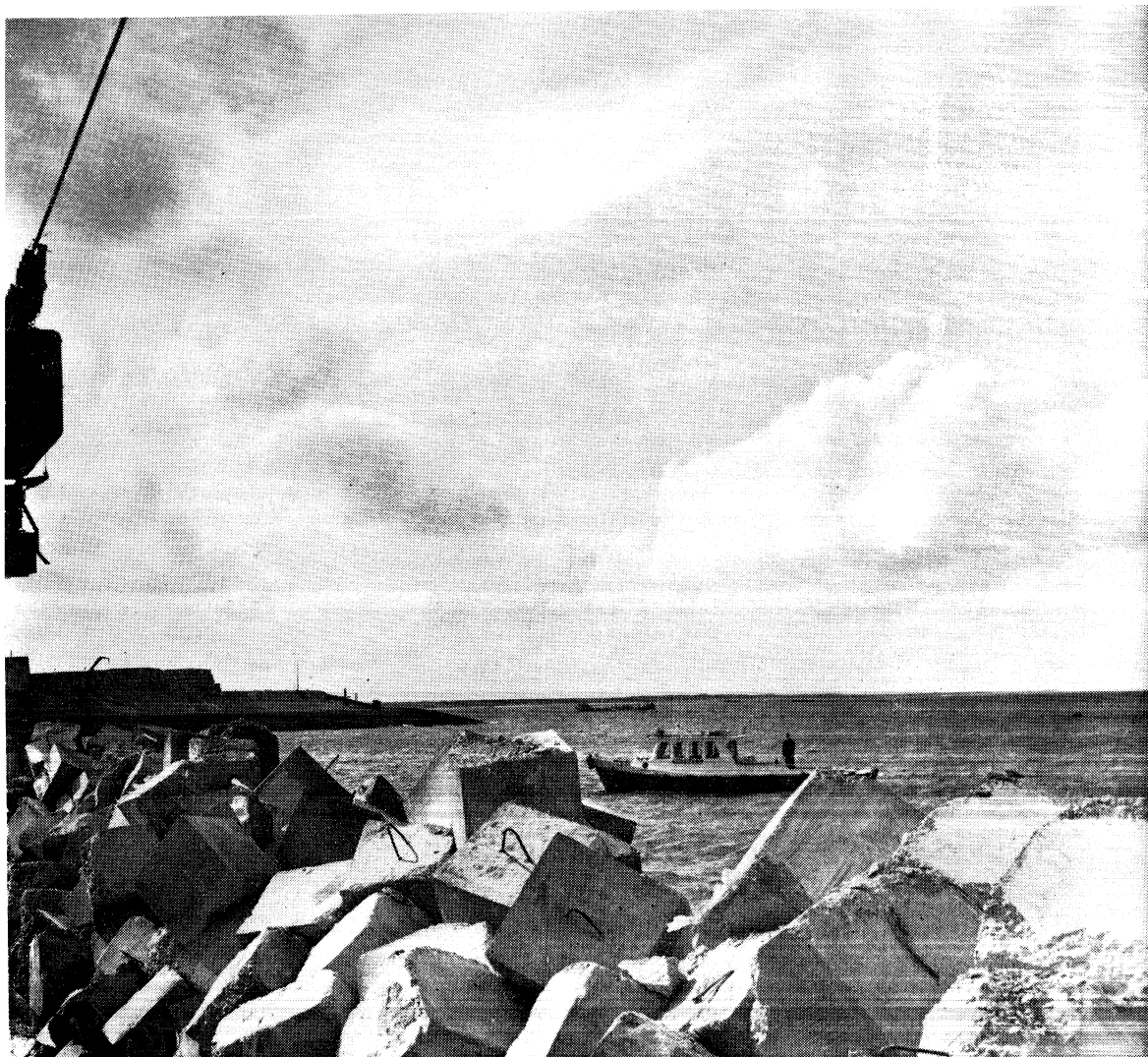
Voor het versnelde verloop van de afsluitingsoperatie is een aantal technische redenen aan te wijzen. Zolang de kruin onder water was, leek de helling van de damtaluds goed overeen te komen met de berekende verhouding 1 : 1. Na de voltooiing van de beteugelingsdam bleek de uiteindelijke helling echter steiler te zijn, onder water ongeveer 1 : 0,9 en boven water zelfs 1 : 0,6. Er waren dus minder blokken nodig om de vereiste kruinhoogte te bereiken dan was berekend. Bij dit spitse damprofiel hadden het er nog minder moeten zijn wanneer breuk en zetting waren beperkt gebleven tot de berekende percentages van 5% en 10% respectievelijk. Het is terugrekenend echter waarschijnlijker dat er ruim anderhalf keer zoveel zakkings- en breuk is opgetreden. De holle ruimte in de dam, door berekeningen aanvankelijk bepaald op 40%, zal ten gevolge van de grote breuk in werkelijkheid wel kleiner zijn, namelijk 35%. In elk geval, de 10.000 blokken die bij de 100.000 berekende waren geteld om afwijkingen van de aangenomen breuk- en zakkingspercentages en van de berekende taludhelling te kunnen opvangen, behoeften in het geheel niet te worden aangesproken. Verlaging van het aantal gestorte blokken betekende natuurlijk tijdswinst.

Tijdswinst werd ook verkregen doordat in de opleidingsperiode van de gondeliers meer praktische lessen werden gegeven en dus al meer blokken in het sluitgat gestort, dan op het werkplan voorkwam. Het profiel van het sluitgat was daardoor op het moment dat het werk officieel begon al met 15% afgenomen. Vanaf het allereerste begin lag men derhalve voor op het stortschema.

De beproevingsperiode van de kabelbaan,



waaraan twee ervaren gondeliers deelnamen, liep af op 19 januari. Daarna werd de gondeliersopleiding ter hand genomen met het doel begin maart een volledig getrainde dag- en nachtploeg te hebben, zodat het werk op de officiële aanvangsdatum met volledige inzet van start kon gaan. De opleiding was gedurende de eerste 14 dagen gericht op het dagbedrijf, en vooralsnog werd er alleen langs de kabels gependeld. Er werd instructie gegeven door twee ervaren gondeliers en door een met de gondels en de gondelbediening vertrouwde waterstaatsambtenaar. Bij deze laatste berustte gedurende de gehele blokkering ook het directe toezicht op de gondels en hun bediening. Na de eerste 14 dagen werden de gondeliers vervolgens vertrouwd gemaakt met het rijden en storten 's nachts.



Tegelijkertijd moest worden begonnen met rijden in circuit en met de opleiding van de draaischijfbedieners. Echter, door een langdurige storing van de draaischijf aan de zijde van de uitwateringssluizen kon pas met circuitrijden worden begonnen op 2 maart; het bedrijf werkte op die dag dus volledig, een feit waaraan het bezoek van minister Bakker een bijzonder accent verleende. In de maand februari kon door storing aan de zuidelijke draaischijf dus alleen gependeld worden. Nu was het praktisch bezwaar daarvan betrekkelijk gering omdat het werkplan aangaf dat in het noorden van het sluitgat aanvankelijk vanaf twee kabels zou moeten worden gestort. In dit damgedeelte konden daarom toch nog vrij grote aantallen worden verwerkt. In de produktiegrafiek kan men overigens de ongevoelzaamheid in het cir-

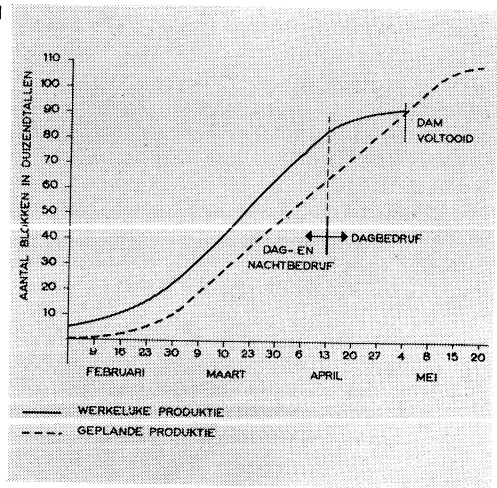
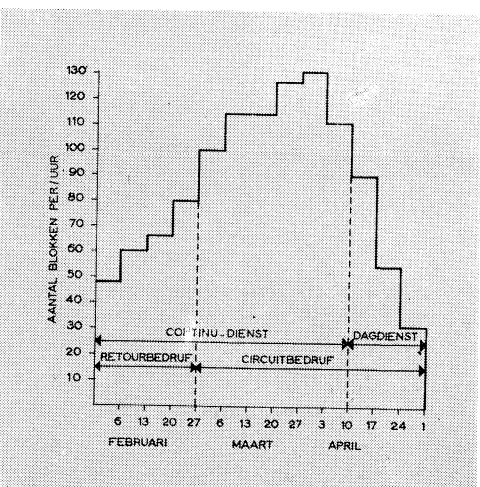
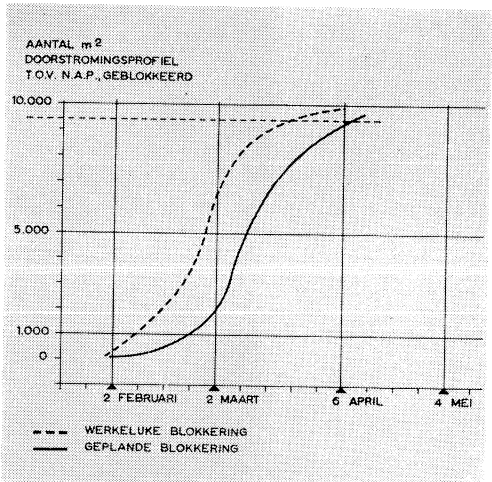


Fig. 1 De werkelijke en de geplande vordering van het sluitingsbedrijf in het Rak van Scheelhoek

Fig. 2 De werkelijke en de geplande blokkering van het Rak van Scheelhoek

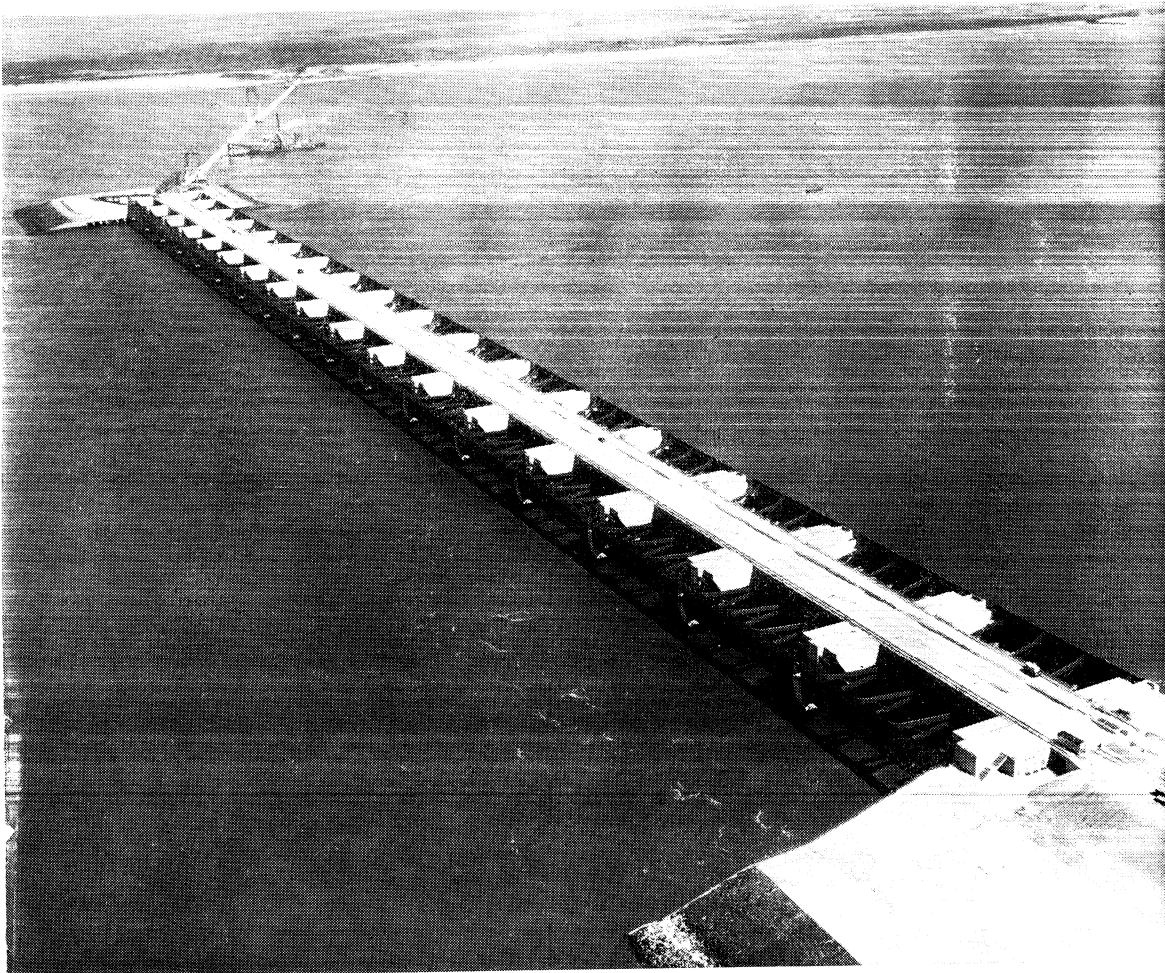
Fig. 3 Gemiddelde behaalde uurcapaciteit van het kabelbaanbedrijf



sluitingsbedrijf, omdat juist het werk in de stortoverspanning capaciteitsbepalend was voor het geheel.

Bij de berekening van het aantal benodigde blokken was een extra 5% toegevoegd met het oog op de zetting van de dam. In het begin trad die zetting nauwelijks op, zodat de werkelijk bereikte kruinhoogte in elke fase iets groter werd dan de berekende. Het bovenwatergedeelte van de beteugelingsdam werd bovendien steiler van talud dan de verwachting aangaf. Om deze reden kon er eerder dan gepland was toe worden overgegaan de kruin nauwkeurig op hoogte af te storten. Het steile en enigszins labiele talud werd bij deze laatste stortingen soms opeens een meter of meer verlaagd. Daarom besloot men deze laatste fase van de storting uitsluitend te volvoeren in dagbedrijf en 's nachts in die

Stand van de werken op
28 april 1970



4

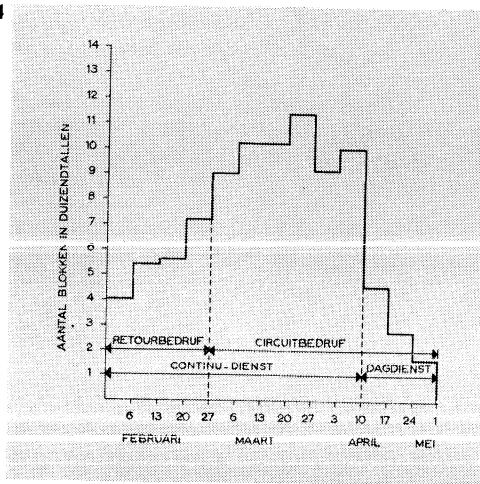
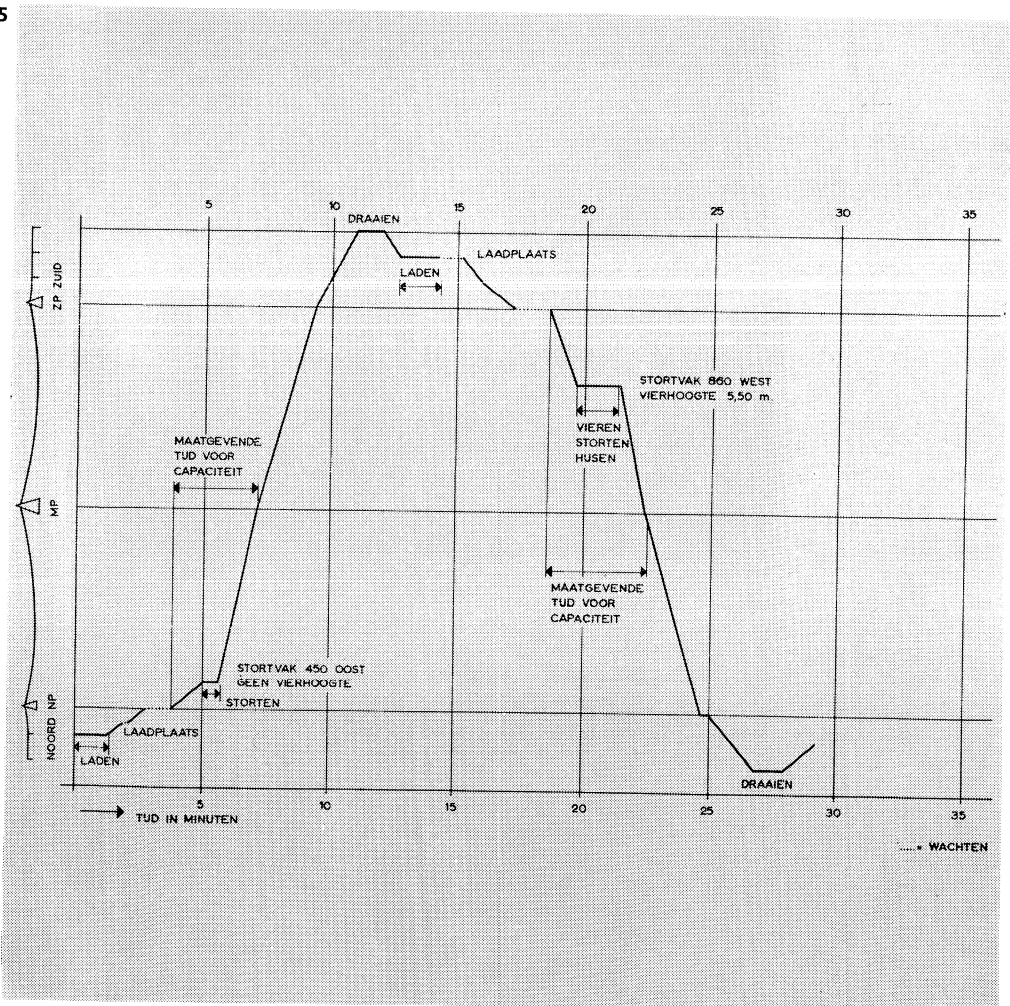


Fig. 4 Weekproductie van de kabelbaan

Fig. 5 Duur van de rit van een gondel door het gehele circuit

5



damgedeelten door te werken waar de laatste fase nog niet bereikt was. De produktiegrafiek laat zien, dat deze laatste fase door de grotere nauwkeurigheid van het werk leidde tot een lagere produktie per uur. Vanaf 10 april werd alleen nog overdag gestort.

Het richtlichtensysteem voor de stortvaksignalering heeft goed voldaan. Er werd zelfs zo nauwkeurig gestort, dat de verwachte spreiding in de 10 m lange stortvakken achterwege bleef. De kruin vertoonde dan ook om de 10 m een kleine verhoging. In een latere fase is de grens der stortvakken toen maar 5 m verlegd met als gevolg dat de kruin weer regelmatig werd. Wanneer de kruinligging plaatselijk meer dan 1 m afweek van de algemene hoogte werd het aantal te storten blokken in de volgende fase daaraan aangepast. Zolang de kruin onder water lag werd de hoogteligging ervan bij voldoende waterdiepte na elke stortfase vastgesteld door een registratie van het peilschip 'Krabbe'.

De belading van vrachtauto's en gondels is goed verlopen. De opgestelde beladingsschema's bleken goed te verwelkomen te zijn. Aanvankelijk achtte men het nodig een vrachtwagen te beladen met 4 blokken ineens. Tijdens het werk bleek echter dat de belading ook blok voor blok kon geschieden, zodat dat werkje in plaats van door een zware kraan gedaan kon worden door een lichtere hydraulische kraan en er ook geen hulp meer nodig was om de blokken uit de stapeling te halen. Gondels waren vrijwel steeds in voldoende aantallen bedrijfsklaar. Slechts een enkele maal is het voorgekomen dat er zoveel in reparatie waren dat er minder dan 8 of 7 overschoten, zodat het bedrijf niet op volle kracht kon draaien. In vergelijking met het sluitingsbedrijf in de Grevelingen werden de mankementen aan de gondels hier veel sneller verholpen. De waterstaatsambtenaren waren nu namelijk met de onderdelen van de gondels vertrouwd, zodat ze storingen vlugger konden lokaliseren. Overdag waren 10 monteurs aanwezig en 3 smeedders voor de kabelbaan. 's Nachts bestond de onderhoudsploeg uit 5 monteurs. Behalve bij storingen werden de gondels ook regelmatig onder handen genomen voor een 100-uren-beurt. Door een fout in de besturing is op vrijdag 6 maart een gondel bij het verlaten van de draaischijf naar beneden gevallen. De gondel moest als verloren worden beschouwd, maar er deden zich gelukkig geen ernstige persoonlijke ongelukken voor. De hydraulische ontgrendeling van de blokken en de stortbalken heeft in de aan-

looperperiode enkele moeilijkheden opgeleverd, maar daarna toch steeds goed gewerkt. Er is wel eens een keer een enkel blok in de balk blijven hangen, maar dit kwam sporadisch voor. De kabel heeft in de aanlooperperiode tweemaal een breuk vertoond in een van de draden van de buitenmantel, maar deze breuken konden snel en effectief worden hersteld. De meeste storingen in het bedrijf zijn te wijten geweest aan moeilijkheden met de draaischijf. Meestal waren de storingen van korte duur, en zolang ze duurden werd het stortbedrijf steeds pendelend voortgezet.

De bezinking onder de blokkendam heeft zich goed gehouden. De turbulenties tengevolge van het over de blokkendam stromende water konden door de wijze van de opbouw van de dam goed worden beheerst en naar het midden van de rivier afgeleid. Er is geen aantasting van de oevers opgetreden, evenmin als grote ontgrondingen aan de rand van de bezinking.

De sluiting, zo merken we ten besluite op, is rustig en naar wens verlopen. Voor velen van de medewerkers was het werk vooral gedurende de lange nachtdienst zelfs uitgesproken eentonig. Extreme omstandigheden die hadden kunnen optreden, en waarmee met de voorbereidingen natuurlijk rekening was gehouden, zijn uitgebleven.

De sluiting van het Haringvliet kwam in hydraulisch opzicht pas volledig tot stand toen de aanvankelijk poreuze blokkendam door het Rak van Scheelhoek was afdicht. Deze afdichting werd tevens opgevat als een proefopstelling op ware grootte, waaruit lering kon worden getrokken voor de afdichting van de sluitdam in het Brouwershavensche Gat in 1971.

De afdichting van een blokkendam

Elke afsluiting van een stroomgeul in het Deltagebied heeft tot nu toe onder meer gediend als leerzaam voorbeeld voor een daarna volgende grotere of meer problematische sluiting. Dit is een van de redenen dat de afsluitingen in een zeer bepaalde volgorde worden voltrokken. Een van de geulen van de Grevelingen werd dichtgegooid met behulp van een kabelbaan, om ervaringen op te doen met dit instrument bij een geleidelijke sluiting. Het verbeterde instrument van de Grevelingen werd opnieuw gebruikt voor het sluiten van het gat in het Rak van Scheelhoek. Bij deze nieuwe afsluiting werden voor het eerst de betonblokken van 2,5 ton beproefd waarmee ook de zuidelijke geul van het Brouwershavensche Gat geleidelijk zal worden gedicht. Nu wil men met de afdichting van de blokkendam ook een proef nemen waaraan nadere gegevens moeten worden ontleend ten aanzien van de afdichtingsmethodiek die straks in het Brouwershavensche Gat de meeste kans van slagen zal hebben. De ervaringen daar zullen dan weer leiden tot een nadere bepaling van de sluitmethodieken bij de grootste Delta-afsluiting, die van de Oosterschelde.

De zuidelijke stroomgeul in het Brouwershavensche Gat is het eerste geval waarin een geleidelijke sluiting duidelijke technische voordelen heeft boven een caissonsluiting. De stabiliteit van de Schouwense oever heeft zo geringe reserves dat hier bij een caissonplaatsing ongewenste nevenverschijnselen zouden kunnen optreden. Overigens zijn de stroomomstandigheden hier in het algemeen veel ongunstiger dan in het Haringvliet. Over de blokkendam in het Rak van Scheelhoek stond een verval van ongeveer 50 cm; in het

Brouwershavensche Gat zal een verval over de dam te verwachten zijn in de orde van 1,5 m. Dit heeft om te beginnen consequenties voor het te vormen dwarsprofiel van de beteugelingsdam. Kon men in het Rak van Scheelhoek toe met één enkele kruin ter hoogte van N.A.P. + 3 m, in het Brouwershavensche Gat zal een dubbele kruin noodzakelijk zijn, waarvan de zeewaartse ook op N.A.P. + 3 m gebracht zal moeten worden, terwijl de landwaartse iets lager gemaakt kan worden. Het grotere verval heeft voorts consequenties voor de afdichtingsproblematiek: het spreekt vanzelf dat de afdichtingsconstructie aanzienlijk stroombestendiger zal moeten zijn. Dat voor de geleidelijke sluiting van de zuidelijke stroomgeul van het Brouwershavensche Gat betonblokken zouden worden gebruikt, heeft evenwel niet vanaf het allereerste begin vastgestaan. In 1966 werd er nog op gerekend dat 75% van het stortmateriaal zou kunnen bestaan uit stortsteen 10/300 kg, 10% uit stortsteen 300/1000 kg, en een nog zwaardere sortering voor het laatste gedeelte. Bij het gebruik van deze materialen zouden geen overwegende moeilijkheden optreden met de afdichting van de dam. In een later stadium van het onderzoek naar de stabiliteit van de beteugelingsdam bleek evenwel dat voor de bovenste lagen van die dam elementen nodig zouden zijn van enkele tonnen gewicht per stuk, om de gecombineerde aanval van stroom en golf te kunnen weerstaan. Uitvoerings-technische en economische overwegingen leidden tot de beslissing betonkubussen te gebruiken met een stukgewicht van 2,5 ton, niet alleen voor de laatste fase van de opbouw, maar voor de gehele beteugelingsdam. Tengevolge van de grote

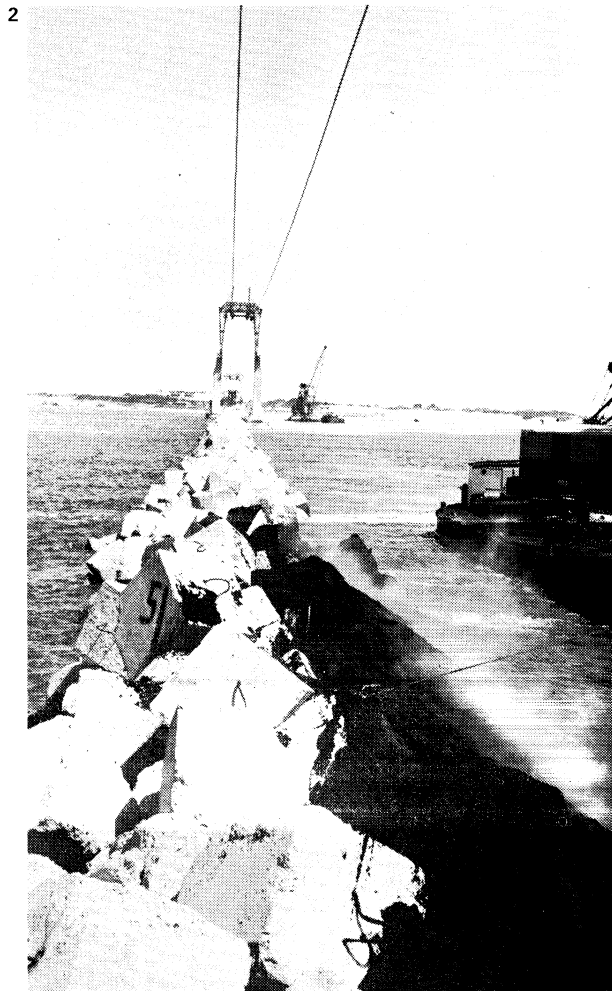
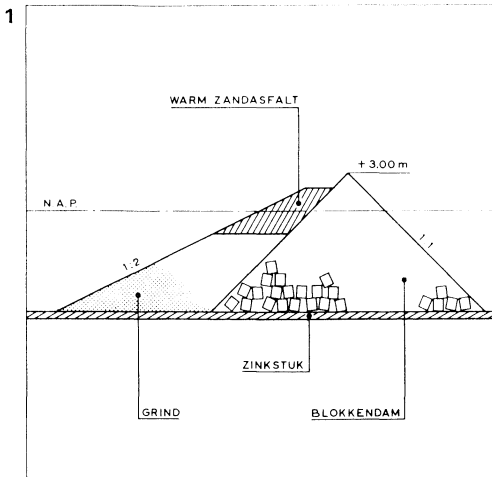
afmetingen van deze blokken, die een ribbe hebben van 1 m, zal echter een zeer poreuze sluitkade ontstaan. Dat levert problemen op ten aanzien van de mogelijkheden tot afdichting met een zandkade.

Tegelijk met het onderzoek naar de stabiliteit van de mogelijke damvormen is daarom ook gezocht naar middelen om de dam af te dichten. Al spoedig bleek dat zeer grote hoeveelheden steen zouden nodig zijn wanneer men de oplossing zou zoeken in de richting van een afdichting door een additionele steenlaag. Alleen al op economische gronden moest deze oplossing van het probleem onwenselijk geacht worden. Er is toen een proevenserie opgezet om na te gaan met welke capaciteit zand zou moeten worden gespoten om te geraken tot een afdichting met zand alleen. In de afgelopen jaren is er

een opmerkelijke ontwikkeling geweest in de zandspuittechniek, waardoor veel grotere capaciteiten haalbaar werden dan vroeger. Ook enkele succesvolle zandsluitingen moedigden het onderzoek in deze richting aan. Deze proeven werden aanvankelijk uitgevoerd op een kleine schaal, namelijk 1 : 20. In de loop van het onderzoek werd het evenwel duidelijk dat op deze schaal geen voldoende nauwkeurig kwantificeerbare resultaten konden worden verkregen. De eerste proef op ware grootte werd gedaan onder de omstandigheden die destijds zijn opgetreden bij de afsluiting van de Grevelingen. Daarna werden, maar nu met betonblokken van de helft van de ware grootte, proeven uitgevoerd onder voor het Haringvliet en het Brouwershavensche Gat geldende omstandigheden. Toen bleek reeds dat in het geval van het Haring-

Fig. 1 Dwarsprofiel van een enkelkruinige blokkendam met grindbanket en asfaltkap

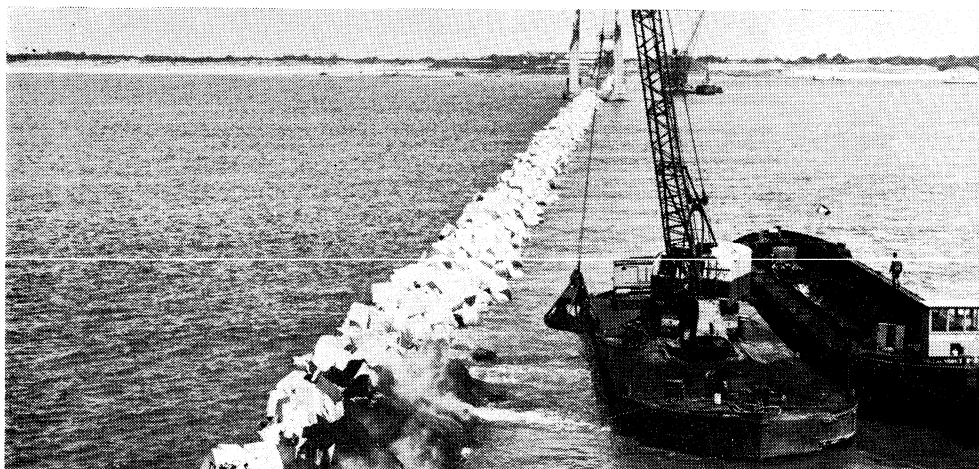
2 Met warm zandasfalt wordt de poreuze blokkendam afgedicht



vliet een sluiting met uitsluitend zand op de grens ligt van het technisch haalbare. Het gedurende een groot deel van het getij over de dam in het Rak van Scheelhoek staande verval zou in de poriën tussen de blokken zulke grote snelheden veroorzaken, dat al het zand door de dam zou worden heengezogen, en op enige afstand ervan neerslaan. Voor en achter de dam zou men op die manier zandruggen formeren die van de beteugelingsdam werden gescheiden door een sloot. Rondom de kentering zou het zeker mogelijk zijn die sloot dicht te spuiten, maar bij het maximale verval zou het zand daarin toch weer beginnen weg te spoelen. Het leek evenwel waarschijnlijk dat men de capaciteit waarmee dit verlies te boven kon worden gekomen, wel zou kunnen realiseren. Daarmee zou dan voor het Haringvliet een antwoord gevonden

zich, bij combinatie van deze twee mogelijkheden, kunnen voorstellen dat naast de oorspronkelijke dam twee stroombeperkende dammen worden uitgebouwd, terwijl de oorspronkelijke dam, nu in een betrekkelijk rustig gebied, kan worden volgespoten met zand. Er is een vrij groot aantal proeven gedaan om te onderzoeken welke mogelijkheden er waren om de blokkendam zelf af te dichten. Zo werd onderzocht wat het gevolg zou zijn van opvulling van de openingen tussen de betonblokken en met stortsteen 30/100 kg. Toen een dam die was samengesteld uit 80% betonblokken en 20% steen werd blootgesteld aan de gecombineerde druk van verval en golf, bleek dat zo'n dam aanzienlijk minder stabiliteit bezit dan een dam van betonblokken alleen: de stortsteen werkt tussen de blokken als kogellagers waardoor de inwen-

3



zijn op de moeilijkheden, echter volgens een methode die geen enkel vooruitzicht bood voor sluitingen onder groter verval, zoals in het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde.

Het verdere onderzoek werd er bijgevolg op gericht met andere middelen dan zand alleen te geraken tot een afdichting van de beteugelingsdam.

Men kan zich in het algemeen gesproken drie soorten oplossingen van het probleem indenken. Allereerst kan men trachten de beteugelingsdam zelf af te dichten. Dan zou getracht kunnen worden hetzij aan de zee-, hetzij aan de rivierzijde van de blokkendam een andere dam of dammen op te bouwen, die gemakkelijker kunnen worden gerealiiseerd omdat de eerste dam het debiet al belangrijk heeft verkleind. Tenslotte zou men

dige hoek van wrijving wordt gereduceerd. Bij een volgende proef is een laag stortsteen aan de binnenzijde van de dam aangebracht. De natuurlijke helling van een stortsteenlaag is flauwer dan die van een betonblokkendam, zodat de laagdikte van de steen op N.A.P. 4 m bedroeg, maar op N.A.P. – 10 m niet minder dan 9 m. Op deze dam werd de uitwerking beproefd van een zomerstorm waarvan statistisch is vastgesteld dat hij in het Brouwershavensche Gat per zomerhalfjaar een kans van voorkomen heeft van 1 op 100. Een verval werd aangenomen van 3 m, en een golf met een hoogte van 1,20 m en een periode van 7 sec. De laag stortsteen werd boven N.A.P. – 2 m van de blokkendam afgedrukt. Er is toen niet verder onderzocht hoe dik de steenlaag zou moeten zijn om wel stabiel te blijven onder de genoemde storm-

omstandigheden; de hoge kosten van dit pakket maakten de toepassing ervan toch al onaantrekkelijk.

Theoretisch is overwogen een dubbel filter tegen de blokkendam aan te brengen. Dat filter zou dan moeten bestaan uit een laag stortsteen 10/300 kg, een laag grof grind en dan weer een laag stortsteen 10/300 kg; het zou moeten worden opgebouwd in horizontale lagen. Er rezen meteen al zoveel uitvoeringstechnische bezwaren, dat niet verder is onderzocht hoe dik het filter zou moeten worden om de vereiste stabiliteit te bereiken. Een ander niet tot uitvoering gebracht plan behelsde de verwerking van een zinkstuk met kunststofzool en bovendien versterkt met stalen kabels, in de blokkendam. Wanneer de dam tot N.A.P. was opgestort zou over de kruin en het talud een zinkstuk worden ge-

in de geul is door de beteugelingsdam al belangrijk verminderd. De stroomsnelheden aan weerskanten van de dam nemen daardoor sterk af. In dit rustigere water kan een zandbult onder water worden opgestort. Stel dat per strekkende meter blokkendam per seconde 2 m³ water wordt afgevoerd, dan kan de zandbult bij een bekkenpeil van N.A.P. worden opgebouwd tot N.A.P. - 2 m. Er komen dan boven de zandbult nog steeds geen stroomsnelheden voor van meer dan 1 m/sec. Als men dan vervolgens zinkstukken aanbrengt over de volle lengte van de zandbult, kan daarop een tweede sluiting worden uitgevoerd. In het Haringvliet zou voor deze tweede sluiting met mijnsteen kunnen worden gewerkt, terwijl in het Brouwershavensche Gat gebruik zou moeten worden gemaakt van eenheidscaissons. Wanneer deze tweede dam

3 Afdichting aan de rivierzijde van de sluitkade

4 De afdichtingsconstructie

4



legd, waaroverheen de rest van de blokkendam tot N.A.P. + 3 m zou worden gestort, dat daarmee gelijk zou dienen om het stuk vast te houden. Verwacht werd dat het zinkstuk een vrijwel zanddicht scherm in de blokkendam zou vormen. De invloed die zo'n zinkstuk heeft op de stabiliteit van de dam bleek ongunstig te zijn, terwijl men ook niet goed zag dat het stuk voldoende gaaf zou blijven wanneer er boven de waterlijn blokken van 2,5 ton op gestort werden.

De meest kanshebbende oplossing bleek ten slotte die te zijn waarbij men de dam wil dichten met behulp van een warm zandasfaltmengsel in combinatie met grind. Daarover straks meer.

De mogelijkheden van een dam of dammen parallel aan de beteugelingsdam zouden er geconcretiseerd als volgt uitzien. Het debiet

een eind is gevorderd, komt er namelijk het volledige verval over te staan dat aanvankelijk stond over de betegelingsdam. Volgens deze werkwijze zou men dus in hetzelfde zeegat achtereenvolgens een geleidelijke en een plotselinge sluiting tot stand brengen. Nu is een gevolg van deze dubbele sluiting dat voor de kop van de tweede sluitkade de stroomsnelheden toenemen naar mate hij verder wordt uitgebouwd. De blokkendam blijft immers over de volle lengte water afvoeren, en dat moet rond de kop van de tweede sluitkade worden aangevoerd. Inmiddels neemt echter het verval over dat deel van de blokkendam dat achter de tweede sluitkade ligt, af. In het Haringvliet bijvoorbeeld zou het verval op 150 m achter de kop van de tweede kade al met de helft zijn afgenomen. Bij dit verval zou men de betegelingsdam voorzover die ligt binnen de stroomluwte van de tweede sluitkade, met zand kunnen volspuiten. En daarmee wordt dan weer bereikt dat over een grote lengte de stroomsnelheden voor de kop van de tweede kade beperkt blijven.

De kosten van een tweede sluitkade en de lange uitvoeringstijd die ermee gemoeid is, hebben tenslotte geleid tot de keuze van een oplossing waarbij de dam aan de rivier- of bekenzijde zanddicht wordt gemaakt. Er wordt hiervoor thans een constructie onderzocht, die bestaat uit een onderbouw van grind tot N.A.P. - 2 à - 3 m, met daarbovenop een kap van warm zandasfalt met een bitumengehalte van 4%. Deze asfaltkap vormt het kwetsbare deel van de constructie. Bij de verwerkingstemperatuur van het materiaal, die ligt tussen de 100 en 150° C, is de stroomweerstand ervan betrekkelijk gering. Daar er in verband met de korte kenteringstijd vrijwel altijd stroom loopt door de blokkendam, is allereerst nagegaan tot welke stroomsnelheden en dus ook tot welke vervallen over de blokkendam met dit materiaal kan worden gewerkt. Er werden proeven uitgevoerd in de stroomgoot te Lith. Bij de daar gevolgde werkwijze kon worden doorgedaan tot een verval van ongeveer een halve meter. Bij grotere vervallen spoelde het materiaal weg. Was het evenwel afgekoeld, dan kon het vervallen weerstaan van meer dan 2 m. Ook het grensvlak tussen grind en zandasfalt bleek voldoende stabiel.

De geringe breedte van de goot beperkte de waarde van de proefnemingen. Met name de methode van aanbrengen van het zandasfalt kon hier niet voldoende worden gevarieerd. Uit ervaringen elders was al gebleken dat de beste resultaten worden bereikt wanneer het

materiaal wordt aangebracht volgens de lava-stroommethode. Er wordt dan een bult van het materiaal opgestort tot boven water. Het afgekoelde oppervlak, dat al een grote stroombestendigheid bezit, wordt daarna steeds vooruitgeperst, doordat de bult via een pijp van binnen met zandasfalt wordt gevuld. Deze werkwijze kon in de twee meter brede goot van Lith niet worden beproefd. In Lith konden ook geen driedimensionale verschijnselen worden onderzocht, zoals de vraag hoe het warme zandasfalt zich zou houden wanneer het werd vooruitgebouwd op de kop van een afgedicht gedeelte. Voordat de mogelijkheid tot toepassing van dit materiaal in het Brouwershavensche Gat kon worden bepaald, moest men weten of het materiaal onder die omstandigheden voldoende stabiel zou zijn, en zo niet, bij welke stroomsnelheden het dan zou worden opgeruimd; daaruit zou de vereiste snelheid van aanbrengen kunnen worden afgeleid, hetgeen noodzakelijk is voor de bepaling van de te realiseren verwerkingscapaciteit.

Om antwoord op deze vraag te krijgen werd besloten tot een proefneming op ware grootte in het Rak van Scheelhoek. Daartoe moest over de blokkendam aldaar een groter verval worden ingesteld dan de natuurlijke halve meter. Door de uitwateringssluizen in het Haringvliet gedurende kortere of langere tijd te sluiten, zou men de vervallen kunnen vergroten tot 1 à 1½ m.

Om de nadelige gevolgen van zo'n experimentele sluiting voor de landbouw, de scheepvaart en de recreatie tot een minimum te beperken, werd besloten de bedoelde proefneming te realiseren in een minimaal experimenteelprogramma, waartoe de sluizen twee maal gedurende één getij, en dan nog wel 's nachts, zouden moeten worden gesloten. In verband met de bouwvakvakantie werden de nachten van 11 op 12 en van 18 op 19 juli voor het experiment uitgekozen. Over de resultaten van de proeven zal in een volgende aflevering van deze Berichten het een en ander worden meegedeeld.

De verdediging van het buitenbeloop van de Haringvlietdam

Om tot een juiste bepaling te komen van de verdediging van een buitenbeloop is het in het algemeen nodig te weten van welke te verwachten waterstand men moet uitgaan, wat, met andere woorden, het ontwerppeil is van de betreffende dam. Het ontwerppeil wordt afgeleid uit het basispeil. De waterstanden die volgens de berekeningen van de Deltacommissie statistisch gezien een kans maken eens in de 10.000 jaar te worden overschreden, worden basispeilen genoemd. Ze zijn niet overal in ons land gelijk. Aan de peilschaal te Hoek van Holland bedraagt het basispeil N.A.P. + 5,00 m. Om van het basispeil tot het ontwerppeil te komen wordt enerzijds een toeslag ingevoerd met het oog op het stormvloedstandverhogend effect dat men toekent aan de afsluiting van de zee-armen, en anderzijds in sommige gevallen een reductie toegepast op grond van economische overwegingen. Voor de ontwerppeilen ten zuiden van Hoek van Holland mag een 2,5 maal zo grote overschrijdingsfrequentie worden aangenomen, wat voor het Haringvliet neerkomt op een reductie met 30 cm ten opzichte van het basispeil. Het Rapport van de Deltacommissie geeft voor de zeezijde van de Haringvliet aan: basispeil N.A.P. + 5,20 m te verwachten verhoging t.g.v. de afdamming 0,40 m economische reductie 0,30 m ontwerppeil bijgevolg N.A.P. + 5,30 m. Gezien de ligging van de dam ten opzichte van de noordwesterstormen en zijn plaats in het Haringvliet, zal de glooiing worden blootgesteld aan een zware golfaanval. De golfhoogte kan bij waterstanden boven N.A.P. + 1,50 m oplopen tot 2,50 m. Bij waterstan-

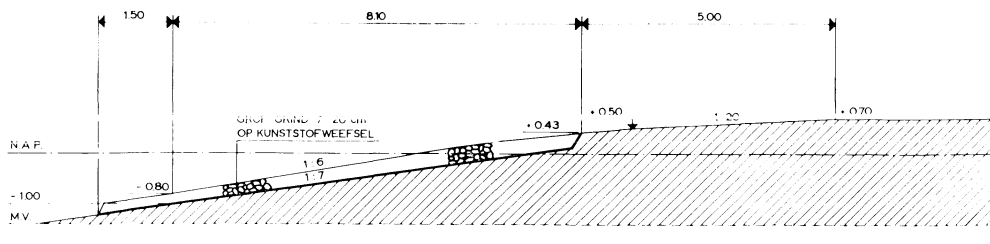
den tussen N.A.P. + 1 m en N.A.P. + 1,50 m kunnen nog golven voorkomen met een hoogte van 1,50 m.

Bij het maken van het ontwerp kon in beginsel worden gekozen uit twee typen glooiingen: een gesloten glooiing, bestaande uit met gietasfalt gepenetreerde stortsteen of een open glooiing, bestaande uit een filterconstructie. Bij modelonderzoek van de gesloten constructie met behulp van het elektrisch analoog bleek dat de overdrukken onder de bekleding tot hoge waarden kunnen oplopen. Om die opwaartse drukken te kunnen weerstaan zou de taludbekleding zeer dik moeten worden uitgevoerd, en daardoor duur worden. De ongunstige effecten van een gesloten onderwaterbeloop zouden zich bovendien ook manifesteren in het bovenwaterbeloop. Met het oog op deze bezwaren is gekozen voor een open glooiing van 4 m beneden tot 5,60 m boven N.A.P. De resultaten van het onderzoek wezen namelijk aan dat hogerop zonder bezwaar een gesloten asfaltbetonconstructie kon worden toegepast.

Tot N.A.P. + 5,60 m krijgt de glooiing een helling van 1 : 5; dan gaat ze over in een stormvloedberm onder een helling van 1 : 30, en van af de stormvloedberm tot N.A.P. + 14 m krijgt ze een helling van 1 : 4.

Voor het bepalen van de steengraderingen in de filterconstructie die een stabiele glooiing kunnen garanderen, werd gebruik gemaakt van de formule van Hudson, die de relatie tot uitdrukking brengt tussen het vereiste gewicht van een steen en zijn soortelijk gewicht, de golfhoogte, het s.g. van het water en de hellingshoek van het betreffende talud.

Rekenend met een helling van 1 : 5 en een



Teenconstructie van de Haringvlietdam aan de zeezijde

golfhoogte van 2,5 m, komt men met behulp van bedoelde formule uit op een minimaal stukgewicht van de steen van 725 kg. De uitkomsten van de formule worden voor flauwe hellingen iets minder exact geacht; reden waarom het gewicht per steen arbitrair verhoogd werd tot 1200 kg. Bij een waterstand gelijk aan N.A.P. behoort in het Haringvliet een golfhoogte van 1,50 m; de formule leidt dan tot een steengewicht van 300 kg. Naar beneden toe wordt de golf invloed minder. Daarom kan op zekere diepte beneden de waterlijn volstaan worden met een geringere steenzwaarte. Bij het ontwerp in het Haringvliet is met deze reductie rekening gehouden, wat leidde tot de keuze van een aantal steengraderingen, die mede bepaald werden door de gangbare soorten uit de groeve.

Beneden N.A.P. - 2 m kan worden voistaan met een steengradatie van 60-300 kg per stuk, van N.A.P. - 2 m tot N.A.P. met een steengradatie van 300-1000 kg per stuk, terwijl boven N.A.P. de zwaarste gradatie, 1000-2000 kg per stuk, moet worden toegepast. De minimale dikte van een laag van deze stenen wordt afgeleid uit hun gradatie: men neemt daartoe een steen van gemiddelde zwaarte uit de gradatie, en berekent de middellijn ervan alsof het een bol was. Ervaring met de uitvoering leidt tot de vuistregel dat de laagdikte 1,5 maal zo groot moet worden genomen als deze theoretische middellijn. Bij steen 60-300 kg moet een laagdikte worden aangehouden van 80 cm, steen 300-1000 kg moet worden aangebracht in een laag van 1,20 m, terwijl een minimale laagdikte van 1,50 m nodig is van steen 1000-2000 kg. Voor de uitvoering is het evenwel moeilijk, en moeilijker naarmate de steen zwaarder is, om de laagdikte exact te bepalen. In de tekening van het dwarsprofiel is daarom tevens het vereiste aantal kg per m² vermeld. De onderste laag van de filterconstructie bestaat van de bodem tot N.A.P. - 1 m uit een kraagstuk dat is opgebouwd uit twee lagen rijshout en één laag riet; daarboven wordt de onderste filterlaag voortgezet door een kunststofmat, met azobé-vechting ter voorkoming van mechanische beschadigingen. De verdere bekleding van de glooiing, van N.A.P. + 5,60 m tot N.A.P. + 14 m bestaat uit asfaltbeton, waarvan de dikte over de 15 m brede berm verloopt van 50 tot 35 cm. Op het daarboven gelegen beloop neemt de dikte van de bekleding verder af: tot N.A.P. + 10 m bedraagt ze 20 cm, daarboven 15 cm. Op N.A.P. + 14 m komt opnieuw een

berm; daar en op het verdere beloop bestaat de bekleding uit een 40 cm dikke kleilaag, tot aan de verharding voor de over de dam lopende verkeersweg.

Het verschil in dikte tussen de filterconstructie en de gesloten bekleding is vrij aanzienlijk: 1,50 m. Voor een overgangsconstructie werd in eerste aanleg gedacht aan een verticale wand, bijvoorbeeld van azobé. Afgezien van het feit dat het niet meevalt een houten damwand in een mijnsteenkade te heien, is zo'n steile wand ook anderszins niet aan te bevelen. In de open glooiingsconstructie kan een golf zich vrij ongehinderd voortplanten. Vindt hij dan opeens een gesloten wand op zijn weg, dan kan de belasting die hij daarop gaat uitoefenen, ongeveer het effect hebben van een golfklap. Er is een andere oplossing gevonden, en wel in de vorm van

een pakket gepenetreerde stortsteen 10–300 kg, met aan de voorzijde een helling van 1 : 3 à 3,5, waardoor de golfenergie meer geleidelijk wordt afgebroken.

De berm op N.A.P. + 14 m is in het damprofiel opgenomen onder meer om een goede aansluiting te verkrijgen op de vorm van het landhoofd van de uitwateringssluizen. Zoals gezegd is de verdediging tot deze hoogte ontworpen als een asfaltbeloop. Of deze verdediging onder alle denkbare omstandigheden hoog genoeg reikt, is gecontroleerd aan de hand van berekeningen waarbij het ontwerppeil werd vermeerderd met berekende waarden voor de golfoploop, voor bui-oscillaties en buistoten en voor de relatieve bodemdaling. Uit de controle bleek dat de voor de gesloten bekleding gekozen hoogte in alle opzichten ruim voldoende was.

Nog steeds worden de proeven voortgezet waarmee men de drukverdeling nader wil bepalen tussen doorlaatcaissons en de drempel waarop ze geplaatst worden, als ook de wrijvingsweerstand van de drempel bij zijdelingse belasting van de caissons, zoals die optreedt ten gevolge van waterstandsverschillen en golfdrukken.

Zettings- en wrijvingsproeven. Tweede reeks

De uitkomsten van de eerste reeks proeven, beschreven in Bericht nr. 34 (november 1965), bleken zeer waardevol te zijn voor het verdere ontwerpwerk aan de doorlaatcaissons voor het Volkerak en voor het Sluitgat Kous van het Brouwershavensche Gat, hetgeen onder meer daarin blijkt dat de voorheen bij de berekeningen steeds aangehouden wrijvingscoëfficiënt van 0,33 – die eigenlijk vooral op overlevering berustte – op grond van deze metingen kon worden gesteld op 0,5 à 0,6, afhankelijk van de bodemvorm van de caisson. Men kon voor de caissons dus toe met minder zwaarwichtige constructies dan altijd was verondersteld, en dat betekende een aanzienlijke besparing op de bouwkosten. Dit eerste onderzoek, dat zich afspeelde in een proefopstelling nabij de vaste verankering van de kabelbaan over de Grevelingen, betrof alleen statische belastingen op de caissons en werd gedaan op één soort steendrempel. Het liet derhalve vragen naar het effect van wisselende golfbelasting en van een verandering in de drempelconstructie onbeantwoord.

De noodzaak om ook andere drempelvormen in de proeven te betrekken deed zich ongeveer een jaar daarna reeds voor, toen uit het waterloopkundig onderzoek bleek dat de stroomsnelheden over de drempel in het Volkerak groter zouden zijn dan aanvankelijk was aangenomen. Een van de voorgestelde maatregelen tegen aantasting van deze drempel was het penetreren met asfaltmestiek van de steen waaruit die drempel was opgebouwd. Aangezien de caissons een vlakke onderkant zouden krijgen rees de vraag of het asfalt in deze drempel onder de bovenbelasting van de caissons niet on-

der een zodanige vloeistofspanning zou komen te staan dat de wrijving tussen de stenen geheel of ten dele teloor zou gaan. Bij een geribde bodem zou dit verschijnsel zich eveneens kunnen voordoen, maar het effect ervan zou minder behoeven te worden gevreesd, omdat het asfalt zijn taaiheid immers zou behouden en de zijdelingse belastingen op de caissons van betrekkelijk korte duur zouden zijn. Hoe groot dan overigens de zijdelingse verplaatsingen zouden zijn, bleef een open vraag.

Verder bestond er behoefte om voor de drempelconstructie van het sluitgat Kous ook de vroeger toegepaste oplossing met klassieke zinkstukken in de voorbereidende proefnemingen te betrekken. Omtrent de wrijvingscoëfficiënt tussen vlakke en geribde caissonbodems en een dergelijke drempel was uit onderzoek niets bekend.

Om op deze vragen zo mogelijk een antwoord te vinden werd begin 1967 besloten enkele proeven te herhalen met meer aan de werkelijkheid aangepaste belastingvarianties en verder ook enkele andere drempelconstructies op hun terzake geldende eigenschappen te onderzoeken.

Om de kosten te drukken is aanvankelijk overwogen de proeven op kleinere model-schaal te verrichten dan 1 : 1.

De hardheid van de steen en de verbrijzeling ervan die in de werkelijkheid optreedt, zijn echter niet op schaal te reproduceren en het effect van die invloeden zou dan teloor gaan. De fysische eigenschappen van de asfaltmestiek tussen de steenbrokken waren bovendien volledig onbekend. De tijd ontbrak om deze eigenschappen door inleidende proeven te onderzoeken en het

stond allerminst vast dat ze alsdan op modelschaal reproduceerbaar zouden zijn. Om deze redenen werd besloten ook deze nieuwe proevenserie op ware grootte uit te voeren en daarbij een onderzoek ad hoc te verrichten door de constructie en de belastingen zo veel mogelijk aan te passen aan de omstandigheden van Volkerak en Kous.

Voor de uitvoering was een dodebed van 400 ton nodig, een constructie dus die een zijdelingse horizontale kracht van ten minste 400 ton moest kunnen weerstaan. Ook moest voldoende hijsgereedschap beschikbaar zijn. Een geschikte plaats kon worden gevonden op het werkterrein van de Combinatie Brug Oosterschelde te Kats. De proeven werden door deze Combinatie uitgevoerd ten dele tegen een vaste aannemingssom en ten dele

op basis van huurprijzen.

Om de werkelijkheid zo goed mogelijk te benaderen werd een put van 3,50 m diepte gegraven met een grondvlak van 10 x 8 m, voorzien van een waterdichte bekleding van Neoprene doek. De drempels werden namelijk onder water beproefd.

Aan één zijde werd deze put begrensd door een verticale wand van betonnen elementen, die tezamen tot 400 ton zijdelings konden worden belast. In deze put zijn achtereenvolgens de verschillende te onderzoeken drempelconstructies aangebracht, terwijl de caissonbodem evenals bij de vorige proevenreeks werd voorgesteld door een geribde dan wel vlakke plaat van 10 m².

Daarop lag een vlakke plaat van 20 m² met de ballast, bestaande uit betonnen laadborden met gietijzeren ballastbroodjes. Tussen

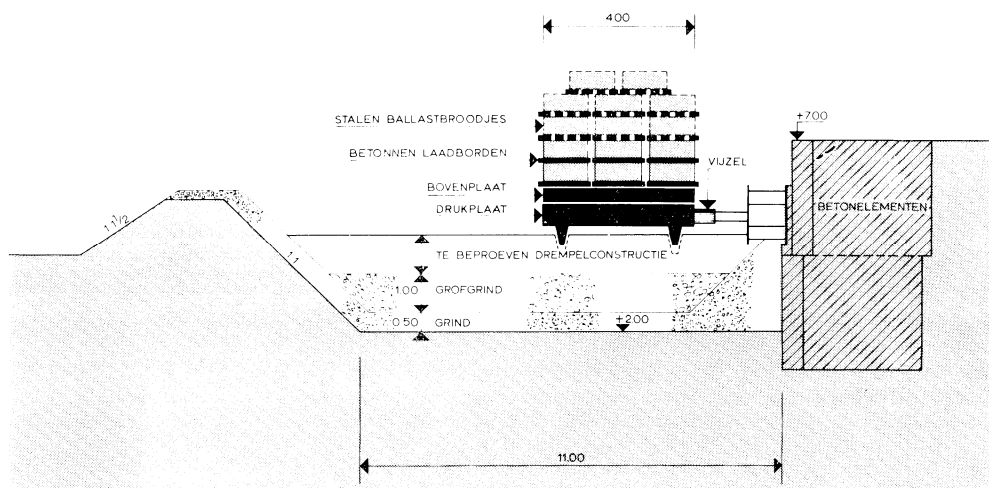


Fig. 1 Dwarsdoorsnede van de proefopstelling te Kats

de betonnen wand en de betonnen onderplaat was een stalen drukraam aangebracht. De horizontale kracht werd uitgeoefend door middel van twee hydraulische vijzels van 75 ton met een maximum slag van 15 cm. Voor de grotere belastingen werden twee vijzels van 150 ton gebruikt, eveneens met een maximum slag van 15 cm. De vijzels werden door een elektrisch aangedreven olie-pomp bediend, waarbij de grootste snelheid van verplaatsing van de kleine vijzels 5,5 cm/min. bedroeg, en die van de grootste 2 cm/min.

Met behulp van deze snelheden werden horizontale belastingen aangebracht die zo goed mogelijk de snel wisselende golfdrukken moesten weergeven die een caisson in een sluitgat aan open zee in werkelijkheid te verduren heeft. Met de kleine vijzels lukte dit

redelijk, maar de pompopbrengst was voor de grote vijzels in feite te klein, zodat de belastingen die daarmee werden opgewekt, niet snel genoeg wisselden.

De proeven zouden onder meer betrekking hebben op drempels van gepenetreerde stortsteen. Om zulke drempels te maken stonden op een hijsraam drie asfaltketels opgesteld met een totale inhoud van 36 ton. Deze ketels konden lossen via een verdeelbak met 10 uitlooppijpjes, net zo'n soort constructie als in de mond van de stortpijp van het asfaltschip 'Jan Heijmans'. Het hijsraam met deze installatie kon boven de put worden gebracht en verhaald met behulp van een van de 250-tons portaalkranen op het werkeerrein. Deze portaalkranen waren tevens in staat de gepenetreerde stortsteenlaag telkens na afloop van een proevenserie



3

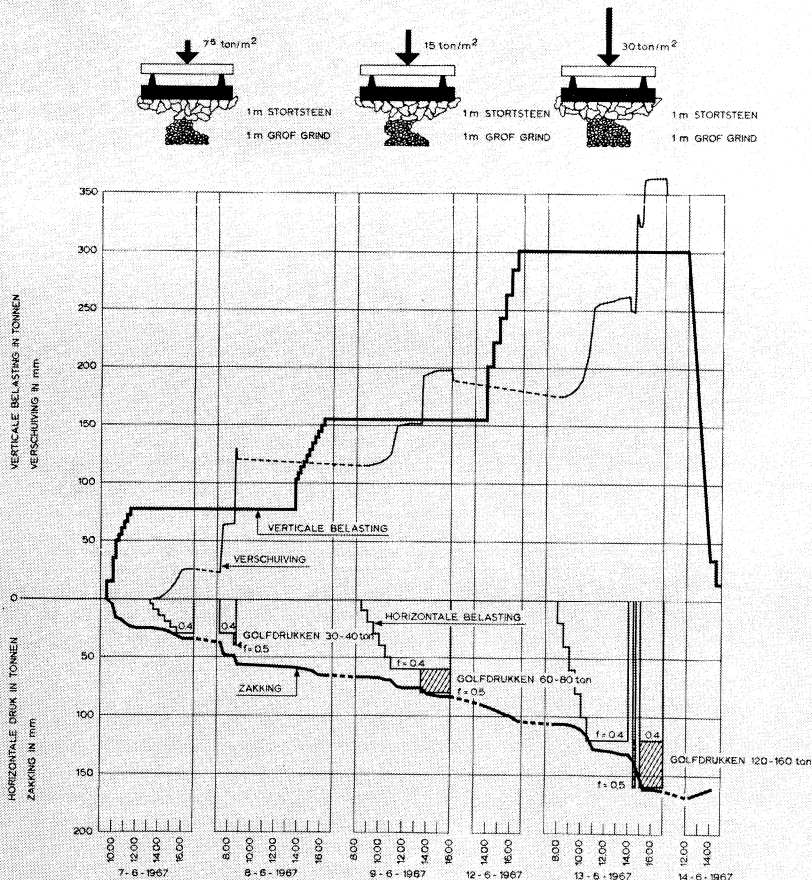


Fig. 2 Een schuifproef met maximale belasting

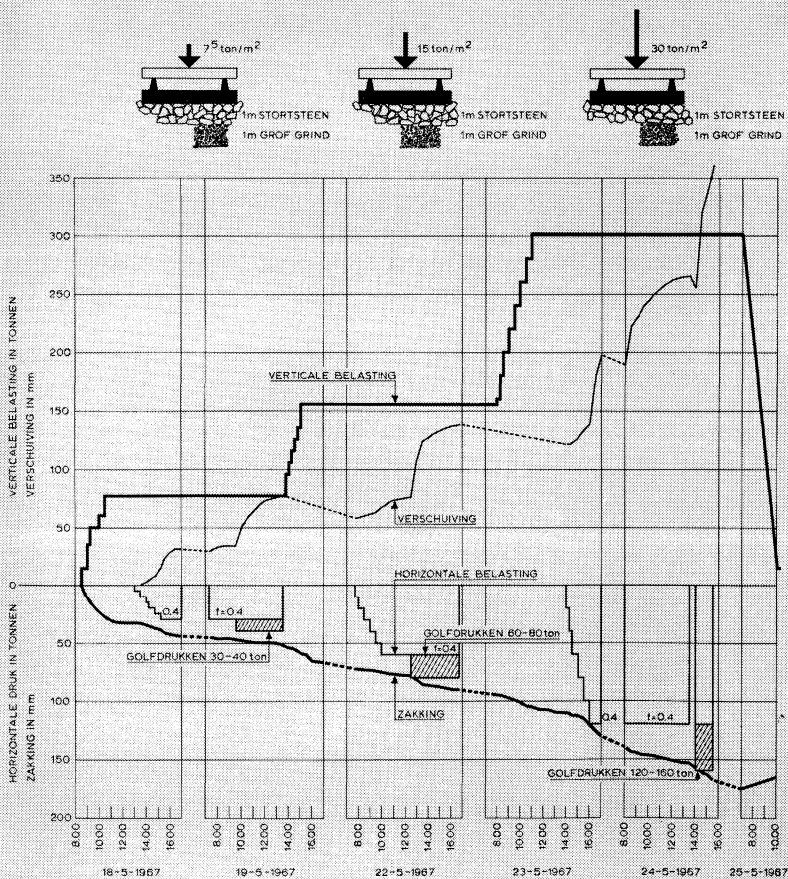
Fig. 3 Proef met een vlakke caissonbodem op een ongepenetreerd steenbed bij toenemende verticale belasting

Fig. 4 Proef met een vlakke caissonbodem op een ongetelijk gepenetreerd steenbed

in één maal te verwijderen. Daartoe was een grofmazig net van betonstaal, voorzien van ogen, van te voren onder de te penetreren laag steen gelegd. Het werk kon op deze wijze snel voortgang vinden. Voor het aanbrengen van asfaltpenetraties werd een aparte overeenkomst gesloten met de N.V. Bitumarin te Zaltbommel.

De proeven met de vlakke plaat hebben voornamelijk betrekking gehad op de omstandigheden bij de Volkerackaissons, die met de geribde plaat zijn gericht geweest op de constructie en de belastingen van de Kouscaissons.

Het waren proeven ad hoc waaruit geen algemeen geldige conclusies kunnen worden getrokken; daarom worden de resultaten hieronder afzonderlijk per serie vermeld. In het algemeen valt op te merken dat de



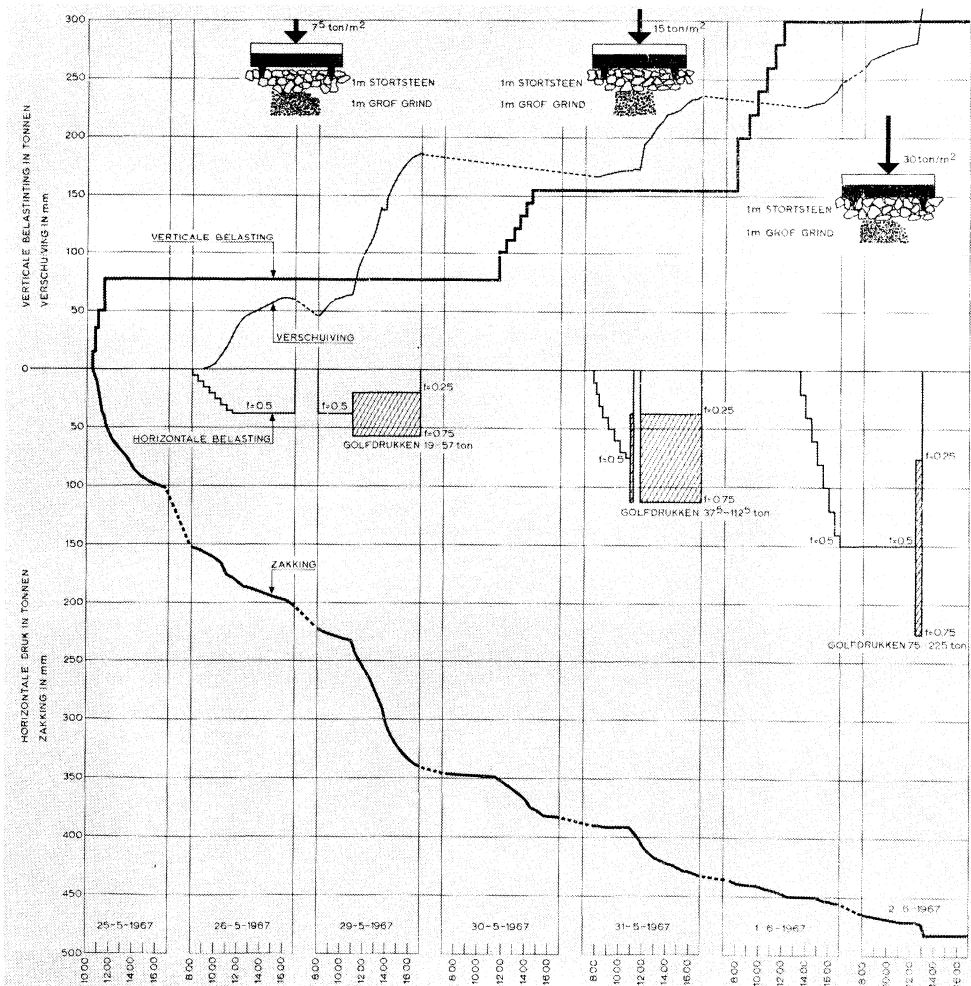
horizontale belasting op de caissons is samengesteld uit een statisch aandeel ten gevolge van het door het getij veroorzaakte verval over de drempel en een telkens wisselend aandeel als resultaat van de golfdruk. Omdat deze laatste druk toch nog relatief langzaam wisselt wordt hij meestal 'quasi-statisch' genoemd; alleen de zeer korte durende golfklappen noemt men dynamisch. Golfklappen treden plaatselijk op, en zijn vooral van belang voor de berekening van de constructieonderdelen. Voor het evenwicht van de caisson als geheel zijn vooral de statische en quasi-statische belastingen van betekenis.

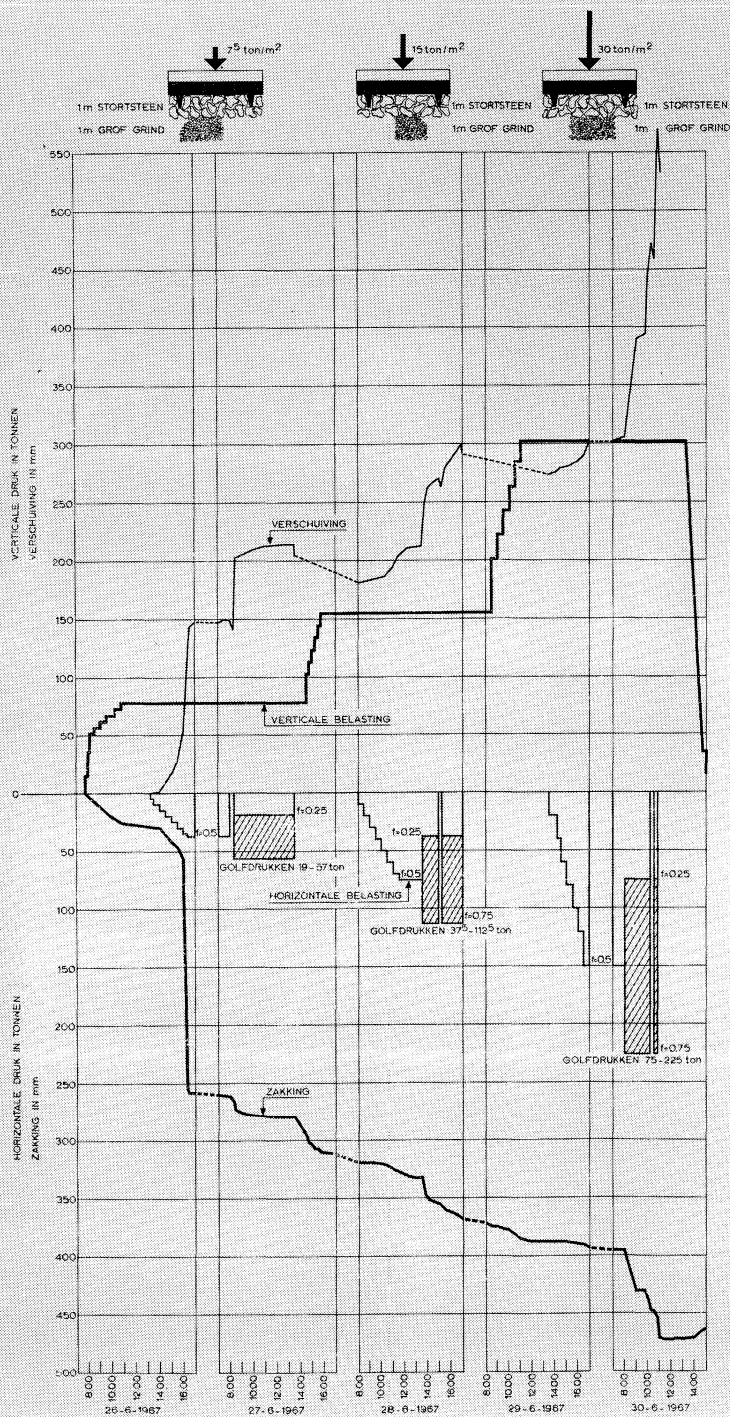
Bij de proeven is het aangroeien van de vervaidruk door het getij benaderd door deze druk trapsgewijs in drie uur tot ontwikkeling te brengen, terwijl de golfdruk zo snel als de

Fig. 5 Proef met een geribde caissonbodem op een gedeeltelijk gepenetreerd steenbed

Fig. 6 Proef met een geribde caissonbodem op een ongepenetreerd steenbed

5





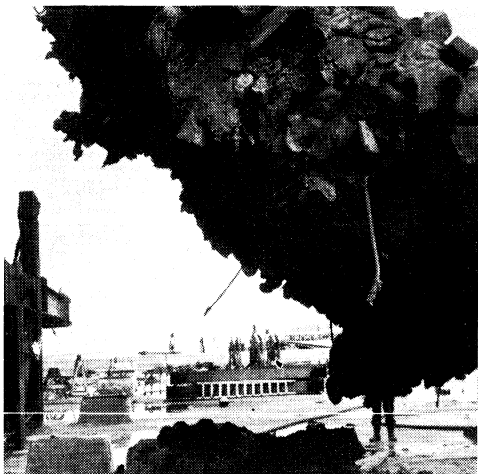


Fig. 7 Verwijdering inééns van een gepenetreerd steenbed

Fig. 8 Gedeeltelijk gepe-
treerd steenbed

Fig. 9 Steenverbrijzeling na
een schuifproef op een niet
gepenetreerd steenbed

vijzels het mogelijk maakten werd aange-
bracht. Bij de 75 tons vijzels duurde dat ca.
2 seconden, bij de 150 tons ging er
wel 8 seconden mee heen. In de werkelijk-
heid voltrekt de aangroei tot maximale druk
zich in 1 à 3 seconden.

Conclusies

1. Een vlakke plaat op een ongepenetreerd steenbed, die een voorstelling geeft van een caisson met vlakke bodem op een drempel van niet met een alfaltpenetratie vastge-
legde stortsteen, verschoof ongeveer 10 cm
wanneer men de belasting varieerde tussen
 $f = 0,4$ en $f = 0,5$ na een statische belasting
tot $f = 0,4$. Bij een wrijvingscoëfficiënt van
 $f = 0,5$ kwam de plaat tot rust. Doorgaande
verschuiving trad op bij $f = 0,7$. Ditzelfde
resultaat werd in de eerste proevenreeks

gemeten toen er een statische zijdelingse
druk van die grootte werd uitgeoefend.

2. Een geribde plaat op een ongepenetreerd steenbed gedraagt zich bij belastingen die wisselen tussen $f = 0,25$ en $f = 0,75$, onge-
veer net zo; de geribde plaat komt tot stil-
stand bij $f = 0,65$, en verschuift doorgaand
bij $f = 0,95$ tot $f = 1,5$. Dit laatste resultaat
wordt echter niet representatief geacht, om-
dat het te wijten is aan het feit dat de proef-
plaat op een gegeven ogenblik ging dompen.

3. Nam men zinkstukken op in de drempel-
constructie, dan werd de zetting van de
caisson in de drempel groter, omdat hij het
rijshout kraakte; de wrijving werd er evenwel
niet in ongunstige zin door beïnvloed.

4. De proevenserie met een vlakke plaat op
een vol en zat gepenetreerd steenbed liet bij
een statische zijdelingse belasting overeenko-



mend met $f = 0,4$ reeds een langzaam afnemende, verschuiving zien, terwijl bij zijdelingse belastingen wisselend tussen $f = 0,4$ en $f = 0,53$ nieuwe verschuivingen optraden van 5 tot 20 cm, waarbij de plaat niet meer helemaal tot rust kwam; de bovengrens van het evenwicht lag ongeveer bij $f = 0,5$. Bij een wisselende belasting tussen $f = 0,25$ en $f = 0,75$ gleed de plaat snel weg, en bleek het evenwicht reddeloos verloren.

5. Een geribde plaat op een vol en zat gepenetreerd steenbed gaf het volgende te zien:

bij een statische zijdelingse belasting van $f = 0,5$, trad nog een geringe doorgaande verschuiving op. Varieerde men de zijdelingse belasting tussen $f = 0,25$ en $f = 0,75$, dan werd de doorgaande verschuiving iets groter; bij een zijdelingse belasting van $f = 1,0$ was het evenwicht geheel verbroken, en gleed de plaat snel weg.

6. Bij de beproeving van een vlakke plaat op een gedeeltelijk gepenetreerd steenbed, waarvan de holle ruimte voor 40 à 80 % was gevuld met asfalt, verschilden de resultaten weinig met wat bereikt werd bij wisselende belasting tussen $f = 0,25$ en $f = 0,75$ op een vol en zat gepenetreerd bed. Bij een verticale belasting van 30 ton per m^2 trad tot tweemaal toe evenwichtsverlies op toen de statische zijdelingse belasting van $f = 0,4$ werd vermeerderd met een wisselende belasting tussen $f = 0,4$ en $f = 0,5$. Dit zou er op kunnen wijzen dat bij een zo grote belasting het voor de wrijving gunstige effect van de holle ruimte verloren gaat. Het is overigens niet gelukt een duidelijke verhoging waar te nemen van de vloeistofspanning in het asfalt.

7. Ook de resultaten met een geribde plaat op een voor 80% gepenetreerd steenbed weken bij wisselende belasting tussen $f = 0,25$ en $f = 0,75$ niet noemenswaard af van de gedragingen van zo'n zelfde plaat op een vol en zat gepenetreerde ondergrond.

Bij gedeeltelijke penetratie is het niet gelukt het asfalt enigszins gelijkmatig over de dikte van het steenbed te verdelen. Het asfalt zakt onderin, al blijft meestal nog wel zoveel op de aanrakingspunten van de stenen hangen dat de bovenlaag van het steenbed een hogere weerstand tegen stroom heeft dan een niet gepenetreerd bed.

Bij een wisselende belasting beneden de aangegeven grenzen treden de verschuivingen met een geringe snelheid op. Omdat de vervaldruk van het getij zowel als van de golven steeds van richting wisselt, lijkt het niet on-

mogelijk in voorkomende gevallen een aanvaardbare oplossing te verkrijgen door caissons die men op een gepenetreerde drempel wil zetten over de volle lengte van doorgaande ribben te voorzien. Wel is de wrijvingsweerstand van een ongepenetreerde drempel groter dan van een gepenetreerde en is er ook een grotere reserve in aanwezig. Grotere stroombestendigheid van de drempel zou dus ook kunnen worden gezocht in de toepassing van zwaardere stortsteen. Voor de afsluiting van het Volkerak behoefde de bovenste laag van de drempel, bestaande uit steen 80-300 kg, slechts plaatselijk te worden gepenetreerd. De caissonbodem was hier vlak en de benodigde wrijvingscoëfficiënt bedroeg 0,4, zodat deze oplossing aanvaardbaar was. Voor de afsluiting van de Kous is de noodzaak van een penetratie tot op heden niet gebleken. Bij alle caissonontwerpen is uit veiligheidsoverwegingen de ondergrens van de wrijving als bezwijktoestand aangenomen, zodat op grond van de proeven nog een vrij ruime reserve aanwezig zou moeten zijn. Bij een thans lopend systematisch modelonderzoek op veel kleinere schaal zijn voorlopig kleinere wrijvingsweerstand gemeten, wat zou betekenen dat een deel van de berekende reserve in feite niet aanwezig is. Nergens wordt echter de veiligheidsmarge overschreden. Omdat met schaalproeven het complexe wrijvingsverschijnsel moeilijk reproduceerbaar is, is het echter moeilijk van deze proeven het definitieve antwoord te verwachten. Naast de boven beschreven zettings- en wrijvingsproeven zijn voor de caissonontwerpen nieuwe en meer nauwkeurige berekeningswijzen ontwikkeld en zijn constructievereenvoudigingen toegepast. Bovengenoemde onderzoeken hebben ongeveer 1,5% gekost van de totale bouwsom van de caissons voor het Volkerak en de Kous tezamen. Die bouwsom bedraagt rond 50 miljoen gulden. Het is zeker dat hij zonder de resultaten van dit onderzoek enkele tientallen miljoenen gulden hoger zou zijn geweest.

Binnenkort wordt de uitvoering ter hand genomen van de eilanden Schutteplaat en Mosselplaat in het Veeerse Meer, als onderdelen van het bagger- en eilandenplan dat de Deltadienst in samenwerking met het recreatieschap 'Het Veeerse Meer' uitvoert. Er zullen voorts wegen en parkeerterreinen worden aangelegd in het recreatiegebied Schotsman, achter de Veeerse dam.

Inrichting van het Veeerse Meer

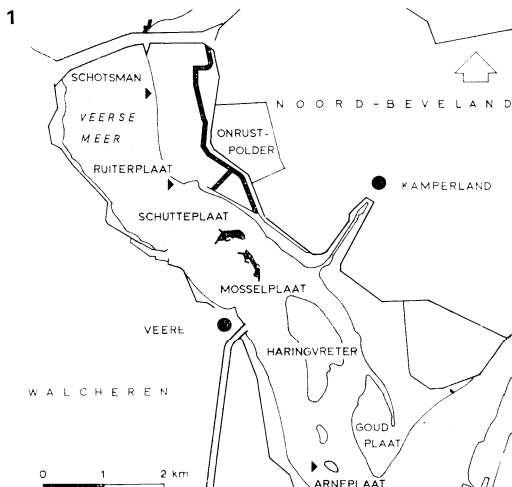
Al eerder werden in deze Berichten, met name in nr. 50, (november 1969) mededelingen gedaan over de uitvoering van het westelijk deel van het bagger- en eilandenplan in het Veeerse Meer, dat deel uitmaakt van het Ontwikkelingsplan 1967 van 'Het Veeerse Meer'.

De Arneplaat bij Arnemuiden is nu, op beplantingen en sanitaire voorzieningen na, gereed. De nog aan te leggen eilanden Schutteplaat en Mosselplaat zijn geprojecteerd ten noorden van Veere, ter plaatse van twee ondiepten in het meer waarvan de hoogste delen reiken tot N.A.P. – 0,75 m. In tegenstelling tot de Arneplaat zullen deze twee nieuwe eilanden langgerekt van vorm zijn, overeenkomstig de vorm van de ondiepten waarop zij worden opgebouwd; bovendien maakt men met langgerekte vormen zoveel mogelijk oeverlengte bij zo weinig mogelijk grondverzet. De minimale breedte van beide eilanden is gesteld op 80 m, omdat verwacht wordt dat zich bij die breedte een zoetwaterlens in het grondlichaam zal kunnen vormen van voldoende betekenis voor de begroeiing. Er is dan ook ruimte voor enkele door struiken gescheiden lig- en speelweiden.

De Schutteplaat krijgt een oppervlakte van 5,4 ha en de Mosselplaat van 5 ha. Van de korte zijde van de eilanden lopen dammetjes het water in, waardoor de golfdempende werking van de eilanden over een groter gebied voelbaar zal worden en er bovendien bij elke windrichting op verscheidene plaatsen langs de oevers luwe hoeken worden gevormd, waar in rustig water kan worden geankerd. Aan die kant van de eilanden waar ze grenzen aan dieper vaarwater, is

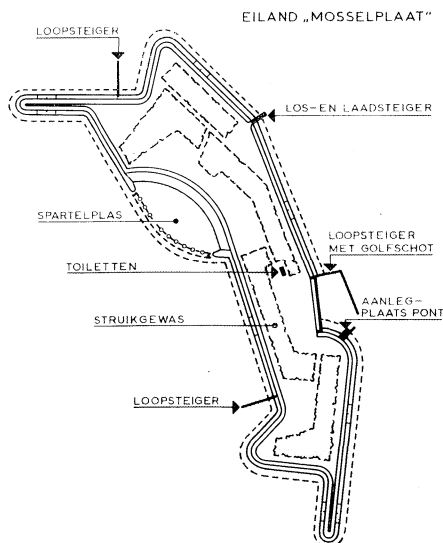
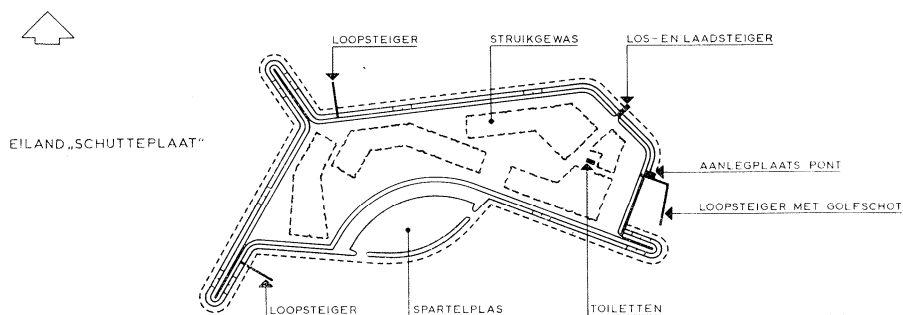
een haventje ontworpen voor ongeveer 27 jachten, dat bij vrijwel alle windrichtingen een rustige ligplaats biedt. De havenkom wordt omsloten door loopsteigers met daartegen een geheel gesloten golfschot ter wering van windgolven. Aan de landzijde komt een houten beschoeiing. Naast de haventjes komt dan een aanlegplaats voor een pontje en iets verderop een los- en laadsteiger die berekend is op een asdruk van 5 ton. Deze steigers zijn tijdens de aanleg van de eilanden nodig voor de aanvoer van zwaar materieel; later komen ze te pas bij onderhoudswerken, en ook kunnen daar grote jachten of rondvaartboten aanleggen.

Het is zeer wel mogelijk, dat de behoefte aan ligplaatsen voor bezoekende jachten al spoedig na het gereedkomen van de eilanden groter zal zijn dan het aanbod, zeker wanneer de beplanting eenmaal opschiet. Voorzieningen op grotere schaal te treffen zou thans echter nog niet raadzaam zijn, omdat onder invloed van stroom en golven nu nog aanzienlijke zandverplaatsingen optreden in de onmiddellijke omgeving. Wel is op een tweetal plaatsen in de luwe hoeken van de beide eilanden al een vingersteiger van 40 m lengte voorzien, hoewel op die plaats nog geen grotere waterdiepte is te verwachten dan NAP – 1 à 1,5 m, wellicht tijdelijk nog minder door aanzanding. De Schutteplaat en de Mosselplaat zullen rondom tegen afslag worden verdedigd door een bestorting van grof grind op een kunststofweefsel. Achter de oeververdediging is op twee plaatsen een spartelplas met zandstrandje ontworpen voor kleine kinderen. Om deze plasjes door de wind van vers water te laten voorzien is de oeververdediging op de



Schutteplaat op twee punten verlaagd; op de Mosselplaat wordt een aaneengesloten gedeelte van de oeververdediging ter lengte van 110 m verlaagd aangelegd en gemarkeerd door op elke 10 m een paal. Zoals gewoonlijk maakt men zoveel mogelijk werk met werk: het zand voor de opbouw van de eilandjes zal worden ontleend aan een paar ondiepten op enige afstand van de eilanden, waar namelijk minder dan 2 m vaardiepte voorhanden is. De aanleg van deze eilanden en de verbeteringen van het vaarwater die ermee gepaard gaan zullen het westelijke deel van het Veerse Meer opnieuw aantrekkelijker maken voor watersportbeoefenaars. De landschappelijke aankleding van het meer zal er bovendien door worden verbeterd.

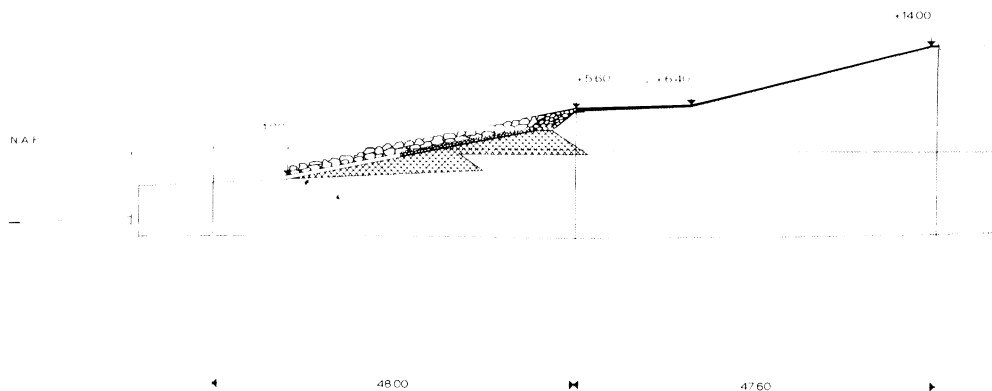
2



0 100 200m

1 Ligging van de eilanden Arneplaat, Schutteplaat en Mosselplaat in het Veerse Meer

2 Plattegrond van de ontworpen eilanden Schutteplaat en Mosselplaat



4

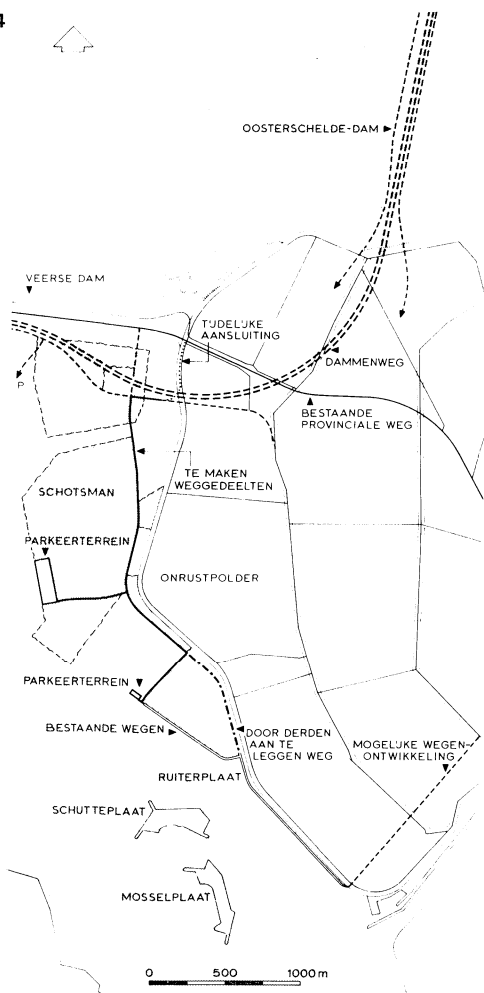


Fig. 3 Normaal dwarsprofiel van de oeeververdediging

Fig. 4 Het nieuwe wegensetel op de Schotsman en de Ruiterslaan

5 Het eiland Arneplaat

Schotsman en Ruiterslaan

Aan de Noordbevelandse kant van het Veerse Meer, tussen de Veersedam en de haven van Kamperland ligt buitendijks een gebied van ruim 300 ha, waarvan het noordelijk deel Schotsman wordt genoemd. Dit terrein van 250 ha is eigendom van de Staat; de Ruiterslaan, die iets zuidelijker ligt, is geheel in particuliere eigendom, en wordt, ingevolge het bestemmingsplan van de gemeente Wissenkerke, een villa- en bungalowpark. Er moeten 151 landhuizen komen, waarvan er al 100 zijn gebouwd, en 195 zomerwoningen.

Dat gedeelte van de Schotsman dat aan de Ruiterslaan grenst, is gereserveerd voor de aanleg van kampeerterrains en de bouw van zomerwoningen voor de verhuur. De

220 ha die dan nog overschieten, worden bestemd tot publiek toegankelijk oever- en landrecreatiegebied. In 1964 en 1965 zijn hier al twee boscomplexen ingeplant met een gezamenlijke oppervlakte van 150 ha. In een later stadium zullen deze bossen voor wandelaars en fietsers toegankelijk gemaakt worden, en zullen er open plekken in gemaakt worden, speelweiden en picknickplaatsen. Het niet beboste gedeelte van de Schotsman is van een grasmat voorzien. Het is een aantrekkelijk gebied, waar zeker veel belangstelling voor zal bestaan, zowel van de mensen die hun vermaak zoeken in het Veerse Meer als van badgasten aan het Noorzeestrand. Tot op dit ogenblik kan men er per auto alleen komen vanuit het zuiden langs de in 1968 aangelegde weg over de Ruiterplaat.

De ontsluiting van de Schotsman zal geleidelijk gaan, in samenhang namelijk met de verkeersontwikkelingen in de omgeving. De eerste fase moet worden afgestemd op de te verwachten ontwikkeling tot omstreeks 1978, het jaar waarin de Oosterschelde zal worden afgesloten. Dan zal de Dammenweg worden doorgetrokken van Schouwen naar Walcheren, waarbij hij het noordelijk deel van de Schotsman zal moeten doorsnijden. Flankerende parallelwegen en de aansluiting van de provinciale weg en van andere Noordbevelandse wegen op de Dammenweg zullen een brede zone aan weerszijden van die weg een ander aanzien geven en de Schotsman verder ontsluiten.

Van Kamperland via de Ruiterplaat en over de Schotsman, parallel aan de voormalige zeedijk, zal een doorgaande weg worden

5



aangelegd naar de zuidelijke parallelweg van de Dammenweg en middels een onderdoorgang later ook naar de nu al bestaande noordelijke parallelweg. Van deze weg wordt allereerst het gedeelte tussen de Dammenweg en de Ruiterplaat uitgevoerd. Op de grens met de Ruiterplaat is een dwarsverbinding opgenomen die de aansluiting verzorgt met de al op de Ruiterplaat bestaande weg. Die dwarsweg geeft ook toegang tot het op de Schotsman voorziene recreatieproject en leidt als slag naar de meeroever. Het deel van de doorgaande verbinding tussen Schotsman en Kamperland dat dan nog ontbreekt zal te zijner tijd op kosten van de particuliere eigenaar van de Ruiterplaat worden aangelegd. De weg, die projecteerd is langs de zeedijk van de Onrustpolder, zal in de eerste fase worden aangesloten op de provinciale weg. De verbindingsweg zal voor een deel later opgaan in de zuidelijke parallelweg van de Dammenweg en voor een deel samenvallen met de dijk van de Onrustpolder. Hij geeft aansluiting op een onderdoorgang en twee parallelwegen van de provinciale weg. De verharding van dit wegvak moet als tijdelijk worden beschouwd. Het buitendijks te maken grondlichaam kan later worden opgenomen in het weglichaam van de Dammenweg. De oeverstrook van het natuurgebied zal bereikbaar worden gemaakt door middel van slagen vanaf deze meer landinwaarts gelegen verbinding Kamperland - Veersedam. Men neemt aan dat een gedifferentieerd gebruik van de oever zal bevorderen. Naast zeer drukke gedeelten zullen voor hen die zich enige moeite willen getroosten ook rustige gedeelten bereikbaar worden. In de eerste fase van de ontsluiting zal onder meer het slag worden aangelegd dat via het grote boscomplex toegang verleent tot een oevergedeelte van de Schotsman dat een brede, ondiepe vooroever bezit. Dit slag kan metertijd tevens dienstbaar worden gemaakt aan de verdere ontsluiting van het bos. Aan het einde van het grote boscomplex zal hier een voorlopig parkeerterrein voor ongeveer 1000 auto's worden aangelegd. Men meent daarmee ongeveer de helft van de toekomstige behoefte te dekken, die naar globale prognoses aangeven omstreeks 1980 moet worden gesteld op hoogstens 9000 tegelijk aanwezige bezoekers. Het terrein zal in de tweede ontsluitingsfase naar het noorden kunnen worden uitgebreid. Gezien het betrekkelijk geringe aantal dagen waarop een maximaal aantal bezoekers kan worden verwacht, zal het niet nodig zijn het gehele

terrein meteen van een verharding te voorzien. De ringweg om het terrein met enige dwarsverbindingen in het verharde gedeelte zullen worden voorzien van een asfaltverharding. Voor ongeveer 600 autoplaatsen zal een goedkopere verharding worden gebouwd, terwijl 400 andere auto's een plaats kunnen vinden op het gras. Ook aan het eind van de dwarsweg op de grens met de Ruiterplaat is een parkeerterrein voorzien. De vooroever aan het eind van dit slag is steil en diep. Dat zal weinig zwemmers trekken en veel hengelaars. Daarom kan het parkeerterrein ook kleiner zijn: een capaciteit van ruim 100 auto's is voldoende. Te zijner tijd kan het worden opgenomen in het plan voor het recreatiecentrum. Vanwege de onzekerheid omtrent het blijvend karakter van dit parkeerterrein wordt er een verharding toegepast van betonklinkers. De wegverhardingen zullen bestaan uit een bitumineuze constructie met een breedte van 5 m met kantstroken van 30 cm. Ter plaatse van de aansluiting van het slag zal in de doorgaande weg een extra rijstrook worden opgenomen voor links afslaand verkeer. De wederzijdse bermen krijgen een breedte van 5,5 m. In de wegsloten en greppels zullen de nodige onverharde toegangsdammen naar het zijterrein worden gemaakt. Het voor de onderhavige werken benodigde zand zal worden gewonnen ter plaatse van een ondiepte ten zuiden van de Veersedam, die overeenkomstig het voor de ontwikkeling van het Veerse Meer opgesteld basisplan 1967 moet worden opgeruimd.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Sluiting van het Rak van Scheelhoek

Kabelbaanbedrijf

De werkzaamheden met de kabelbaan zijn voorspoedig verlopen. Medio april kon het blokkenstorten in de noordelijke helft van de dam worden beëindigd. Er waren toen 83.000 blokken gestort. Het zuidelijke deel van de betuingelingsdam was wat achter gebleven doordat de ondergrond, bestaande uit geklapt zand, er grotere zettingen onderging. Noodzaak om nog dag en nacht te werken was er echter niet meer, zodat werd overgeschakeld op enkel dagbedrijf. Op 1 mei was ook het zuidelijke deel geheel op hoogte gekomen. Er waren toen 92.905 blokken in de dam verwerkt.

Afdichting van de blokkendam

Het uiteindelijk grondlichaam van de dijk door het Rak van Scheelhoek is geprojecteerd aan de zeezijde van de betuingelingsdam. De blokkendam wordt daarom aan de rivierzijde zanddicht gemaakt. On-

der meer om experimentele redenen wordt de afdichting gerealiseerd met behulp van warm asfalt. Tot een hoogte van N.A.P. – 2 m wordt tegen de dam een banket gemaakt van grind tout-venant met een kruinbreedte van 15 m en een talud van 1 : 2. Op dit banket wordt vervolgens, tot N.A.P. + 1,65 m, een bekleding tegen de dam aangelegd van warm zandasfalt, eveneens onder een helling van 1 : 2, en met een kruin van 1 m breed. Het grind wordt met spijtbakken in het werk gevaren, en tegen de dam geklapt. Het profiel wordt afgewerkt door een drijvende kraan. Het zandasfalt wordt gefabriceerd op een terrein achter de buitenhaven, vanwaar het met auto's in een elevatorbak wordt gereden, en met een drijvende kraan in het werk gebracht. De werkzaamheden in verband met de afdichting hebben een aanvang genomen onmiddellijk na het gereedkomen van de blokkendam. 600 Van de 1100 meter waren per 1 juli afgewerkt; er was toen 218.000 ton grind tout-venant en 15.000 ton zandasfalt verwerkt.

Zandbedrijf

Bij het zandsputten voor de opbouw van het dijklichaam aan de zeezijde van de blokkendam, moest voorkomen worden dat er grote hoeveelheden zand voor de uitwater-

ringssluisen terecht kwamen, en aldus verloren zouden gaan. Vanuit het plateau achter het noordelijk landhoofd van de sluisen werd daartoe aan de zeezijde een 300 meter lange mijnsteendam uitgebouwd. Allereerst werd de bodem ter plaatse opgeklapt tot N.A.P. – 5 m; dat kostte 32.000 m³ zand. Het talud aan de zeezijde van dit zandlichaam werd afgedekt met zinkstukken met een totale oppervlakte van 27.000 m², zulks om uitschuring door naar de sluisen trekkende stroom te voorkomen. Daarna werd 25.000 ton mijnsteen opgeklapt tot N.A.P. – 2 m, en vervolgens met een drijvende kraan verder omhooggewerkt. Om deze mijnsteendam steun te geven is de bakkenzuiger 'Enkhuizen' in juni begonnen er zand achter te spuiten. Aan de rivierzijde wordt, met hetzelfde doel, over een lengte van 300 m naast de blokkendam een kade van zandasfalt gemaakt, aansluitend op de eerder achter het noordelijk landhoofd gemaakte glooiing. Het asfaltchip 'Jan Heijmans' was al tijdens de opbouw van de blokkendam bezig een onderwatertalud 1 : 5 aan te leggen tot N.A.P. – 2 m. Daarboven wordt het zandasfalt met kipauto's in het werk gebracht; een bulldozer schuift het uit, en een atlaskraantje werkt het af onder een beloop van 1 : 3. Op 1 juli was 100 m van deze dam gereed.

Voor het opspuiten van het dijklichaam en de aansluiting ervan op het strand en de duinen werden twee zandzuigers aangevoerd, de 'Gouda' en de 'Haringvliet'. Om de afsluiting zo vlug mogelijk te consolideren, wordt de dam in eerste aanleg opgespoten tot een hoogte van N.A.P. + 2,50 m, over een zodanige breedte dat vroegtijdig kan worden begonnen met de aanleg van de glooiing. De zandwinplaats ligt 1,5 tot 2 km ten oosten van het te maken werk. De zuigers zijn middels een drijvende leiding verbonden met de reeds op het strand aangelegde vaste leidingen. Begin juli was twee miljoen kubieke meter zand in het werk gebracht, waarmee het tot N.A.P. + 2,50 m opgebouwde lichaam een derde deel van het gat afsloot.

Secundaire weg ten zuiden van de uitwateringssluizen

De werkzaamheden aan de secundaire weg bestonden in de verslagperiode voornamelijk uit de afwerking van bermen en taluds en de bekleding er-

van met klei en teelaarde. De weg werd voorzien van markering in de vorm van verkeersstrepen, bermplanken en schrikhekken. Op 1 juli werd de weg tussen de uitwateringssluizen en de bestaande secundaire weg bij de zeedijk te Stellingendam voor de eerste maal opgeleverd.

Aarbeaan voor Rijksweg 57

Nadat het zandtransport naar dit weggedeelte was voltooid, is men begonnen het zandlichaam onder profiel te brenge en taluds en bermen te bekleden met teelaarde. Op de 30 m brede kruin komt later een wegverharding bestaande uit twee rijstroken van elk 11,25 m breed. Voorlopig werd, om verstuing tegen te gaan, over de kruin een laag teelaarde aangebracht van 10 cm. Ten behoeve van het landbouwverkeer zijn op maaiveldhoogte wegen en dammen langs deze arbebaan aangelegd. Het werk moest eind juni 1970 voor de eerste keer worden opgeleverd.

Werken bij de havenmond van Dirksland

In mei van dit jaar is men begonnen met de aanleg van een dijk op de Westplaat, die aan de ene kant moet aansluiten op de waterkering van de polder 'Goeree', en aan de andere kant op de bedijking van de

Zuiderdiepboezem. Deze dijk zal de laatste schakel vormen in de rij van waterkeringen aan de zuidzijde van het Haringvliet. Hij verbreekt de verbinding tussen de haven van Dirksland en het Haringvliet. Het dijklichaam zal bestaan uit een kern van zand, die wordt afgedekt met een kleilaag; op het beloop en de kruin aan de rivierzijde wordt die kleilaag 1 m dik, terwijl het beloop aan de binnenkant wordt afgedekt met 40 cm teelaarde, die ter plaatse van de dijk aan het maaiveld werd ontgraven. Het zandlichaam, waarvoor het materiaal werd gewonnen in het Haringvliet, is gereed gekomen. Thans is men bezig het buitentalud onder profiel te brengen, en het af te dekken met klei, teneinde zo spoedig mogelijk een voldoende waterkerende kade te verkrijgen. Zodra de haven van Dirksland in verbinding zal zijn gebracht met de Zuiderdiepboezem, is deze dijk namelijk medeverantwoordelijk voor de veiligheid van de Zuiderdiepboezem.

Volkerak

De afsluitdam in het Volkerak en de uitbreiding van het Hellegatsplein

Eind april was er voldoende zand geperst in de bovenbouw van het damlichaam door het Volkerak, en kon de zandwinning in het voormalige Hellegat worden beëindigd. De profileren van de belopen van de dam en de bekleding ervan met klei is thans reeds ver gevorderd. De uitbreiding aan de noordwestzijde van het Hellegatsplein is inmiddels voltooid. Nu daar het asfaltbeloop tot N.A.P. + 5 m is gereedgekomen, is het verwerken van asfalt op de belopen tot een einde gekomen. Op het damlichaam en op het plein worden nu asfaltwegen gemaakt. De onderbaan van zand-cementstabilisatie is gereed, en men mag verwachten dat de asfalterwerkzaamheden eind juli voltooid kunnen worden. Ook

Zandsputten bij de opbouw van het dijklichaam in het Rak van Scheelhoek



de aanleg van wegen voor langzaam verkeer wordt voortgezet. In verband met de slechte weersomstandigheden in het winterseizoen 1969-1970 en de grote hoeveelheid meer werk die de aannemer heeft opgedragen gekregen, is hem uitsluitend van eerste oplevering verleend tot 15 september 1970.

Deurenbergplaats met loswal en uitzichtplateau nabij het sluizencomplex

De afbouw van de deurenbergplaats en het uitzichtplateau is thans geheel voltooid. Er is voorts centrale verwarming aangebracht in de deurenbergplaats, en er zijn gelede aluminiumdeuren gemonteerd. Ook de overige resterende werkzaamheden, zoals het maken van remmingjukkens, enig grondwerk en het aanbrengen van een wegverharding, zijn gereed. Het gehele werk is op 24 juni voor de eerste maal opgeleverd en goedgekeurd.

Brouwershavensche Gat

Werk- en opslagterrein Schouwen

In het terrein werden kabels gelegd voor de energievoorziening van de draaischijf en de portaalkranen. Er werd een terreinverlichting aangelegd. Daarna werden de nog ontbrekende wegverhardingen aangebracht. Het terrein is nu zo goed als gereed voor de opslag van bij de sluiting te gebruiken betonblokken.

De aanleg van railbanen

Op de werkterreinen op Schouwen en op het damvak Middelpaats werden railbanen aangelegd voor de portaalkranen die daar te zijner tijd van dienst zullen zijn bij de verplaatsing van betonblokken. Er werden sleuven gegraven en met ballastmateriaal gevuld. Daarop werden houten dwarsliggers gelegd. Een aanvang werd gemaakt met de montage van de kraanrail op de dwarsliggers.

Damvak Springersdiep

De plaatsing van rijsschermen in het voorduin van de duindam werd voortgezet, teneinde het aanstuivende zand op de juiste plaats op te vangen. De kleibekleding werd met graszaad ingezaaid. Op de strook tussen de toekomstige autosnelweg en de parallelweg werd een beplanting van door-nige struiken aangebracht.

Verlenging van het damvak Kabbelaarsbank

Nadat de bekleding van de kop van het damvak op de Kabbelaarsbank was verwijderd en de kraagstukken opgenomen, werd meteen begonnen met de aanleg van een mijnsteenkade in oostelijke richting, waarvoor de uit de kop van het damvak vrijkomende mijnsteen werd gebruikt, aangevuld met materiaal uit depots en uit rechtstreekse aanvoer. Op 20 april werd het zuidelijk landhoofd geformeerd van het sluitgat Kous: drie eenheidscaissons werden geplaatst op een tevoren vlakgebaggerde filterconstructie, die bestond uit lagen fijn en grof grind. Het noordelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat werd daarmee begrensd tot een lengte van iets meer dan 907 meter.

Op 10 april werd begonnen met het persen van zand in de verlenging van het damvak. Het zand voor dit werk werd gewonnen in de ingang tot de werkhaven op de Kabbelaarsbank en in het ondiepe gedeelte van het afsluitingstracé, onmiddellijk ten noorden van het damvak. Het zuigerstort werd omringd door een kade van mijnsteen tot een hoogte van voorlopig N.A.P. + 2 m. In de tweede helft van juni kwam dit onderdeel van het werk gereed. Aan het noordwestelijke einde van het damvak Kabbelaarsbank is een krib uitgebouwd, bestaande uit een kern van mijnsteen, afgedekt met klassieke zinkstukken en een kap van stortsteen, die gepenetreerd werd met gietasfalt. Een begin werd gemaakt met het verdedigen van het onderwaterbeloop van de nieuwe dijkkop

met klassieke zinkstukken en zoolstukken. Zowel aan de zeezijde als aan de toekomstige meerzijde van het damvak werd een betonnen damwand aangebracht.

Noordelijk sluitgat

Alvorens met de werkzaamheden voor de vorming van het noordelijk sluitgat te beginnen werd een elektrisch verlicht raaienstelsel opgebouwd, met behulp waarvan de hoofdlijnen van de aan te brengen constructies kunnen worden bepaald. Om een egale grondslag te verkrijgen voor de aan te brengen verdedigingsconstructies werd de geulbodem vlak gebaggerd. Dit geschiedde in dag- en nachtdienst; de gewonen specie werd zoveel als doenlijk geklapt voor de duindam van Goeree.

De diepe gedeelten onder de drempel werden opgevuld met grind 2-5 mm. Aan de eigenlijke opbouw van de drempel kan pas begonnen worden nadat een gedeelte van de bodembescherming gereed is gekomen.

De asfaltbodembescherming, drie lagen asfaltmastiek van elk 8 cm dikte, wordt vanaf 12 mei aangebracht door het asfalschip 'Jan Heijmans'.

Het voor de asfaltmastiek benodigde zand wordt ontleend aan een depot in de buurt van het damvak Springersdiep; dit zand wordt droog in een elevatorbak geladen en door een op het asfalschip aanwezige kraan aan boord genomen; vulstof en bitumen worden uit langsrij gelegen aanvoerscheppen overgeslagen in de buffertanks. Aanvankelijk lag de weekproductie van de 'Jan Heijmans' laag; thans voldoet ze aan de verwachtingen.

Gelijktijdig met de aanleg van de asfaltbodembescherming wordt de verzwaarde rand aangebracht, die bestaat uit een onder water te penetreren steenbestorting.

Er is een begin gemaakt met het graven van de 'Hompelgeul', een nieuw te formeren onderdeel van de aanvaarroute voor de doorlaatcaissons. Dit werk wordt uitgevoerd door de Am-

sterdamsche Ballast Mij. Het zand dat hier gewonnen wordt zal later worden gebruikt voor de aanleg van wegen op Goeree-Overflakkee.

Zuidelijk sluitgat

In de verslagperiode werd een verhoging aangebracht op de drempel met stortsteen 60/300 kg en 300/1000 kg.

De vervaardiging van betonblokken

Door de grote restanten van het sluitingsbedrijf in het Haringvliet kan het aantal te fabriceren blokken worden verminderd met 50.000 stuks.

Oosterschelde

Werkhaven Schelphoek

In de verslagperiode werden aangevoerd en in depot opgeslagen of rechtstreeks met behulp van bakken naar het werk afgevoerd: 80.000 ton Duitse mijnsteen en 80.000 bossen rijshout.

Werkeiland Roggenplaat

Op 19 april, precies een jaar na de gunning, kon het werk voor de eerste maal worden opgeleverd. In de onderhoudsperiode werden nog enige kleine werkzaamheden verricht, zoals het inzaaien met graszaad van de kleiafdekkingen. Om de erosiebestendigheid van zandasfalt te beproeven werd, zoals in het vorige Bericht vermeld, in noordwestelijke richting vanaf het eiland een 30 m lange krib uigtebouwd, waarvan de kruin lag op N.A.P. + 1 m. Het zandasfalt waaruit deze krib was opgebouwd bevatte 97% plaatzand en 3% bitumen. De erosiebestendigheid van het materiaal valt enorm mee. Na ruim een kwartaal blijkt de slijtage ten gevolge van stroom

en golf buiten verwachting gering.

Werkeiland Neeltje Jans

Het werk werd op 18 maart opgedragen aan de aannemerscombinatie Van der Hoeven-Verstoep te Den Haag. Begin april werd een aanvang gemaakt met de werkzaamheden. De werkhaven aan de oostzijde van het eiland werd grotendeels door een cutterzuiger op diepte gebaggerd. De vrijkomende specie werd rechtstreeks in het werk geperst. In zandwinput I, aan de zeezijde van het te maken werk werden twee profielpersuigders ingezet. Per week wordt gemiddeld 250.000 m³ zand in het werk gebracht. Om het zand rechtstreeks in het werk te kunnen persen werden drie zinkerleidingen gelegd. Op het werkterrein van de werkhaven Schelphoek werden de stalen leidingen aaneengelast, en vandaar drijvend over water naar het werk getransporteerd. Bij wijze van proef rustte de aannemer één zuiger uit met een rubberen leiding van 59 cm doorsnee, die vanzelf blijft drijven. Er werden twee loswallen geplaatst, elk bestaande uit 6 eenheidsscaissons met opzetstukken. Begonnen is met het zetten van een betonglooiing op de noordelijke kop van hetwerkeiland.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

De lozingslus op Texel

De lozingslus op Texel bij het gemaal De Schans, even ten zuiden van Oudeschildt, komt in juli 1970 geheel gereed. Het werk is vrijwel geheel uitgevoerd overeenkomstig het bestek. Daar het zich laat aanzien dat de op dit werk aansluitende dijkwerken pas over drie jaar in uitvoering komen, is de grindasfaltbetonnen dijkbekleding ter plaatse provisioneel afgedekt met een 8 cm dikke laag grof dicht asfaltbeton.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

Het dijkvak ter plaatse van het sluitgat is in de verslagperiode geheel gereed gekomen. De kleibekledingen op de binnenbermen en het binnendijsbehoor werd aangebracht en ingezaaid. De doorgaande weg over de binnenberm werd voltooid.

Het weggedeelte Hoek van de Bant-Anjum, een deel van de provinciale weg van Lauwersoog naar Dokkum, kon voor het verkeer worden opengesteld; de afwerking ervan is vrijwel voltooid.

De geulen naar Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen, de Zoutkamperril en het Dokkumerdiep, werden uitgebaggerd. De aanpassingswerken aan de Friese sluis te Zoutkamp zijn vrijwel voltooid. Met die aan de oude sluizen te Dokkumer Nieuwe Zijlen zal weldra worden aangevangen.

Op de drooggevallen gronden is een begin gemaakt met de ontwatering door het trekken van greppels. Tevens zijn langs de geulen in verscheidene proefvakken riet en biezen uitgezet. Van de oude landaanwinningswerken werden de paaldammen opgeruimd. Aan de binnenzijde van de dijk worden de oude bouwputdijken geslecht en de terreinen geëgaliseerd. De plannen voor het maken van definitieve voorzieningen ten behoeve van de veerdienst op Schiermonnikoog en voor de inrichting van de vissershaven zijn gereed. Met de uitvoering zal binnen niet al te lange tijd een begin worden gemaakt. Inmiddels is al wel begonnen aan de uitbreiding van de toekomstige vissershaven en met de aanleg van een weg vanaf de schutsluis in oostelijke richting, naar de Marnewaard. Enkele voorzieningen werden getroffen voor het aanleggen en lossen van vissersschepen; daar wordt al een druk gebruik van gemaakt.

Bij de tijdelijke steiger van het veer op Schiermonnikoog werd een voorlopige parkeerplaats voor 300 auto's aangelegd.

Opgave van bestede en gegunde bestekken en gesloten onderhandse overeenkomsten

A. Gegunde openbaar aanbestede bestekken

XI-1967 1967

Verbetering Lekdijk te Lekkerkerk tussen hmp 95,50 en 99,00.
Aannemingssom: f 925.300,-
Aannemer: N.V. Expl. en Aann. mij. A. C. M. te H. I. Ambacht

XII-1967 1967

Verbetering Lekdijk te Bergambacht tussen hmp 91,50 en 95,50

II-1969 1969

Verbetering Noorddijk tussen dp. 139 en 140-zandaanvulling binnenzijde dijk.
Aannemingssom: f 91.980,-
Aannemer: N.V. v/h J. M. Dekker te Papendrecht

III-1969 1969

Verbetering van de Lekdijk te Bergambacht tussen hmp. 57,85 en 59,80
Aannemingssom: f 141.900,-
Aannemer: N.V. Expl. en Aann. mij. A. C. M. te H. I. Ambacht

VIII-1969 1969

Wijziging afwatering van de polder Nieuwland en Noordland t.b.v. aanleg waterkering te Hoek van Holland
Aannemingssom: f 24.100,-
Aannemer: N.V. mach. fabriek Spaans te Hoofddorp

B. Gesloten onderhandse overeenkomsten

IV-1969 1969

Afdamming van de havens van Heerjansdam, Develsluis en van de Uilenvliet c.a.
Aannemingssom: f 1.423.816,-
Aannemer: v/h Fa. D. Monshouwer te Heerjansdam

I-1970 1969

Aanleg hevelleiding t.p.v. de Krimsloot t.b.v. aanleg waterkering te Hoek van Holland
Aannemingssom: f 85.900,-
Aannemer: Fa. Kuiper en Leeuwenkamp te Monster
Aannemingssom: f 96.500,-
Havenbedr. Vlaardingen-O. te Vlaardingen

IX-1969 1969

Verbetering Lekdijk in de bebouwde kom te Streefkerk tussen dp. 197,40 en 197,14
Aannemingssom: f 24.150,-
Aannemer: N.V. Versluys en Zn. te Bodegraven
Aannemingssom: f 87.150,-
Aannemer: Fa. J. de Nuik te Hardinxveld

DED-1008b 22 oktober 1969

Tot wijziging van bestek nr. DED-1008, dienst 1968-1969, eerder gewijzigd bij overeenkomst nr. DED-1008a van 15

juli 1969, voor het aanbrengen van grindbestorting langs de noordelijke oever van Noord-Beveland

Aannemingssom: verhoogd tot f 1 971 000,-

Aannemer: Aannemingsbedrijf Oosterwijk N.V. te Rotterdam

DED-1106 28 oktober 1969

Het uitvoeren van asfaltpenetraties in stortsteen te Kats, ten behoeve van het verrichten van zettings- en wrijvingsproeven
Aannemingssom: f 75 688,34
Aannemer: Bitumarin N.V. te Zaltbommel

DED-1120 23 oktober 1969

Het maken van een afsluitdam in het Volkerak en het uitbreiden van het Hellegatsplein c.a. met bijkomende werken in de gemeente Willemstad
Aannemingssom: f 17 732 000,- (hierin begrepen f 340 000,- voor overeenk. DED-1175)
Aannemer: Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld

DED-1127 24 november 1969

De aan- en verkoop van een transformatorgebouwtje met laagspanningsruimte op het plateau Voorne onder de gemeente Hellevoetsluis
Aannemingssom: f 12 250,-
Aannemer: N.V. Nestum te 's-Gravenhage

DED-1136 17 december 1969

Het lossen en opschelven van rijksmaterialen

Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Aannemerscombi-
natie Zinkwerken te Gorinchem

DED-1140 10 november 1969

Het vervoeren, lossen en in
depot opslaan van mijnsteen
ten behoeve van de afsluiting
van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Aannemingsbedrijf
Oosterwijk N.V. te Rotterdam

DED-1155 21 augustus 1969

Het leveren van betonartikelen
ten behoeve van het damvak
door het Springersdiep
Aannemingssom: f 40 641,-
Aannemer: N.V. Betonfabriek
'Haringman' te Goes

DED-1158 23 oktober 1969

Het vervaardigen en leveren
van polypropreenmatten ten
behoefte van bezinkingen voor
de Deltawerken
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Tapijtfabriek Robusta
V.O.F. te Genemuiden

DED-1169 8 september 1969

Het vervaardigen en leveren
van houten schotten en balken
ten behoeve van de afsluiting
van het Volkerak
Aannemingssom: f 42 500,-
Aannemer: N.V. Tilburgsche
Houtcentrale te Tilburg

DED-1170 8 oktober 1969

Het vervaardigen en leveren
van polypropreenbandweefsel
met rietmatten ten behoeve van
de afsluiting van het Haringvliet
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: N.V. Rietindustrie
'Gouderak' te Gouderak

DED-1172 28 augustus 1969

Het maken van een steiger en
proppen nabij het 'plateau
Voorne' in het Haringvliet in
de gemeente Hellevoetsluis
Aannemingssom: f 52 500,-
Aannemer: A. van der Hoek
te Oostvoorne

DED-1175 23 oktober 1969

Het aanbrengen van een kade
van zandafsluit in het Volkerak

Aannemingssom: zie overeen-
komst nr. DED-1120
Aannemer: Bitumarin N.V. te
Zaltbommel

DED-1177 16 september 1969

Het schilderen van diverse on-
derdelen in het spuisluizen-
complex in het Haringvliet
Aannemingssom: f 35 083,-
Aannemer: N.V. Schildersbedrijf
J. Th. Mansveld en Zonen te
Utrecht

DED-1183 2 oktober 1969

Het vervaardigen en leveren
van onderdelen voor draag-
jukken
Aannemingssom: f 30 100,-
Aannemer: N.V. Staalconstructie
Apparatenbouw en Scheeps-
reparatiebedrijf 'Hellevoet' te
Hellevoetsluis

DED-1184 28 augustus 1969

Tot huur en verhuur van een
landbouwschuur te Scharen-
dijke ten behoeve van de op-
slag van materieel voor de
Deltawerken
Aannemingssom: f 250,- per jaar
Aannemer: M. de Jonge te
Scharendijke

DED-1185 29 oktober 1969

Het leveren van fosforslakken
ten behoeve van de oeverver-
dediging langs de Noord-Beve-
landse oever
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Pelt & Hooykaas
N.V. te Rotterdam

DED-1188 23 september 1969

Het leveren en overslaan van
grind tout venant ten behoeve
van het werkeiland Roggenplaat
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Utroma N.V. te
Arnhem

DED-1189 7 oktober 1969

De levering van mijnsteen ten
behoefte van de afsluiting van
het Volkerak te Willemstad
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Aannemingsbedrijf
Oosterwijk N.V. te Rotterdam

DED-1190 29 september 1969

Aan- en verkoop van een hou-
ten keet met inventaris staande

bij de werkhaven Sophia in
de gemeente Wissenkerke
Aannemingssom: f 6500,-
Aannemer: Dirk Verstoep Ne-
derland N.V. te 's-Gravenhage

DED-1191 23 oktober 1969

Het vervaardigen en leveren
van stortbalken en hijshaken
ten behoeve van de kabelbaan
Haringvliet
Aannemingssom: f 104 704,-
Aannemer: Machinefabriek
W. Busscher te 's-Gravenhage

DED-1192 17 oktober 1969

Het hydraulisch bedienbaar ma-
ken van dertien stortbalken ten
behoefte van kabelbaan
Haringvliet
Aannemingssom: f 107 500,-
Aannemer: Kracht Hydrauliek
N.V. te Rotterdam

DED-1196 20 oktober 1969

Het verrichten van werkzaam-
heden voor het onderzoek van
grondmonsters
Aannemingssom: verrekenprijs
Aannemer: Bedrijfslaboratorium
voor grond- en gewasonderzoek
te Oosterbeek

DED 1222 16 oktober 1969

Het vervaardigen en leveren
van twee meetpalen
Aannemingssom: f 91 590,-
Aannemer: Havehasta Fabrieken
N.V. te Stadskanaal

DED-1223 16 oktober 1969

Het verrichten van onderhouds-
werkzaamheden, leveringen en
vernieuwingen aan het motor-
schip 'Springer' van de Delta-
dienst
Aannemingssom: f 54 363,45
Aannemer: Scheepswerf Gebr.
Akerboom N.V. te Leiden

DED-1224 10 november 1969

Het vervaardigen en leveren
van een gecombineerde hijs-,
boor- en pulslier
Aannemingssom: f 12 500,-
Aannemer: Machinefabriek A. J.
Sas te Gouda

DED-1225 13 januari 1970

Het vervoeren en lossen in een
waterdepot van mijnsteen ten
behoefte van de afsluiting van
het Haringvliet
Aannemingssom: eenheids-
prijzen

Aannemer: 'Utroma' N.V. te Arnhem

DED-1227 30 oktober 1969

Het aanbrengen van een bescherm laag van kunststof op het wegdek van het viaduct over de Volkeraksluizen, gelegen in de gemeente Willemstad
Aannemingssom: f 69 370,-
Aannemer: N.V. Batec te Hoofddorp

DED-1228 2 december 1969

Het vervaardigen en leveren van constructiestaal ten behoeve van de landhoofdcaissons Volkerak
Aannemingssom: f 10 900,-
Aannemer: Smederij-Metaalconstructiebedrijf P. de Klerk & Zn. C.V. te Klundert

DED-1230 5 november 1969

Het verrichten van onderhoudswerkzaamheden aan de motorvlet 'Hawk' van de Deltadienst
Aannemingssom: f 14 012,75
Aannemer: Gebr. Osterholt's Motoren- en Machinefabriek N.V. te Schiedam

DED-1232 12 september 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: J. A. van Kasteren te St. Michielsgestel

DED-1234 19 september 1969

Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: P. C. Klein te Willemstad

DED-1235 23 september 1969

Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. W. van Wijn-
gaarden te Sliedrecht

DED-1236 19 september 1969

Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: P. C. Klein te Willemstad

DED-1237 19 september 1969

Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1238 23 september 1969

Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. W. van Wijn-
gaarden te Sliedrecht

DED-1239 22 september 1969

Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. Kraayeveld's Aannemings- en Handel-
sonder-neming te Barendrecht

DED-1241 14 oktober 1969

Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1242 14 oktober 1969

Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. A. J. van Loon te Drimmelen

DED-1245 4 februari 1970

Voor het ter beschikking stellen van bergingsvaartuigen ten behoeve van het verrichten van metingen in de wateren van Z.W.-Nederland en in het aangrenzende kustgebied
Aannemingssom: verrekenprijs
Aannemer: W. A. van den Tak's Bergingsbedrijf N.V. te Rotterdam

DED-1246 10 november 1969

Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. A. J. van Loon te Drimmelen

DED-1247 11 november 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. Gebr. Hakkers te Werkendam

DED-1248 13 november 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1259 22 december 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1260 22 december 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. J. A. de Ruiter C.V. te Hardinxveld-Giessendam

DED-1261 22 december 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: P. C. Klein te Willemstad

DED-1262 22 december 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. A. J. van Loon te Drimmelen

DED-1263 22 december 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen

Aannemer: Fa. Gebr. Dubbelman Bzn. te Lage Zwaluwe

DED-1264 22 december 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. Jan de Jong Bzn. te Sliedrecht

DED-1265 22 december 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. W. van Wijn- gaarden te Sliedrecht

DED-1266 22 december 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. W. van Wijn- gaarden te Sliedrecht

DED-1267 22 december 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: N.V. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld- Giessendam

DED-1268 22 december 1969

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Fa. J. de Ruiters C.V. te Hardinxveld-Giessendam

BR-4639 30 december 1969

Het bedrijfsvaardig opstellen van een kabelbaan over het Haringvliet met bijkomende werken
Aannemingssom: f 2 869 690,-
Aannemer: De Groot Zwijn- drecht N.V. te Zwijndrecht

BR-4721 12 augustus 1969

Het vervaardigen en bedrijfs- vaardig opstellen van zestien auto-moteurs met bijbehorende aandrijving c.a. ten behoeve van de kabelbaan Brouwers- havensche Gat
Aannemingssom f 5 933 740,-
Aannemer: Lubbers' Construc- tiewerkplaats en Machinefabriek 'Hollandia' N.V. te Krimpen a/d IJssel

BR-4851 4 juli 1969

Het leveren van tonlagers ten behoeve van de kabelschijven van de kabelbaan Haringvliet
Aannemingssom: f 10 512,-
Aannemer: S.K.F. Nederland N.V. te Veenendaal

BR-4865 1 juli 1969

Het vervaardigen en leveren van 288 schuiven c.a. ten be- hoeve van de doorlaatcaissons Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: f 535 680,-
Aannemer: N.V. Machinefabriek 'Deventer' te Deventer

BR-4873 17 september 1969

Het vervaardigen en leveren van verankering c.a. ten be- hoeve van afsluiting Haringvliet. Derde gedeelte binnenhaven. Plaat van Scheelhoek
Aannemingssom: f 10 224,-
Aannemer: Machinefabriek en Constructiewerkplaats Nassette en Zoon te Amsterdam

BR-4895 19 september 1969

Het vervaardigen en leveren van stalen onderdelen ten be- hoeve van de caissons Brou- wershavensche Gat, sluitgat Kous
Aannemingssom f 35 200,-
Aannemer: Smederij-Metaalcon- structiebedrijf P. de Klerk en Zn. C.V. te Klundert

BR-4391 17 oktober 1969

Het vervaardigen en leveren van 4 stuks pyloonkoppen c.a. alsmede het bedrijfsvaardig op- stellen van 2 stuks pyloonkoppen ten behoeve van de kabelbaan Brouwershavensche Gat
Aannemingssom: f 354 270,-
Aannemer: De Groot Zwijn- drecht N.V. te Zwijndrecht

BR-5031 12 december 1969

Het vervaardigen en leveren van een ponton met loopbrug- gen c.a. ten behoeve van werk- eiland Roggenplaat (Afsluiting Oosterschelde)
Aannemingssom: f 35 287,-
Aannemer: 'Hoja' Fabrieken N.V. te Aalst

BR-5045 13 november 1969

Het leveren en plaatsen van een Romneyloods
Aannemingssom: f 18 250,-
Aannemer: Firma C. Smits te Apeldoorn

BR-5064 8 december 1969

Het vervaardigen en leveren van 25 lichtmasten ten behoeve van de afsluitingswerken in het Volkerak. (verlichting damvak over de Hellegatsplaat)
Aannemingssom: f 20 900,-
Aannemer: Van Rietschoten & Houwens Electrotechnische Mij. N.V. te Rotterdam

Verantwoording van de foto's

Hofmeester 135 137 159 162
Rijkswaterstaat 121 122 123 129 130 141
142 143 150 154

Inhoud

De beveiliging van het noordelijk Deltabekken

Voorspel 172

Het ontwerp van de afdamming van het
Haringvliet 179

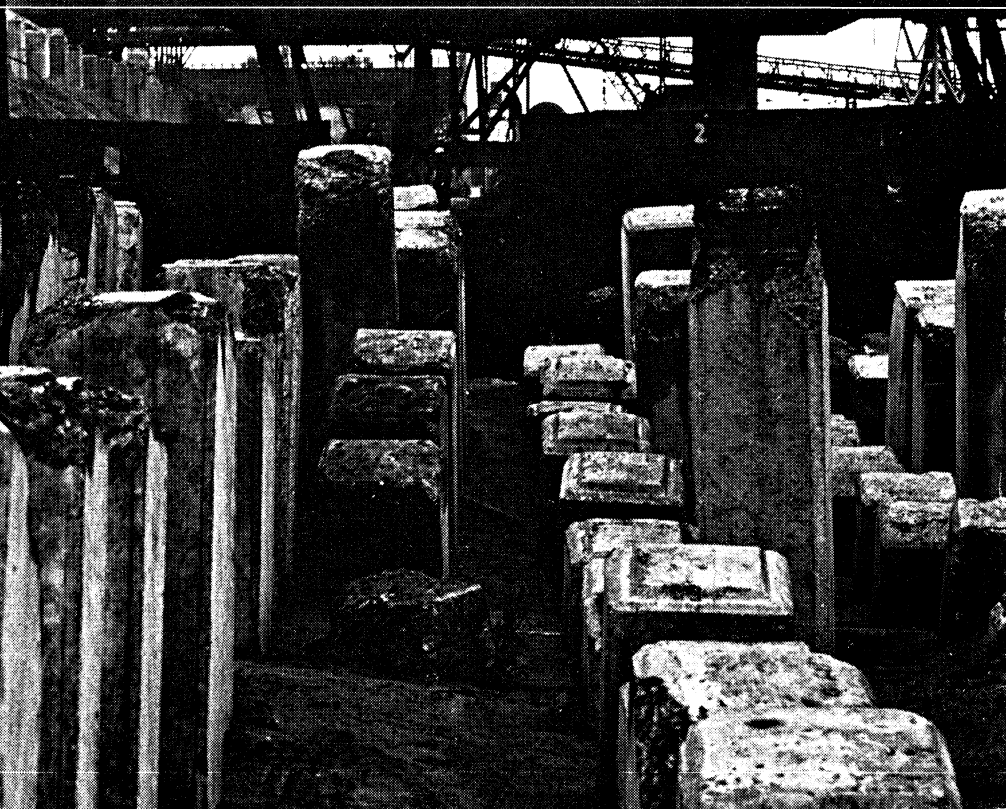
Het ontwerp van de uitwateringssluizen 182

De uitvoering van de werken in het
Haringvliet 194

De hydrografische aanpassing van het
noordelijk bekken 199

De gevolgen van de afsluiting van het
Haringvliet voor het mondingsgebied en
de aansluitende kust 203

Vorderingen 212



De beveiliging van het noordelijk Deltabekken

Het ontwerp en de uitvoering van de werken tot afsluiting van het Haringvliet hebben een periode van ruim vijftien jaren in beslag genomen. Gedurende die tijd zijn in de Driemaandelijke Berichten van de Deltadienst regelmatig artikelen verschenen over vrijwel alle aspecten en onderdelen van het ontwerp en van de bouw, terwijl daarnaast steeds de vorderingen van de werken werden meegedeeld. De geregelde lezer van het Driemaandelijks Bericht zou zich dus over dit werk voldoende ingelicht kunnen achten. Wie echter alles wat de Berichten over de afsluiting van het Haringvliet hebben vermeld achter elkaar leest, kan zich daaruit toch moeilijk een samenhangend beeld vormen; de artikelen hebben ook nooit beoogd een algemeen overzicht te geven.

Bovendien is in de tijd die verstreken is sedert met de voorbereidende werkzaamheden voor de Haringvlietsluiting werd begonnen, een nieuwe generatie opgegroeid, waaronder belangstelling is gewekt voor de grote afsluitingswerken in het Deltagebied, maar die destijds nog te jong was om van de beginfase van deze werken kennis te nemen.

Het leek daarom zinrijk om, nu het belangrijkste deel van de Deltawerken is voltooid en de grote uitwateringssluizen op 2 november jongstleden door de minister van Verkeer en Waterstaat officieel in gebruik zijn gesteld, een aflevering van het Driemaandelijks Bericht uitsluitend aan dit werk te wijden, en te trachten daarin een overzicht te geven over het gehele werk in zijn samenhang, en de betekenis ervan voor de waterstaatkundige basisstructuur van het Deltagebied te schetsen.

Voorspel

Met de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet, twee werken die als een min of meer samenhangend complex kunnen worden beschouwd en die dan ook wat hun uitvoering betreft in de tijd op elkaar waren afgestemd, is een belangrijke fase van het Deltaplan beëindigd. Door de in 1969 gereedgekomen Volkerakdam is het noordelijk gedeelte van de Rijn-Maas-Schelde-delta voorgoed van de rest van de delta afgescheiden. Het gehele Deltagebied valt thans uiteen in drie gedeelten met ieder een eigen karakter: het nog tamelijk ongebreidelde Schelde-estuarium in het zuiden; een middengedeelte met zeer brede en diepe zeegaten, dat thans nog in hoge mate ten prooi is aan het spel van de getijstroom, doch dat binnenkort geheel van de zee zal zijn afgesloten; en ten slotte het noordelijk Deltabekken, de eigenlijke Rijn-Maasdelta, met een ingewikkeld vertakt stelsel van merendeels tamelijk smalle rivierarmen. De ontwikkeling van de structuur van de Delta die tenslotte tot deze driedeling heeft geleid, heeft een aantal eeuwen in beslag genomen. Beschouwt men een kaart van omstreeks 1300, dan is de aanzet van deze uiteindelijke structuur nog nauwelijks in het chaotische beeld van grillig verspreide eilanden en eilandjes te bespeuren. Sindsdien is het beeld echter sterk vereenvoudigd. Vele eilandjes zijn samengevoegd tot grotere eenheden en evenzo hebben de wateren zich tot grotere aaneengesloten partijen ontwikkeld. Men moet de invloed van de menselijke hand in deze hydrografische gedaanteverandering niet overschatten, hoezeer men ook geneigd zou zijn de vereenvoudiging en duidelijker door-tekening van de Deltastructuur aan kunstmatige ingrepen toe te schrijven. De mens

heeft hier niet bewust gestreefd naar een bepaalde, eenvoudige figuratie, doch met zijn toentertijd nog betrekkelijk beperkte middelen slechts hier en daar modificaties kunnen aanbrengen waar de natuur hem daartoe de gelegenheid bood. De menselijke ingrepen, meestal bedijkingen van tot voldoende hoogte aangeslibd land, moesten in hoge mate parallel lopen met de hydrografische ontwikkelingen zoals die zich langs natuurlijke weg voltrokken.

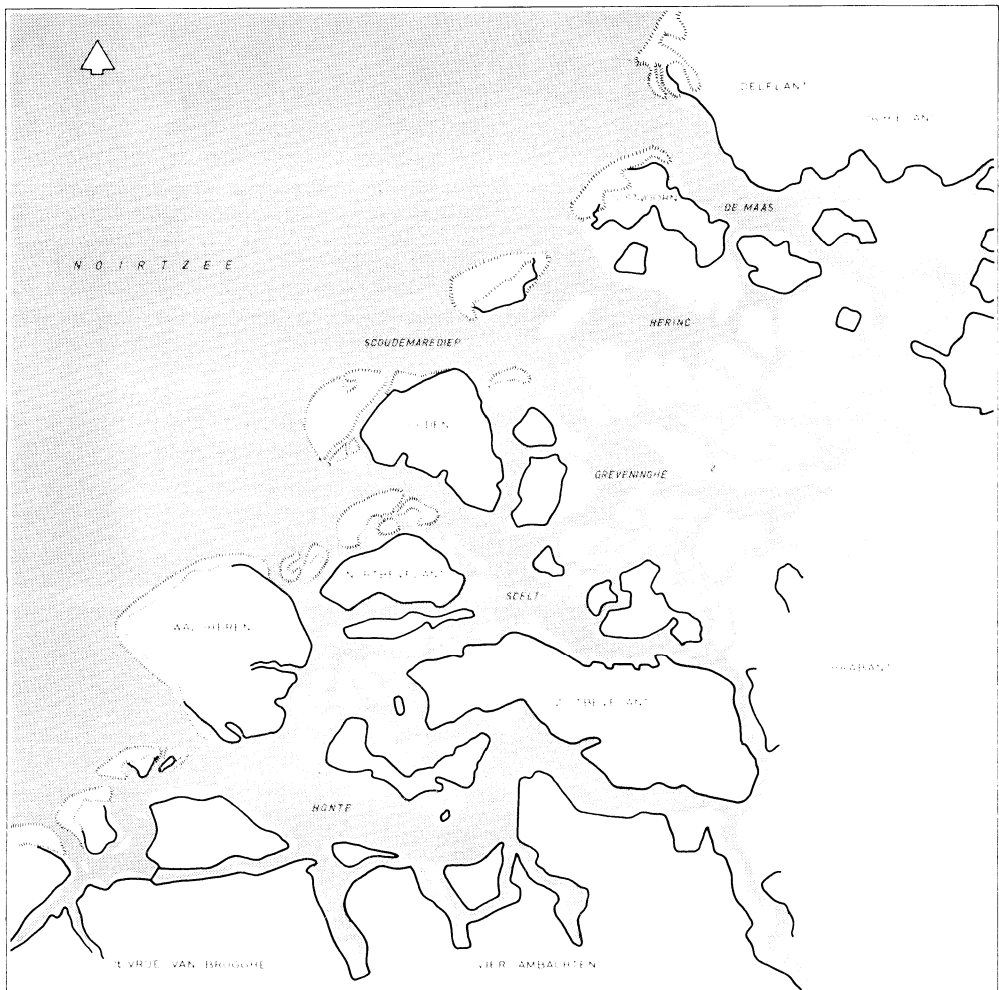
Zo kon de eilandsamenvoeging Goeree-Overflakkee, die men nu wel als eerste aanzet tot de latere scheiding van noordelijk en zuidelijk Deltabekken mag zien, slechts tot stand komen doordat de geulen tussen de verschillende eilanden waaruit Goeree-Overflakkee is opgebouwd, geleidelijk dicht-slibden. In het zuiden van de Delta werd de scheiding tussen Ooster- en Westerschelde, die aan het einde van de vorige eeuw door de afdamming van het Sloe en het Kreekrak tot stand kwam, vergemakkelijkt doordat het vermogen van deze twee waterlopen door natuurlijke verzanding en verslibbing sterk achteruit was gegaan.

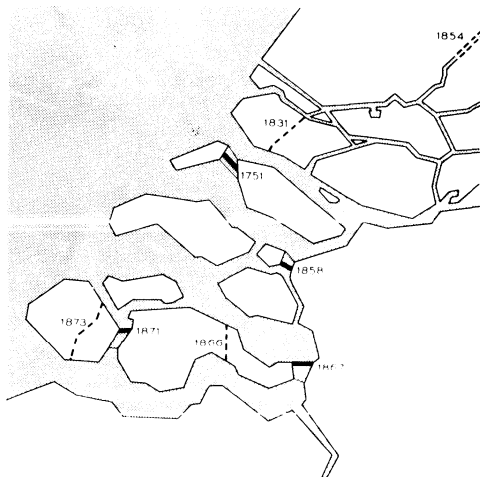
Er had zich zo in de loop der tijden een betrekkelijk evenwichtig, in een aantal grote eenheden geleed systeem ontwikkeld. Naarmate deze eenvoudige structuur zich begon door te zetten werd het ook moeilijker voor de mens daar nog belangrijke veranderingen in aan te brengen. Slechts met zeer krachtige maatregelen zou het nog mogelijk zijn een ingreep te doen, die dan zeker gewelddadig zou ingaan tegen het karakter van het systeem.

Het Deltagebied had zijn natuurlijke afsluiting ongeveer gevonden. Verdere ontwikkeling, in die zin dat er, evenals in het zuiden, door aanzanding vereenvoudigingen in het stelsel zouden optreden, met name dat er door verzanding van het Volkerak een gemakkelijke scheiding tussen het midden en het noorden van de Delta tot stand zou kunnen worden gebracht, was niet te verwachten. Zo'n ontwikkeling zou zeker niet door de natuur worden bevorderd en ook de mens streefde een dergelijke scheiding niet na. Integendeel, nog in 1931 bevorderde men terwille van de scheepvaart naar en van het zuiden de stabiliteit en de diepte van het Hellegat, door er een stroomgeleidende dam in aan te leggen. Hoewel de afsluiting van het Sloe en van het Kreekrak in het zuiden dus een soortgelijke functie had in de hydrografische ontwikkeling van het Deltagebied als de latere afsluiting van het Volkerak in het noorden, is de afsluiting van het Volkerak waterstaatstechnisch

gezien een gebeurtenis geweest van een heel andere orde. De 'gewelddadige amputatie' van het Volkerak heeft op het getijregime in de aan weerszijden aansluitende wateren dan ook een veel ingrijpendere uitwerking gehad dan de scheiding van de Ooster- en Westerschelde. In het zuiden zullen de gevolgen van de Volkeraksluiting nog wel merkbaar blijven tot de Oosterschelde is afgesloten.

De repercussies van de afsluiting van het Volkerak op het getijregime van het noordelijk bekken zijn daarentegen slechts van zeer tijdelijke aard geweest. Het effect ervan is nietig vergeleken bij wat thans door de afsluiting van het Haringvliet is bewerkstelligd. In het voorgaande is gesteld – en in zijn algemeenheid was dat juist – dat de menselijke activiteit voor wat betreft de structuur-in-





hoofdpijnen van het Deltagebied slechts van gering belang kon zijn in verhouding tot de natuurlijke invloeden. In het noordelijk gedeelte van de Delta, met zijn minder krachtig ontwikkelde waterlopen, die meer het karakter van riviertakken dan van zeearmen hebben, kon het menselijk ingrijpen zich echter krachtiger doen gelden. De waterbouwkundigen hebben zich reeds in de vorige eeuw met belangrijke modificaties en verbeteringen van het waterloopkundige stelsel in dit gebied beziggehouden. We willen in dit verband verwijzen naar de 'Consideratiën' van Christiaan Brunings, waarin hij reeds in 1804 aandrang op de systematische verbetering van de stroombanen van Maas en Waal.

Te beginnen met deze vroegere studies en werken is het inzicht in het ingewikkelde stelsel van de noordelijke getijrivieren geleidelijk gerijpt, totdat de kennis op dit gebied in de laatste decennia met sprongen vooruit is gegaan.

De eerste belangrijke ingreep die van grote invloed zou zijn op het getijregime en de stroomverdeling in het rivierenstelsel van het noordelijk Deltabekken, was het graven van de Nieuwe Waterweg, die de oude verbinding van de noordelijkste Rijnarm met de zee, via de Brielse Maas, door een kortere doorsteek naar Hoek van Holland zou vervangen.

Met de aanleg van de geleidedammen in zee bij Hoek van Holland werd in 1863 begonnen, met de eigenlijke doorgraving in 1866, terwijl het Scheur – de vroegere verbinding met de Oude-Maasmond – in 1879 werd afgesloten.

De uitvoering van dit werk ging gepaard met veel moeilijkheden en teleurstellingen, voornamelijk door de grote aanzandingen tussen

de hoofden. Met baggeren alleen kon – toentertijd – niet voldoende worden bereikt. Pas in 1907 trad een meer bevredigende toestand in doordat men het vaarwater tussen de hoofden met lage dwarsdammen vernauwde.

Dit gedurfd werk was zijn tijd eigenlijk vooruit. Voor het eerst werden hier op grote schaal baggerwerken uitgevoerd in een riviermond aan zee, en voor het eerst werd men geconfronteerd met de ingewikkelde waterloopkundige verschijnselen die optreden waar zoet rivierwater en zout zeewater elkaar ontmoeten. De gestaag toenemende scheepsafmetingen stelden bovendien ook steeds verder gaande eisen aan de bevaarbaarheid en in het bijzonder aan de diepte van de nieuwe vaarweg; de ingenieurs werden doorlopend voor nieuwe problemen gesteld. De Nieuwe Waterweg is dan ook een belangrijke leerschool geweest voor de Nederlandse waterbouwkundigen en bestudering ervan heeft een belangrijke bijdrage geleverd tot de kennis van getijstromen en de daarmee gepaard gaande zandverplaatsingen in een gemengd zout-zoet milieu.

Als volgende belangrijke ingreep in het noordelijk bekken moet het graven van de Nieuwe Merwede worden genoemd. Dit werk beoogde de afvoer van rivierwater door de verwilderde Biesbosch te verbeteren. Deze belangrijke nieuwe rivierarm werd in de periode 1851–1885 gevormd door het verruimen en met elkander verbinden van een aantal bestaande killen.

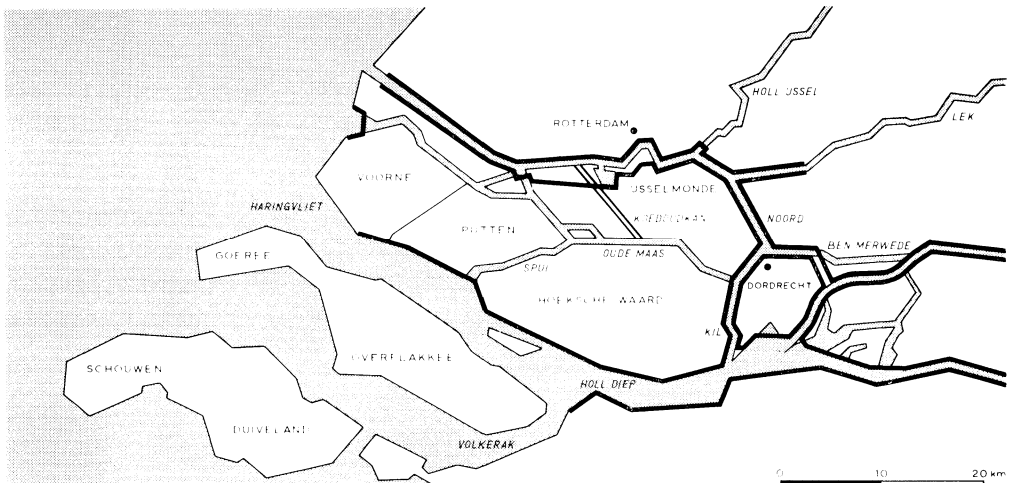
Iets later werd de scheiding van Maas en Waal voltrokken. Dit werk omvatte het graven van de Bergse Maas, normalisatie van de Amer, verruiming van het Heusdens kanaal,

1 Het vier-eilandenplan van 1938

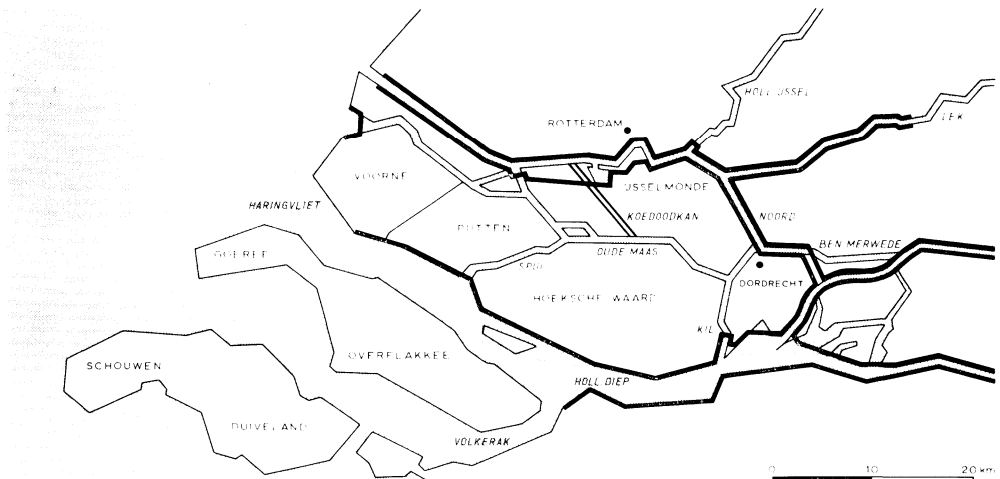
2 Het vijf-eilandenplan van 1942

sluiting van de Heerewaardense overlaten, verhoging van de Waaldijken, afsluiting van de Maas bij Andel en voorzieningen voor de afwatering van Noord-Brabant. De uitvoering van dit vrij omvangrijke en complexe werk nam de jaren 1888–1907 in beslag. Vervolgens kunnen worden vermeld de werken tot verbetering van de Oude Maas, ten behoeve van de zeescheepvaart op Dordrecht. Deze rivierarm werd in de jaren 1925–1929 in belangrijke mate verruimd en ook overigens verbeterd, terwijl in aansluiting op deze werken de Krabbegeul werd gegraven, die de verbinding vormt tussen de Oude Maas en de zeehaven van Dordrecht. Het laatste belangrijke verbeteringswerk in het noordelijk Deltabekken dat in de periode vóór de Tweede Wereldoorlog tot uitvoering kwam,

1



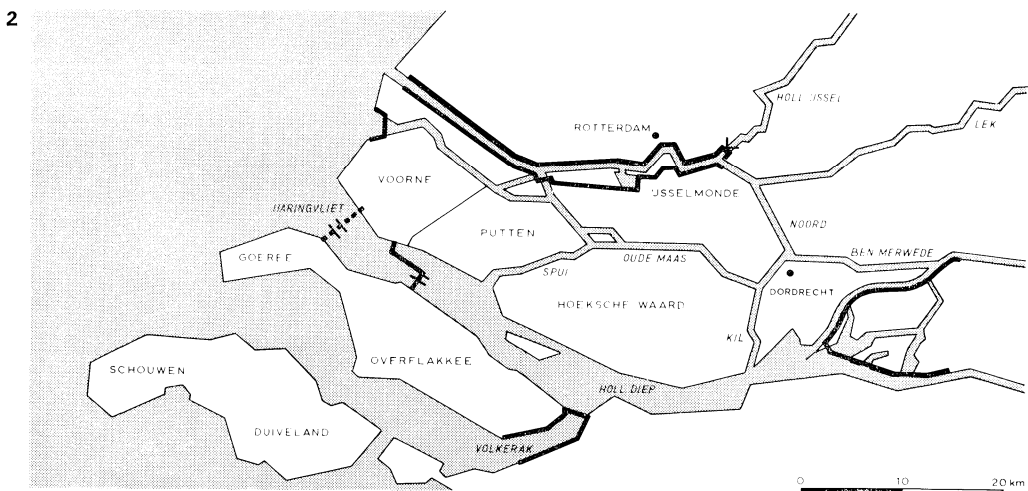
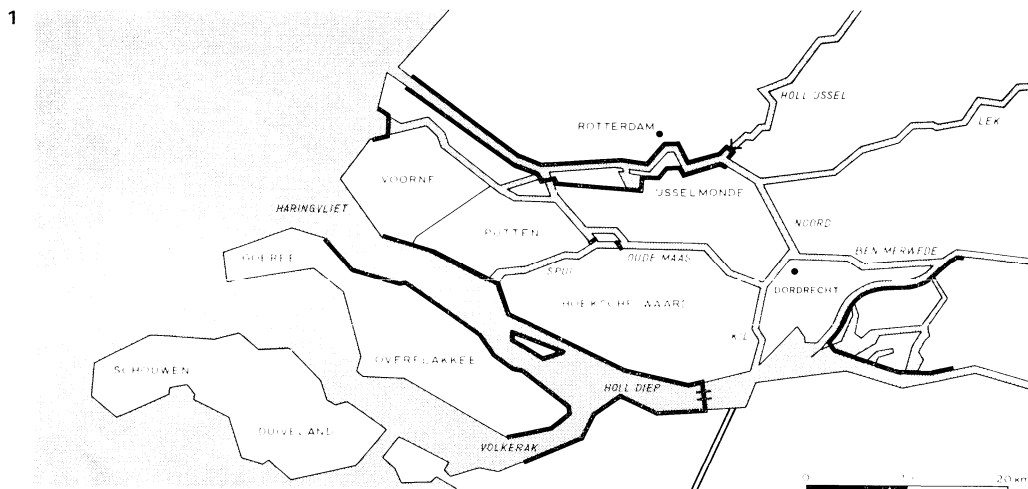
2

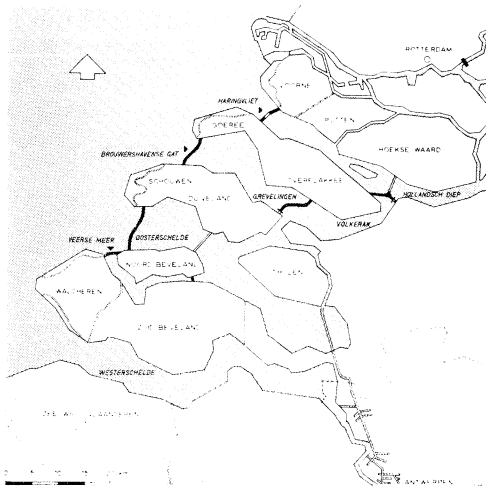


was de reeds genoemde leidam in het Helle-
gat, die stabilisering beoogde van de scheep-
vaartgeul die de verbinding vormde tussen
Hollands Diep en Volkerak. De dam kwam in
1931 gereed; en ook het ontwerp van deze
dam vereiste grondige studie.

Omtrent dezelfde tijd begint de meer syste-
matische verzameling en bestudering van de
getijbeweging en de daarmee verband hou-
dende verschijnselen, zoals het zandtransport
in rivieren, getijgeulen en zeegaten. Men be-
gon daardoor een veel beter inzicht te krijgen
in deze moeilijke vraagstukken. Op basis van
deze studies werden de eerste verstrekkende
plannen opgemaakt tot verdere ingrijpende
verbeteringen in het rivierenstelsel van het
noordelijk Deltabekken. Daarbij werden
evenals later bij het Deltaplan – reeds als

- 1 Plan met stuw bij Klundert (1950)
- 2 Plan met stuw bij Hellevoetsluis (1952)
- 3 Het Deltaplan





voornaamste doelstellingen nagestreefd een veiliger situatie met het oog op stormvloed en een betere bescherming tegen zoutpenetratie vanuit zee. De gedachten begonnen uit te gaan naar een verkorting van de totale lengte der zeeweringen en rivierdijken door samenvoeging van eilanden.

Een eerste benadering volgens deze nieuwe lijn wordt gevonden in het zogenaamde Vier-eilandenplan van 1938, dat de samenvoeging beoogde van de eilanden Rozenburg, Voorne-Putten, de Hoekse Waard en IJsselmonde. De dijk lengte zou daardoor met ca. 170 km worden bekort, terwijl de verzilting door beperking van het getijvolume van het betrokken gebied zou worden tegengegaan. In het kader van dit plan pasten ook de afdamming van de Brielse Maas en van de Botlek, achter welke afdamming dan een zoetwaterbekken zou worden gevormd ten bate van de landbouw op Rozenburg en Voorne-Putten. Dit onderdeel van het plan is uitgevoerd, en wel in 1950 en 1951. Bij de uitvoering en met name bij de afsluiting van de mond van de Brielse Maas kon met vrucht gebruik worden gemaakt van de ervaringen die waren opgedaan bij de droogmaking van Walcheren. Tegen het Vier-eilandenplan rees overigens het bezwaar dat de haven van Dordrecht achter twee sluizen zou komen te liggen. Op het Vier-eilandenplan zijn derhalve enige varianten bedacht, waarvan hier slechts het Vijfeilandenplan genoemd wordt. Daarin werd het eiland van Dordrecht opgenomen in de groep eilanden die een gezamenlijke verdediging zouden voeren tegen het water. Nog altijd echter zouden de bestaande rivierdijken drastisch moeten worden verhoogd, en dat bleek in veel gevallen, met name in de om-

geving van Dordrecht, niet uitvoerbaar. Daarom werd in een volgende opzet, en nu was inmiddels de Tweede Wereldoorlog al voorbij, getracht langs andere weg collectieve veiligheid te verkrijgen. Men overwoog met behulp van vier beweegbare stormvloedkeringen, en wel in de benedenmond van de Lek, de Kil en de Noord en in de bovenmond van de Benedenmerwede, stormvloed het binnendringen in het benedenrivierengebied te beletten, zodat de dijken zonder verhoging toch afdoende veiligheid zouden geven. Daarna werd een plan ontworpen dat voornamelijk gebaseerd was op de bouw van een stormvloedkering bij Klundert in het Hollands Diep.

Voortgezette bestudering van de mogelijkheden die zulk een stuw bood, leidde tot verplaatsing ervan – alles nog steeds alleen op papier – naar Tiengemeten, en nog verdere studie deed de stuw zelfs verhuizen naar de omgeving van Hellevoetsluis. Men ziet, het Deltaplan is in opmars. Sinds 1951 komt ook de scheiding van het Haringvliet en het Volkerak in de plannen voor. De waterloopkundige studies in verband met deze plannen waren in 1952 al in een zo vergevorderd stadium, dat men zeggen kan: het noordelijk gedeelte van het Deltaplan is door de catastrofe van 1953 in zijn hoofdtrekken niet eens beïnvloed.

In het Waterloopkundig Laboratorium te Delft stond een hydraulisch model van het benedenrivierengebied, terwijl een elektrisch analoog van beperkte omvang ook reeds was gebouwd. Aldus stond een vergevorderde studie en een arsenaal van wetenschappelijke hulpstukken de Deltacommissie ter beschikking toen haar gevraagd werd op korte termijn aanbevelingen te doen voor de constructie van een beveiligingssysteem tegen hoge stormvloed voor het gehele Delta-gebied en in het bijzonder voor het ingewikkelde noordelijke Deltabekken. Slechts door de grondige ervaring, kennis en inzicht die in de loop der tijden en vooral in de laatste decennia in de werking van dit complexe systeem van getijgeulen en riviertakken was verkregen, werd het mogelijk, op tamelijk korte termijn een ontwerp voor de afsluiting van dit gebied te maken. In dat ontwerp werd een kardinale plaats ingeruimd voor een grote uitwateringssluus als reguleringswerk, waarmee men de getijbeweging in dit gebied door een zorgvuldig berekend spuiprogramma daardende in de hand zou kunnen krijgen, daarbij zoveel mogelijk met de waterstaatkundige belangen van het gebied rekening houdende.



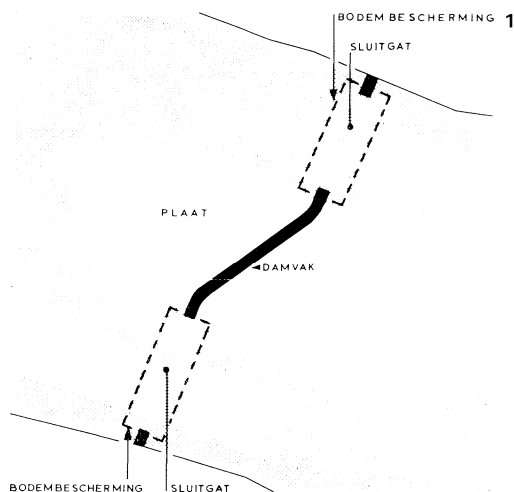
Het ontwerp van de afdamming van het Haringvliet

Van de drie grote ingevolge het Deltaplan af te sluiten zeegaten had het Haringvliet het kleinste getijvolume, nl. 260 miljoen m³, tegen 360 miljoen m³ in het Brouwershavensche Gat en 1100 miljoen m³ in de Oosterschelde. Als bouwwerk is de afdamming van het Haringvliet echter ingewikkelder dan de beide andere, omdat in deze dam een doorlaatwerk van ongeveer 1 km lengte, en een schutsluizencomplex moesten worden opgenomen. De bouwtijd van de uitwateringssluizen was bepalend voor de totale bouwduur. Mede daarom bleek het nodig met de afdamming van het Haringvliet vroegtijdig een begin te maken: niet minder dan 13 jaren zouden met de verwerkelijking gemoeid zijn.

De afsluiting van een zeegat van de grootte van het Haringvliet stelde de Nederlandse waterbouwkundigen voor vraagstukken die zij noch voorheen in het Deltagebied, noch elders hadden ontmoet. Naar omvang was de afsluiting van de Zuiderzee, voltooid in 1933, er het best mee te vergelijken. Toch had dat werk in menig opzicht een ander karakter. Het front van de afsluiting strekte zich in de Zuiderzee uit over een zeer grote breedte; het werk had er dientengevolge een gelijkmatiger verloop dan in het Haringvliet mogelijk zou zijn, dat weliswaar een aanmerkelijk geringere breedte had dan de Zuiderzee ter plaatse van de afsluitdijk, doch een veel diepere en vooral ook onregelmatiger bodemligging. Ditzelfde geldt ook voor de andere zuidwestelijke zeegaten. Voor de afsluiting van die zeegaten moest derhalve een nieuwe strategie worden ontwikkeld.

De zeer losse zandbodem en de betrekkelijk sterke getijstroom die erin optreedt, geven deze estuaria een beweeglijke structuur.

Kleine veranderingen in de omstandigheden, van natuurlijke of kunstmatige oorsprong, kunnen al aanzienlijke veranderingen teweegbrengen in het patroon van geulen en zandbanken. Worden de afsluitingsoperaties niet met de nodige voorzichtigheid uitgevoerd, dan loopt men de kans dat het stromingsstelsel reeds bij de eerste ingreep krachtig reageert. Dit zou dan betekenen dat de situatie waarop men zijn plannen heeft gebaseerd, onherstelbaar verandert, zodat de waterbouwkundige alle grond onder de voeten verliest. Zou men bijvoorbeeld beginnen met de afsluiting der hoofdgeulen, dan kan men er zeker van zijn dat zich naast de vroegere snel nieuwe geulen zouden ontwikkelen, en dat de oorspronkelijke ondiepe bankgebieden in korte tijd zouden worden opgeruimd en uitgeschuurd.



1 Algemeen schema van de afsluiting van een zeegat

2 De afsluiting van het Haringvliet

Het is daarom zaak, de stroomgeulen zo lang mogelijk betrekkelijk onverlet te laten, en het werk aan te vangen in die gedeelten van het dwarsprofiel die de geringste bijdrage leveren in de stroombeweging van het zeegat.

Op grond van deze overwegingen is de afsluitingsstrategie ontwikkeld waarbij men eerst de ondiepe platengebieden afsluit, en pas in een zo laat mogelijk stadium, en zo snel mogelijk, de daartussen gelegen hoofdgeulen. Aangezien echter ook de afdamming van de ondiepe bankengebieden al leidt tot verschuiving van het stromingspatroon en tot verdere concentratie van de stroom in de hoofdgeulen, zal het meestal nodig zijn de hoofdgeulen in het tracé van de afdamming tegen verdere uitschuring en tegen verschuiving te beschermen, en ze door middel van bodembeschermingen vast te leggen.

Het bijzondere van het Haringvliet, in vergelijking met de andere zeegaten, is dat dit zeegat ook na zijn afdamming onder bepaalde omstandigheden grote hoeveelheden water naar zee zal moeten blijven afvoeren. Het mag door zijn afdamming zijn functie als verbindingsweg tussen het rivierenstelsel en de zee dus niet geheel verliezen. De structuur van het zeegat zal uiteindelijk aan deze nieuwe eis moeten worden aangepast en wel zo, dat het grote doorlaatwerk dat in de dam moet worden opgenomen in de eindsituatie aan een doorgaande geul ligt. Zo redenerend zou men er voor kiezen dit doorlaatwerk te situeren in de hoofdgeul van het zeegat: de eindsituatie sluit dan het beste aan op de bestaande toestand. Maar om de sluis in die geul te kunnen bouwen, zou men de geul eerst, en dat wil zeggen in een vroeg stadium

van het gehele afsluitingswerk, moeten afsluiten, met alle ongewenste waterloopkundige gevolgen van dien. De enige alternatieve oplossing zou zijn de sluisen vanaf het begin uit te voeren als een reeks doorlaatcaissons. Bij de huidige stand van de techniek leek die oplossing niet uitvoerbaar. Het doorlaatwerk moet wat zijn constructie en zijn samenhang betreft immers aan zeer hoge eisen voldoen; de vereiste nauwkeurigheid bij de bouw zou alleen bereikt kunnen worden wanneer het gehele kunstwerk zou worden uitgevoerd in den droge, dus in een leeggemalen bouwput. In een later stadium zou het doorlaatwerk, in open verbinding gebracht met het buitenwater, de functie van de stroomgeul kunnen overnemen, waardoor de stroomsnelheden in het laatste sluitgat beperkt zouden kunnen blijven.

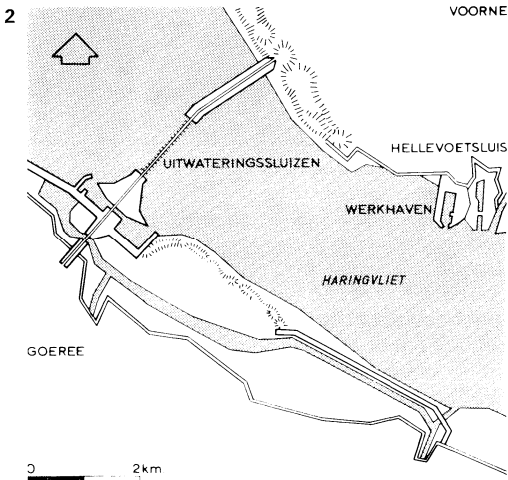
Inderdaad bleek bij de uitvoering van het werk dat het doorstroomprofiel van het totale Haringvliet op het moment dat men begon met de werkzaamheden in de hoofdgeul, het Rak van Scheelhoek, bij geopende sluizen slechts 500 m² kleiner was dan in 1956, toen de werken begonnen.

De vraag was voorts, op welke plaats in het Haringvliet de geplande grote werken het best konden worden gerealiseerd. Van de drie overwogen tracés van afsluiting bleek het meest westelijke ongeschikt vanwege de zware golfaanval die er te verwachten was en die grote moeilijkheden opleverde, niet alleen in de bouwfase van het werk, maar ook voor wat betreft de ontwerpisen van het doorlaatwerk. Bij het meest oostelijke tracé ontbrak de waterbreedte om zonder gevaar voor aantasting van de eilandoevers een

een deel van de te baggeren specie van voldoende kwaliteit was om het werk in zandwinconcessie te laten uitvoeren.

Het eerste werk in het Haringvliet zou dus de aanleg zijn van een bouwput voor de uitwateringssluizen. De afmetingen van deze bouwput waren aanzienlijk: 1400 m dwars op de stroom, en 560 m in de richting van de stroom. Ondanks het feit dat de put op een ondiep gedeelte van de dwarsdoorsnee zou worden gemaakt, namen de maximale stroomsnelheden door deze blokkering met ongeveer 25% toe. Dat was geen verrassing: berekeningen en modelproeven hadden deze ontwikkeling voorspeld. De vraag was alleen of men de krachtige stromen die men met deze ingreep had opgeroepen, vrij spel kon laten, waardoor zeker een flinke verdieping zou optreden van de bestaande geulen.

Wegens de lange bouwduur van de sluizen zou de blokkering 8 jaren achtereen blijven bestaan en haar invloed uitoefenen. Zowel de stabiliteit van de bouwput zelf als die van de aangrenzende eilandoevers met hun levensnoodzakelijke waterkeringen zouden door de ontwikkeling kunnen worden bedreigd. Voorlopig besloot men het aan te zien. Als de toestand niet uit de hand liep, zou het zeker de voorkeur verdienen, de natuurlijke ontwikkeling gewoon doorgang te doen vinden; men zou slechts daar willen ingrijpen waar een ongunstige prognose dat noodzakelijk maakte. De dienst had de beschikking over een uitgebreide en goed uitgeruste meet- en studiedienst ter plaatse. Dreigende moeilijkheden zouden tijdig gesignaleerd kunnen worden. Er waren voorts voldoende middelen ter beschikking om waar nodig op korte termijn voorzieningen te treffen. De ervaring heeft geleerd dat dit een verstandige werkwijze is geweest. De opgetreden verdiepingen hebben geen gevaarlijke situatie gecreëerd; de oevers van het zeegat werden niet aangetast. Alleen aan de noordflank van de bouwput moesten extra maatregelen worden genomen om de stabiliteit van de omringdijk te verzekeren. Daar ontstond, ondanks uitgebreide bezinkingen, een beweeglijke trog tot een diepte van N.A.P. – 22 m.



bouwput te kunnen maken van ongeveer 1½ km breed. Het middelste tracé, tussen Stellendam op Goeree en het Kwakjeswater op het eiland Voorne, had geen van beide nadelen. Hier vond men in het midden van het dwarsprofiel een ondiep gedeelte, waarop de bouwput voor het doorlaatwerk zou kunnen worden aangelegd. Zuidelijk daarvan, in de richting van het Noord-Pampus, was dan nog ruimte voor de aanleg, eveneens in een bouwput, van een schutsluizencomplex. Daarmee was de indeling van het dwarsprofiel gegeven. Na de voltooiing van de werken zou men een geul moeten baggeren naar de uitwateringssluizen, om de hydrografie van het afgesloten zeegat aan te passen aan de nieuwe toestand. Dat laatste was extra werk, toegegeven, maar het zou slechts gedeeltelijk stijging van de kosten betekenen, aangezien

Het ontwerp van de uitwateringssluizen

Het ontwerp van het gigantische doorlaatwerk in het Haringvliet heeft zeer veel hoofdbrekens gekost. De afmetingen van het kunstwerk en de gecompliceerdheid van de problemen die aan het ontwerp waren verbonden, overtroffen alle ervaringen die men had opgedaan met soortgelijke kunstwerken. Het is gemakkelijk in te zien dat een waterbouwkundig werk in het algemeen zijn omgeving beïnvloedt, doordat het bepaalde reacties van het water oproept, die tot uiting komen in een veranderend patroon van stroom en golfslag; deze uitwerksels treffen het kunstwerk dan weer, zodat het tot de opgaven van de ontwerper behoort, met deze effecten reeds bij het begin van zijn werk rekening te houden.

Bij de Haringvlietssluizen vond die wisselwerking in extreme mate plaats. Het complex van vraagstukken waarvoor men zich geplaatst zag en dat de samenwerking vereiste van een team van vertegenwoordigers van de meest uiteenlopende technieken en wetenschappen, werd gedomineerd door het probleem van de golfaanval op het kunstwerk, en met name op de schuiven. Daarnaast waren het vraagstukken in verband met de ontgrondingen in de nabijheid van de sluizen, die grote zorg vroegen, terwijl ook de fundering van het kunstwerk een diepgaand onderzoek vergde. De maatregelen die men verplicht was in verband met deze problemen te nemen, hebben in hoge mate hun stempel gedrukt op de vormgeving van de sluizen. De sluizen zouden op twee manieren door het water dynamisch belast worden: door de golven en door het onder de schuiven doorstromende water. Bij deze belastingen spelen de mechanische eigenschappen van de schuiven en de liggers en ook de waterstanden aan weerszijden van de sluizen en de standen van de schuiven een rol. Bij de

belasting door de golven zijn bovendien de golfkarakteristieken zoals hoogte, lengte, periode en richting van de golven en de vorm en de lengte van de golfkammen van belang.

Het golfonderzoek heeft voornamelijk plaatsgevonden in de grote windgoot van het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst' in de Noordoostpolder. In die goot konden golven opgewekt worden zowel met behulp van een golfschot als van kunstmatige wind.

De golfaanval op de sluizen in gesloten toestand bleek ongunstiger te zijn dan die op de geheel of gedeeltelijk geopende sluizen. De door de golven uitgeoefende krachten waren het grootst wanneer de golven juist tegen de schuiven braken. Om te kunnen berekenen met welke frequentie bepaalde golfbelastingen zouden optreden, waren gegevens uit de natuur nodig. Golfmetingen in het Haringvliet waren op dat ogenblik nog niet over een voldoende lange periode verricht. Vervangende gegevens werden echter gevonden in de wind- en golfregistraties van het weerschip 'Goeree', die wel over lange tijd beschikbaar waren, en die men kon vertalen naar voor het mondingsgebied van het Haringvliet geldende waarden.

De grootte, maar vooral de vorm van de golven die het te bouwen kunstwerk in werkelijkheid zouden treffen, waren daarmee echter nog niet precies bekend, omdat het gehele golfpatroon zou worden gewijzigd door de aanwezigheid van de sluizen zelf. Pogingen om in een groot golfmodel van het Haringvliet een inzicht te krijgen in die wijzigingen mislukten, omdat men de daarvoor vereiste techniek toen nog niet beheerste. De veranderingen in de golfbeweging die zouden optreden ten gevolge van de aanwezigheid van de sluizen, moesten dan ook vooral uit berekeningen worden bepaald. Enige teams van deskundigen hebben langs verschillende elkaar controlerende rekenmethoden getracht deze wijzigingen en de reactie van het kunstwerk erop te bepalen, en de te verwachten dynamische belasting theoretisch te benaderen.

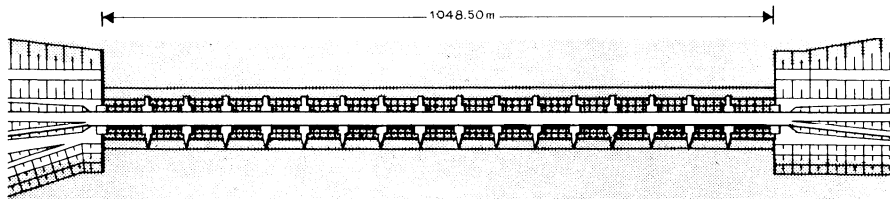
Aangezien men zich tijdens het ontwerpen van de sluizen bewust was van de onvolkomenheden in de kennis van deze materie, heeft men bij het dimensioneren van schuiven en liggers uit alle belastingmogelijkheden steeds de ongunstigste gekozen, zodat de kans groot is dat het kunstwerk sterker is geworden dan strikt noodzakelijk is. De golfstoten bijvoorbeeld, die naar men mag aannemen slechts over een gedeelte van een schuif aangrijpen, zijn steeds in rekening

De uitwateringssluizen, boven-
aanzicht en dwarsdoorsnede

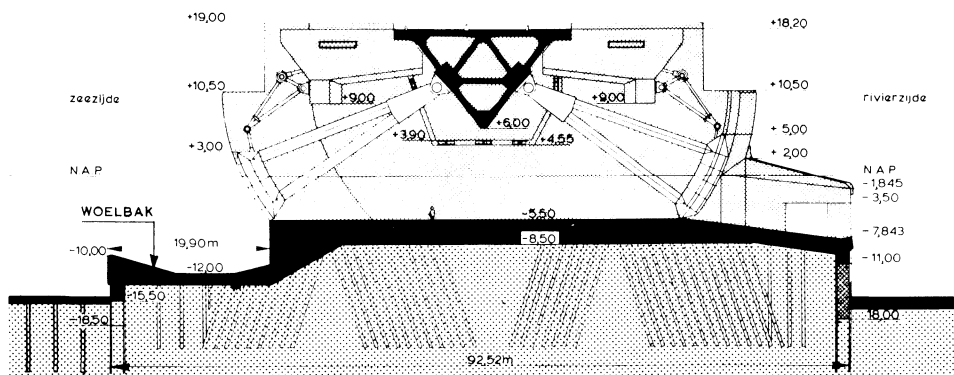
gebracht alsof ze gelijktijdig in dezelfde mate over de hele schuif aangrijpen.

Thans wordt het natuurlijk met het oog op in de toekomst te ontwerpen kunstwerken van groot belang geacht om de gehanteerde schaalregels en berekeningstechnieken op hun juistheid te controleren. Door alle in het model verrichte metingen in de werkelijkheid te herhalen, zou men de ontwikkeling van de modeltechniek aanzienlijk kunnen bevorderen. Op grond van deze overwegingen heeft de Rijkswaterstaat reeds in 1962 opdracht gegeven aan het Waterloopkundig Laboratorium en aan het Instituut T.N.O. voor Werktuigkundige Constructie, tot het uitvoeren van uitgebreide en incidenteel met nieuwe modelproeven aan te vullen metingen aan de voltooide sluizen.

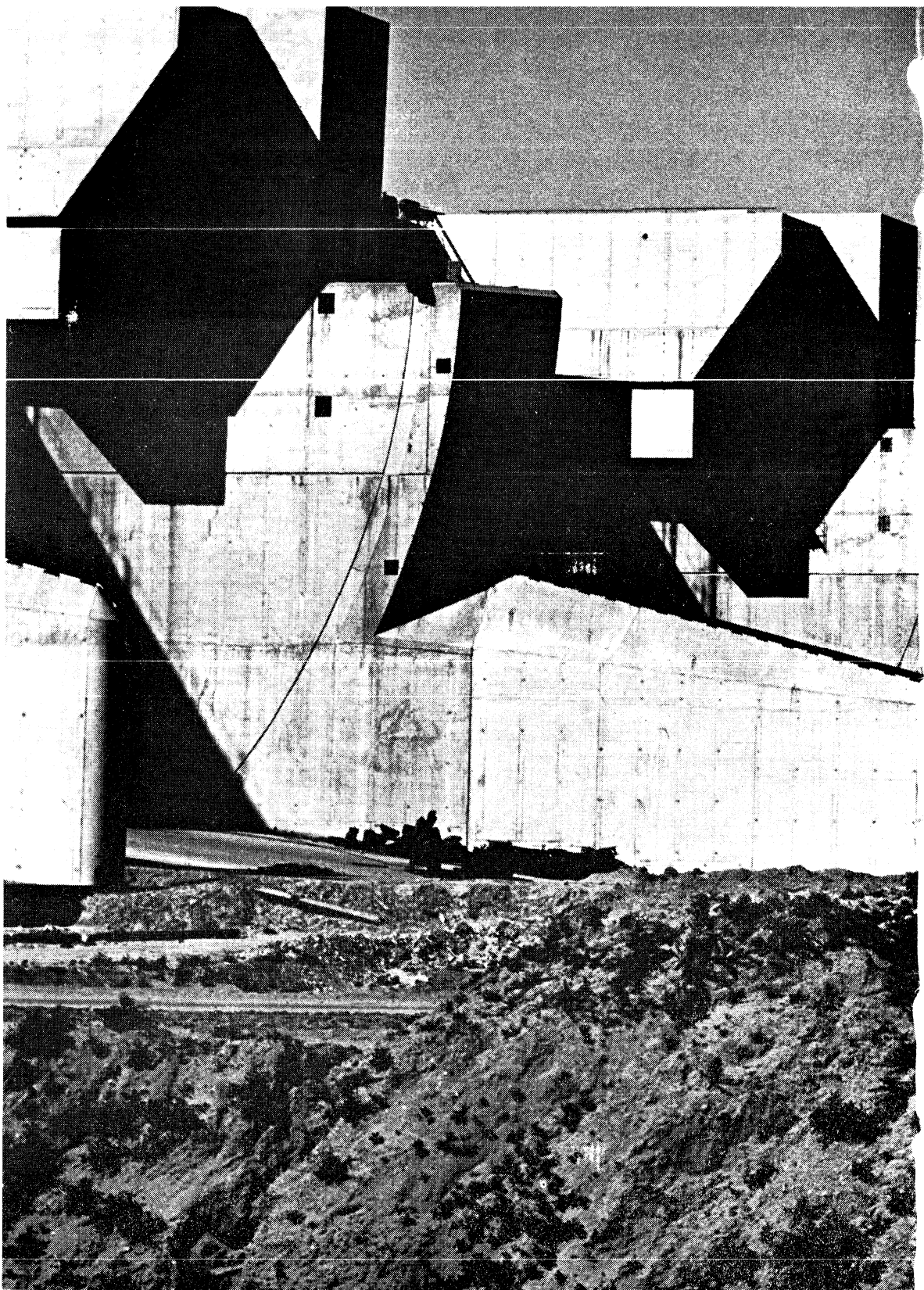
De bodemverdedigingen onmiddellijk aan

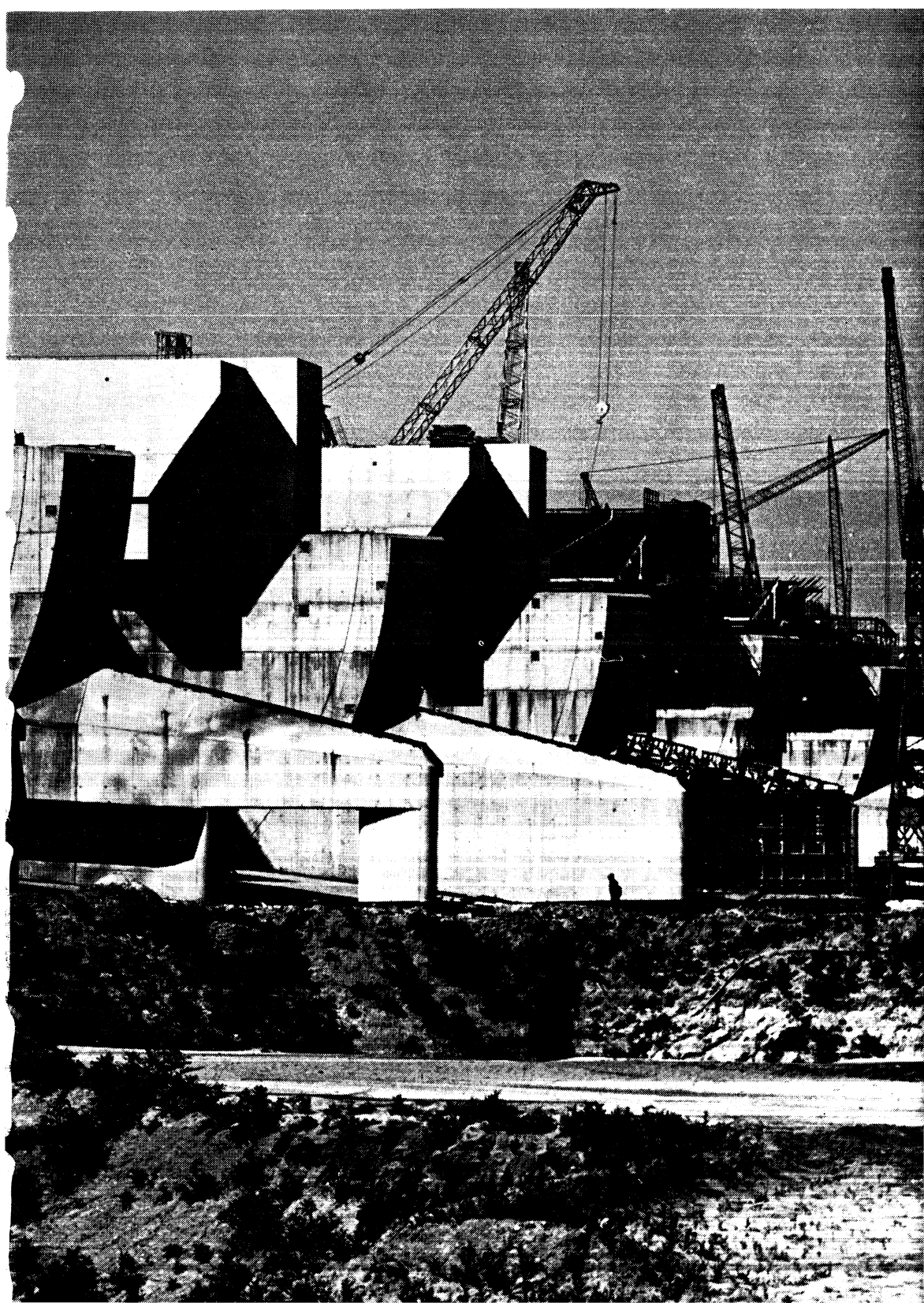


BOVENAANZICHT



DWARS DOORSNEDE





weerszijden van de sluizen, die tot taak hebben de stabiliteit van de sluizen bedreigende ontgrondingen te voorkomen, zijn het onderwerp geweest van intensief modelonderzoek. De geconcentreerde lozing van grote hoeveelheden water zou de zandige bodem aan weerszijden van de sluizen uitschuren, wanneer daar geen speciale maatregelen tegenover werden gesteld. De uitschuring vindt vroeg of laat toch plaats, het is alleen zaak, haar zover mogelijk van de sluizen vandaan te houden. De stortbedden, zoals men de bodembeschermingen in de omgeving van de sluizen noemt, moeten zelf bestand zijn tegen hoge stroomsnelheden. Uit het modelonderzoek is gebleken, dat een situatie waarbij één schuif tenvolge van onderhoudswerkzaamheden of door een storing niet kan worden geheven, maatgevend is voor de ontgrondingen. De sterke wervelstraten die door deze schuif worden opgewekt bleken in staat zware stukken stortsteen van vele honderden kilo's te verplaatsen. Het was derhalve geraten het eerste deel van de stortbedden te construeren als een aaneengesloten betonplaat, gefundeerd op palen die zowel druk als trek konden opnemen.

De wervelstraten nemen in benedenstroomse richting af, zodat de betonconstructie verderop kon overgaan in een filterconstructie, opgebouwd uit grind en stortsteen.

Vervolgens moest zorg gedragen worden voor de stabiliteit van de rand van het stortbed; onmiddellijk na de beëindiging ervan begint de stroom het zand uit te schuren, zodat het stortbed gevaar zou lopen langs de rand van de gevormde kuil af te brokkelen. Een speciale eindconstructie waarbij tetraëders, gepunte betonblokken, zijn gebruikt, heeft hier de oplossing gebracht. In de praktijk is inmiddels de noodzaak van de stortbedden gebleken: de bodem van het Haringvliet, die ter plaatse oorspronkelijk lag op N.A.P. – 5 à 6 m, is op sommige plaatsen waar geen bodembescherming werd aangebracht, verdiept tot N.A.P. – 20 m.

Om te kunnen beoordelen tot hoever de ontgrondingen aan de randen toelaatbaar konden worden geacht in verband met de stabiliteit van het kunstwerk, was ook grondmechanisch onderzoek vereist.

Hiervoor zijn sonderingen, boringen en dichtheidsmetingen uitgevoerd. Vooral deze laatste soort metingen vormde een nieuw element in het grondmechanisch onderzoek. Voor het eerst bij de Haringvlietsluizen op grote schaal verricht, vindt de dichtheidsmeting thans uitgebreide toepassing bij elk sluitgatonderzoek, dus ook bij het grondmechanisch onderzoek

in het Rak van Scheelhoek. De uitkomsten van de metingen ter plaatse van de uitwateringssluizen toonden aan dat de stabiliteit van het ontwerp kunstwerk verzekerd was, en dat de te verwachten ontgrondingen geen gevaar zouden opleveren. Het zal echter nodig zijn de bodemontwikkeling benedenstrooms van de sluizen regelmatig door middel van lodingen te volgen om tijdig op onverwachte ontwikkelingen te kunnen reageren. Ook de fundering van het betoncomplex zelf vereiste een diepgaand grondmechanisch onderzoek.

Uit een oriënterend onderzoek ter plaatse van de bouwput bleek dat de ondergrond daar overwegend uit zand bestaat. In een vrij dikke laag zand onder de oppervlakte bevinden zich echter kleilaagjes, weliswaar van geringe dikte maar toch in een zodanig grote en vooral ook wisselvallige hoeveelheid, dat bij fundering op staal van het kunstwerk, waarbij de constructie dus onmiddellijk op de ondergrond rust, met grote zettingen en vooral ook grote zettingsverschillen rekening moest worden gehouden. Vooral zettingsverschillen tussen de pijlers onderling waren ontoelaatbaar, vanwege de vereiste aansluiting van de schuiven, zodat besloten moest worden om de pijlers op palen te funderen.

Deze funderingsmethode wordt in Nederland veelvuldig toegepast; toch rezen in het geval van de Haringvlietsluizen een aantal moeilijke vragen, die alleen met zeer speciale proefnemingen konden worden opgelost. Allereerst het probleem van de toelaatbare trekkracht op de palen onder de sluisvloer. Afhankelijk van de waterstand boven de sluisvloer en de grondwaterstand onder de vloer kunnen als resultaat een naar beneden of naar boven gerichte kracht op de vloer werken. De opwaarts gerichte kracht moet deels door het gewicht van de vloer en deels door de palen worden opgenomen. Met het oog hierop moest een veilig toelaatbare trekkracht per paal worden vastgesteld. Ook de fundering van de pijlers leverde problemen, vooral voortvloeiend uit het feit dat onder de pijlers zeer grote aantallen palen zeer dicht bij elkaar geheid zouden moeten worden om de optredende krachten naar de ondergrond over te brengen. Door de geringe onderlinge paalafstand zou de ondergrond tijdens het heien zodanig verdicht kunnen worden, dat de toelaatbare kracht per paal vergroot kon worden. Ook hiernaar werd een onderzoek ingesteld met een uitgebreid proevenprogramma, waarbij er ook mee werd gerekend dat de horizontale belastingen die afkomstig zijn van de waterdruk en de golfbelasting op de schuiven,

mede door de paalfunderingen moesten worden opgenomen. Deze belastingen fluctueren sterk in grootte, waardoor de belasting op de palen ook snelle wijzigingen ondergaat, hetgeen een ongunstige invloed heeft op de grootte van de kracht die op een paal toegelaten mag worden. Ook in dit verschijnsel speelt het feit dat de palen in groepen zouden worden geheid, een belangrijke rol. De eisen voor het ontwerp van de sluisen die uit de waterloopkundige onderzoeken naar voren kwamen, stonden in een aantal opzichten diametraal tegenover de eisen die de beton- en staalconstructeurs formuleerden voor een niet te dure en goed werkende sluis met bewegingswerktuigen. In verband met de ijsafvoer van het benedenrivierengebied vooral, waren uit waterstaatstechnisch oogpunt zo groot mogelijke sluisopeningen gewenst. Bij

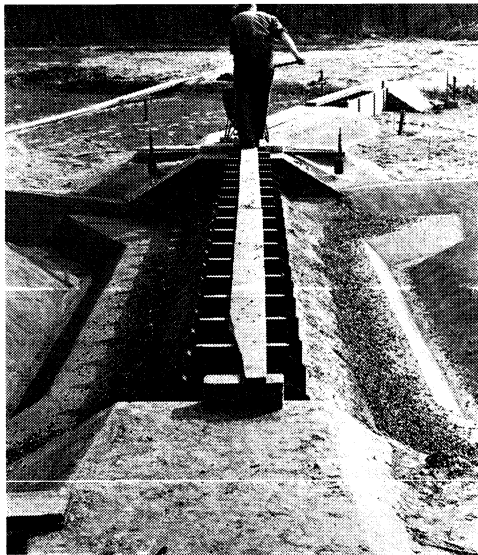
Modelonderzoek naar de golfklappen op de segmentschuiven

sluizen van pijler tot pijler overspannen zou. Zo'n brug over de sluisen zou er in elk geval moeten komen terwille van de doorgaande weg over de Deltadammen. De enige schuif die bij grote overspanning toch nog op redelijke wijze beweegbaar zou zijn, was een cirkelsegmentvormige die op onderlinge afstanden van 15 m met steunarmen houvast zou vinden in het lichaam van de brug. De cirkelvorm is uit waterloopkundig oogpunt echter een tamelijk ongunstige vorm: de golfaanval erop is zwaarder dan op een verticale staande schuif. Evenwel, op dit punt moesten de waterbouwkundige eisen wijken ten gunste van de werktuigbouwkundige verlangens. Vooral de zeewaartse schuiven hebben ten aanzien van de golfaanval een ongunstige vorm. Deze schuiven krijgen dan ook zware klappen te verduren. Voor de schuiven aan



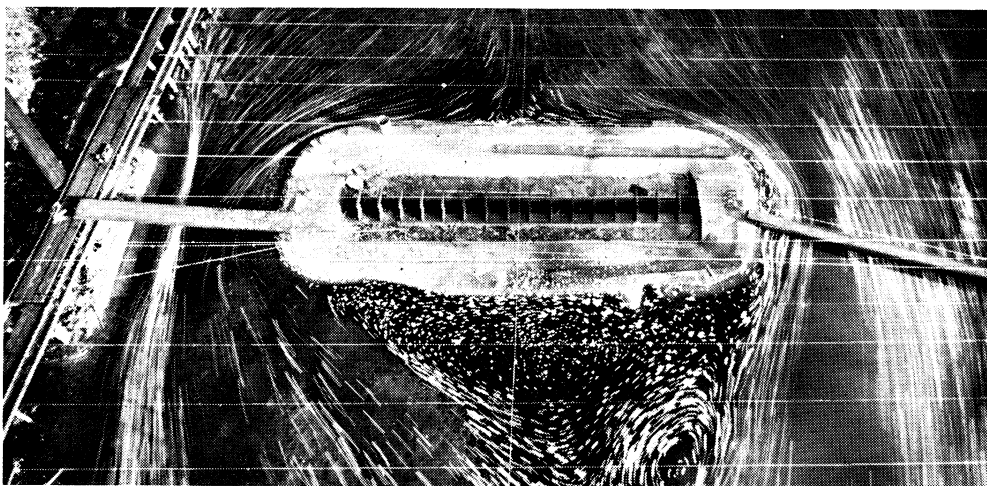
zeer grote openingen zouden echter de belastingen op de beweegbare schuiven en op de betonligger die de op de schuiven uitgeoefende krachten moet opnemen, onaanvaardbaar groot worden. Het afwegen van wensen tegen mogelijkheden heeft geleid tot het ontwerp van een sluisencomplex met 17 doorstroomopeningen van 56,50 m elk, bij een drempeldiepte van N.A.P. – 5,50 m. De vraag op welke wijze zulke grote openingen moesten worden afgesloten, heeft eerst na lange studie zijn beantwoording gevonden. Alle mogelijkheden tot constructie van een verticale rechte schuif vielen, gegeven de afmetingen van de doorstroomopeningen, weg vanwege de grote constructieve moeilijkheden die ermee verbonden waren. Gezocht werd naar een constructie waarbij de sluisdeuren steun zouden vinden in de brugligger die de

de rivierzijde ligt dat anders: zij worden aan hun holle zijde geraakt, en de kracht van de golfklappen is daardoor aanzienlijk minder groot. Het opnemend vermogen van de schuiven is anderzijds aan de rivierzijde geringer. De constructie van de schuiven en hun aansluiting op het betonlichaam van de sluis is zodanig, dat ze beter druk dan trek kunnen verwerken. Beide schuiven hebben dus ten aanzien van hun vermogen om golfdrukken vanuit zee op te nemen, hun voor- en nadelen. Er is daarom getracht, hen deze krachten in combinatie te laten opnemen, waarbij ieder een deel van de golfkrachten voor zijn rekening zou nemen. Dat is bereikt door de zeewaartse schuiven twee meter lager te ontwerpen dan de rivierwaartse. Bij de hoogste waterstanden wordt op die manier een deel van de golfkracht

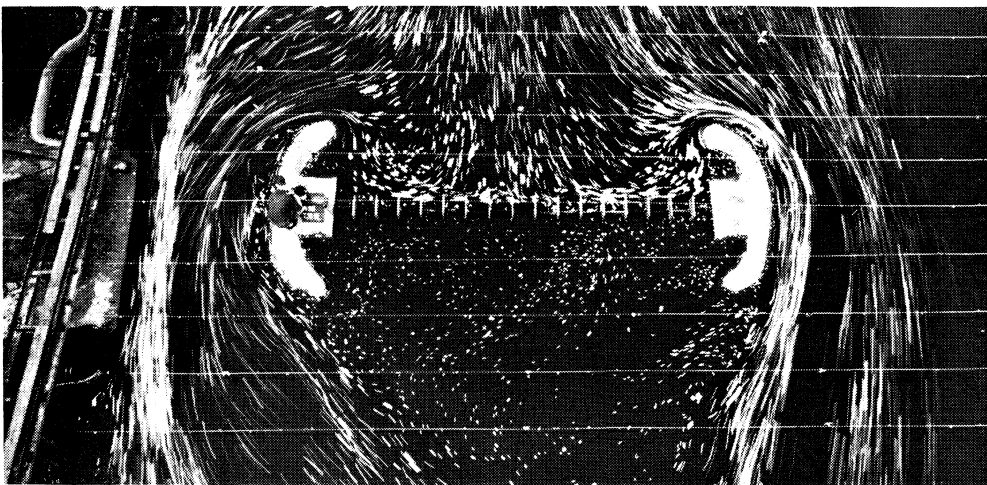


1 Bouw van het hydraulisch model te De Voorst

2



3



4



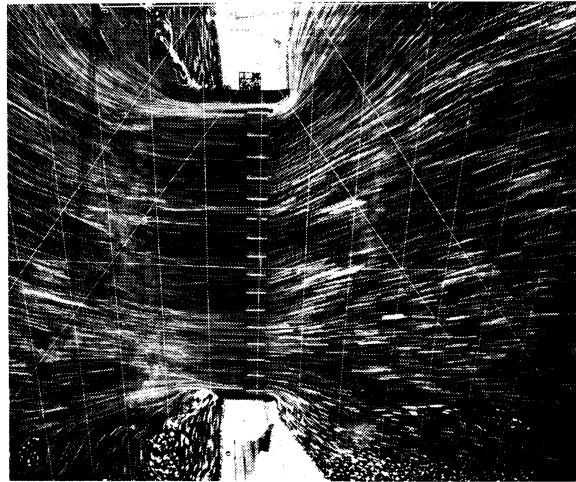
2 Stroombeeld om de bouwput

3 De kwadranten van de bouwput zijn nog niet opgeruimd; de sluizen zijn dicht

4 De kwadranten van de bouwput zijn nog niet opgeruimd; de sluizen staan open

5, 6 De eindfase: het Haringvliet is afgesloten; de sluizen staan open

5



6



door de buitenschuiven opgenomen en voor wat betreft het gedeelte dat over de buitenschuiven heenloopt, door de binnenschuif. Op deze manier werd een optimum aan golfweerstand geschapen.

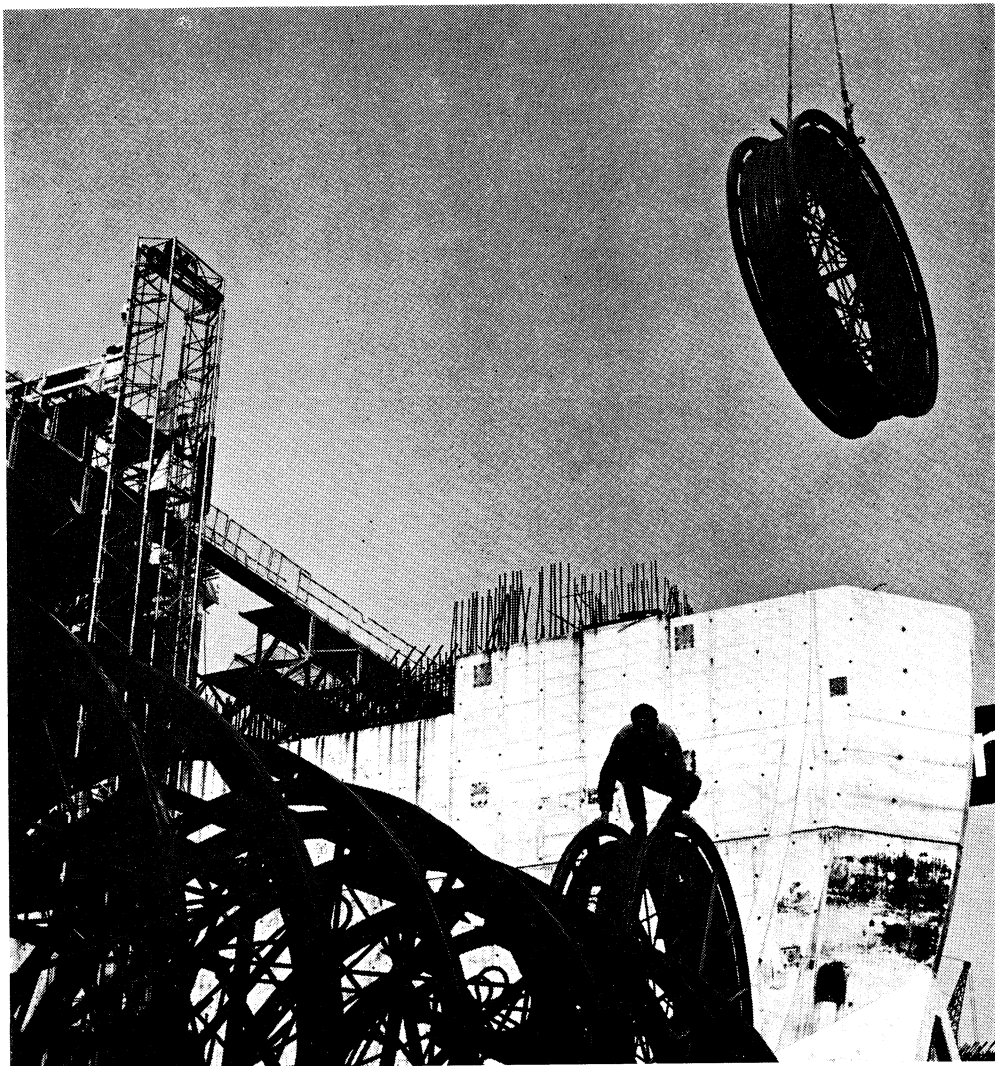
Het uiterste is gedaan om de belasting op de schuiven niet hoger te laten oplopen dan strikt noodzakelijk was. Zo is grote zorg besteed om de buitenvlakken van de schuiven glad af te werken, zodat het heffen van de sluisdeuren in een veld van opeengepakt ijs niet nodeloos wordt bemoeilijkt. Met hetzelfde doel werden krachtige verwarmingsapparaten in de schuiven opgenomen, waarmee ijs van de schuiven kan worden losgesmolten. Na uitgebreide vermoeiings- en corrosieproeven werd voor de schuiven een speciaal behandelde staalsoort Fe 52 gebruikt. Bovendien werden alle schuiven van een kathodische bescherming tegen corrosie voorzien.

Wat de beweging van de stalen schuiven betreft, in het oorspronkelijke ontwerp waren deze zeer zware deuren – het gewicht per stuk bedraagt 500 ton – uitgebalanceerd door contragewichten. In het Waterloopkundig Laboratorium bleek echter dat de schuiven dan onder bepaalde omstandigheden opwippen van de sluisvloer, reden waarom de contragewichten uit het ontwerp moesten worden geschrapt. Het bleek niet toelaatbaar het eigen gewicht van de schuiven te verminderen. Voor de bijzonder zware taak om deze segmentschuiven te bewegen, was alleen een hydraulische aandrijving geschikt. Per schuif moet tijdens het heffen een verticale kracht worden geleverd van maximaal 800 tf, te verdelen over twee bewegingswerken, die werden ondergebracht in machinekamers tegen de pijlers van de sluisen. De hiervoor noodzakelijke cilinders hebben een buitendiameter van 1 m.

De benodigde energie voor de schuifbewegingen wordt geleverd door een eigen dieselinstallatie van 2 x 1500 pk. In noodgevallen springt het G.E.B. van Rotterdam bij.

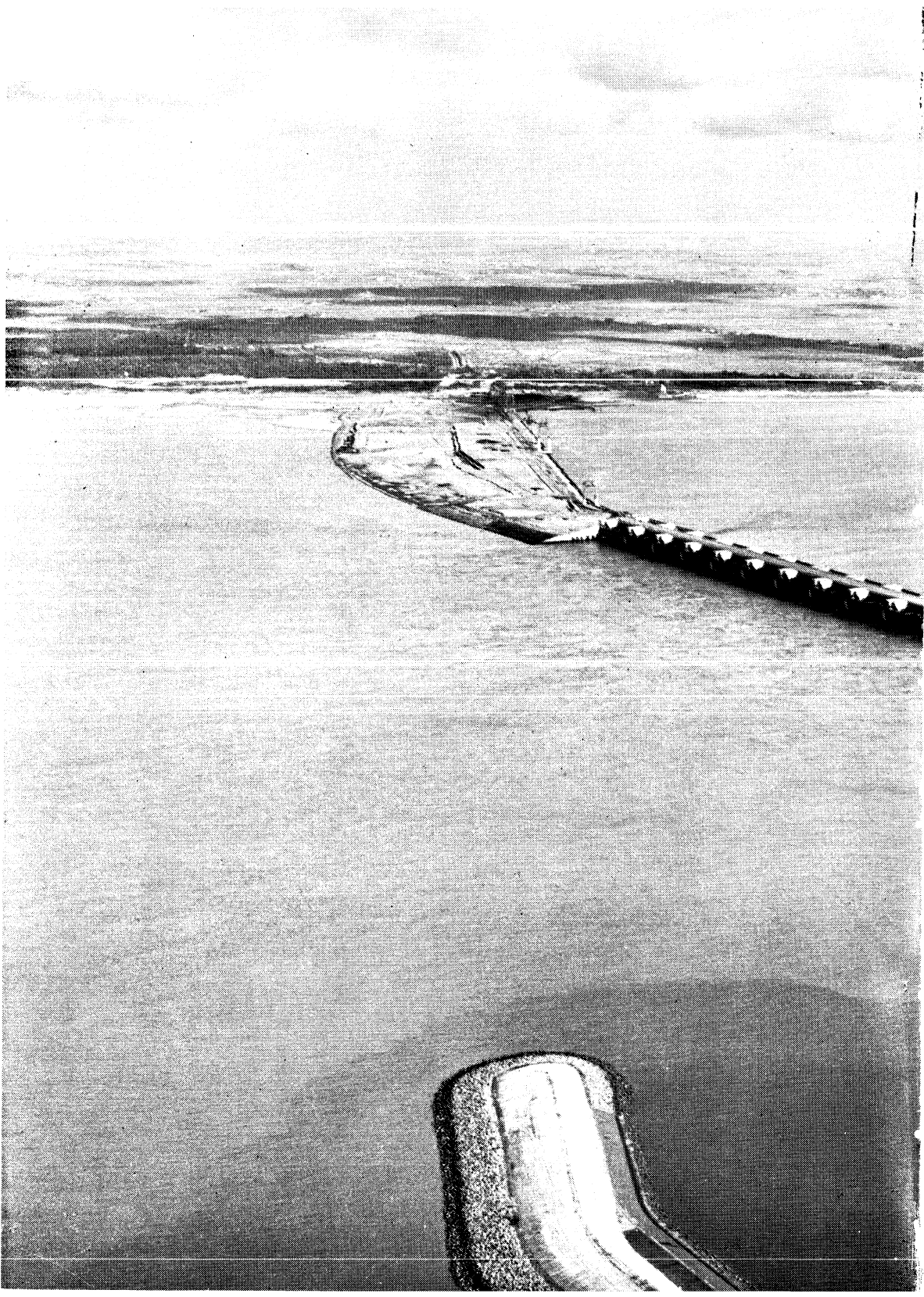
Voor de betonconstructie was een nauwkeurige analyse noodzakelijk van de samengestelde dynamische belasting op het totale lichaam van de sluisen en de overbrugging, een belasting die enerzijds direct van de golven en stromen afkomstig zou zijn, anderzijds door de segmentschuiven via hun bevestigingen op het betonlichaam werd overgebracht. Het totaal van de op te nemen krachten werd ontleend in een aantal massaveersystemen, en de mogelijkheden werden onderzocht om door constructieve variaties de op te nemen krachten te beïnvloeden. De buitenvloer van de sluisen, vlak voor de

schuiven aan de zeezijde, werd verlaagd tot een zogenaamde woelbak, waarin reeds veel van de aanstromende golfenergie kon worden afgebroken, hetgeen de golfaanval op de schuiven niet onbelangrijk verminderde. De brug waaraan zowel de buiten- als de binnenschuiven mede bevestigd zijn, en die daarvan zowel druk als trek ondervindt, is geconstrueerd als een driehoekige kokerligger met de punt naar beneden geplaatst, zodat de basis van deze driehoek als grondslag dient van het rijdek. Het bleek nodig aan de driehoekige ligger steun te verlenen door een in het inwendige andersom geplaatste driehoek. De aldus ontworpen ligger kon onmogelijk uit één stuk per overspanning worden gemaakt. Constructief werd ze verdeeld in een groot aantal schijven, van ongeveer 250 ton gewicht per stuk, die naast elkaar in een ondersteuningsconstructie werden geplaatst en vervolgens definitief aaneengevoegd met behulp van 200 kabels van hoogwaardig staal, die de afzonderlijke plakken van de ligger met een kracht van 26 000 ton tegen elkaar drukken. Om de toegepaste berekeningsmethodieken te verifiëren is van de gehele ontworpen betonconstructie op schaal 1 : 15 een model van micro-beton vervaardigd en met een in overeenkomstige verhouding tot de werkelijkheid staande kracht voorgespannen, en daarna in het laboratorium beproefd. De berekende en gemeten spanningen weken niet noemenswaard van elkaar af. De verlangde scheur- en breukveiligheid werd ruimschoots gehaald. Het onderzoek dat aan het gecompliceerde ontwerp van de uitwateringssluizen in het Haringvliet ten grondslag ligt, is zeer uitgebreid, diepgaand en ingewikkeld geweest; het vroeg de uiterste inspanning van beoefenaars van zeer uiteenlopende disciplines, en een optimum aan bereidheid tot samenwerken in teamverband, het aanvoelen van elkaars problemen, een verstandig geven en nemen. De vraagstukken vooral met betrekking tot de golfaanval en de ontgrondingen, verschijnselen die nog zeer moeilijk in een model op de juiste schaal kunnen worden weergegeven, noodzaakten tot elementair onderzoek, dat de wetenschap op deze punten grote voorringen heeft doen maken. Met name de golfstudies hebben geleid tot tal van publikaties, ook in het buitenland, waarin de Nederlandse waterbouwkundigen door hun probleemanalyse op theoretisch gebied belangrijke bijdragen hebben geleverd. Zo heeft het ontwerp van de Haringvlietssluizen als voorbeeld gediend voor het ontwerp van een sluisencomplex in de Eiderdam, ten zuiden van Husum in Sleeswijk Holstein (West-Duitsland),



waar men met dezelfde soort problemen werd geconfronteerd.

De laboratoriumtechniek zowel als de meettechniek in het veld hebben van het onderzoek voor de Haringvlietsluizen geprofiteerd, en zijn in enkele jaren tijds aanzienlijk verbeterd. Nieuwe types golfmeetpalen werden ontwikkeld, en een systeem van radiografische overbrenging van gegevens en van vastlegging op ponsbanden werd ingevoerd. De golfreproductie in golfgoten werd betrouwbaarder. Ook in Nederland hebben verschillende latere waterbouwkundige ontwerpen al van deze vooruitgang geprofiteerd; men kan daarbij vooral denken aan het onderzoek naar de stabiliteit van havendammen, dat recentelijk is uitgevoerd ten behoeve van het ontwerp van nieuwe havendammen bij IJmuiden en bij Hoek van Holland.

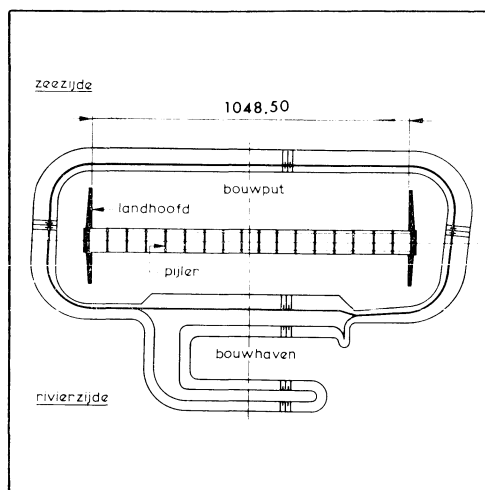




De uitvoering van de werken in het Haringvliet

Het schema voor de uitvoering van de Delta-werken is zo ingericht dat zoveel mogelijk van klein naar groot kan worden gewerkt, en van betrekkelijk gemakkelijk naar moeilijk; eerst werden de kleine afsluitingen ter hand genomen, daarna kwam de beurt aan de drie grote zeegaten, met als sluitstuk de Oosterschelde. Zo kan de kennis en kunde die nodig zijn om ook dit laatste en grootste werk tot een goed einde te brengen, geleidelijk aan worden verworven en verbreed. Bij de afsluiting van het Haringvliet kon al enige lering getrokken worden uit de eraan voorafgaande operaties, en met name uit de ervaringen die bij de afsluiting van de Grevelingen werden opgedaan met de kabelbaan, een instrument dat immers ook bij de afdamming van het Haringvliet weer is gebruikt. De afsluitingswerken in het Haringvliet kwamen echter ondanks deze algemene opzet noodgedwongen voor een deel vooraan te liggen in het uitvoeringsschema. Door de lange duur van het werk, veroorzaakt door de bouwtijd van de uitwateringssluizen, moest het begin ervan reeds vroeg in het tijdschema vallen: al in 1956 werden de eerste zinkstukken in het tracé van de afsluiting aangebracht, als basis voor de aan te leggen bouwput. In zekere zin werd met dit werk dus zelfs het spits afgebeten, want er werd vroeger mee begonnen dan met de afsluiting van het Veerse Gat. Bij een nabeschuiving van de afsluitingswerken in het Haringvliet is het dan ook vooral interessant na te gaan welke lering daaruit voor andere werken van het Deltaplan kan worden getrokken. Het eerste werk was de aanleg van een bouwput met omringdijk voor de bouw van de grote uitwateringssluizen. Met de constructie van

een dergelijke grote ringdijk middenin een groot zeegat, blootgesteld aan zware golven en getijstroom, bestond nog geen of nauwelijks enige ervaring. Het werk moest uiteraard geheel met drijvend materieel vanaf het water worden gemaakt, en het was dus vooral tijdens de eerste aanzet zeer gevoelig voor golfslag en stroom. Bovendien vormde de geringe waterdiepte – de bouwput werd immers op een zandplaat aangelegd – veelal een belemmering voor de grote drijvende werktuigen, die nu eenmaal een bepaalde diepte onder de kiel nodig hebben om veilig te kunnen werken; sommige werktuigen, zoals zuigers met drijvende persleiding, die het zandlichaam van de ringdijk moesten aanbrengen, konden bovendien pas goed worden gebruikt wanneer men ermee in de luwte van reeds gemaakt werk kon liggen. De eerste



aanzet van de ringdijk moest worden opgebouwd uit materiaal dat voldoende weerstand kon bieden aan de getijstroom en dat aldus tot steun zou kunnen dienen voor het erachter aan te brengen zandlichaam. Hierbij heeft men vooral goede ervaringen opgedaan met mijnsteen, een afvalprodukt bij de steenkoolwinning, dat voor dit werk goed bleek te voldoen, al is het weinig bestand tegen golfslag, onder invloed waarvan het onder een tamelijk flauw talud wordt uitgevlakt. Mijnsteen bleek voor de opbouw van perskaden geschikter dan de vaste Klundertse klei, die hier eveneens werd gebruikt. De ervaringen die bij de opbouw van de ringdijk met mijnsteen zijn opgedaan, hebben ertoe geleid dat dit materiaal ook bij andere Deltawerken op grote schaal wordt toegepast, en trouwens ook elders, bijvoorbeeld bij de werken voor

de nieuwe Schelde-Rijnverbinding. Ook met de toepassing van grind als hulpmiddel om de zandbodem te beschermen tegen erosie werden belangrijke ervaringen opgedaan. Bijzonder veel hebben de werken in het Haringvliet bijgedragen tot de modernisering van het zinkwerk. Toen met de werken hier een begin werd gemaakt, was het algemeen gebruikelijk gedeelten van de zanderige bodem die men tegen uitschuring wilde beschermen, te bedekken met een uit gevlochten rijshout samengestelde mat, die men naderhand met stenen verzwaarde. Zo'n 'klasiek' rijshouten zinkstuk werd met de hand vervaardigd, en met de hand afgezonken. Een groot deel van de zinkwerken in het Haringvliet is nog op deze wijze uitgevoerd. Bij de aanleg van de werkhaven te Hellevootsluis en van de beide bouwputten werden

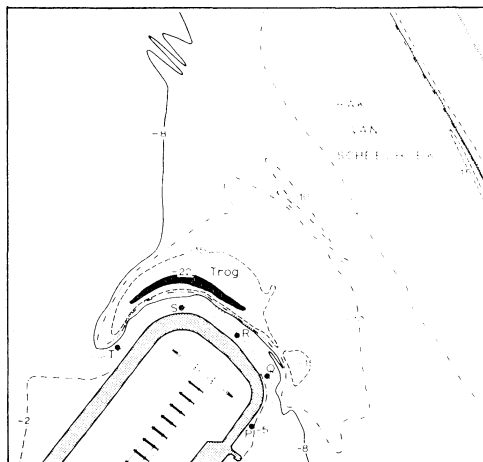
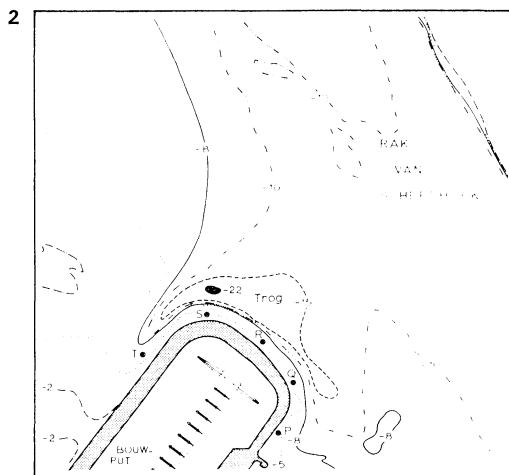
1 De bouwput voor de uitwateringssluizen

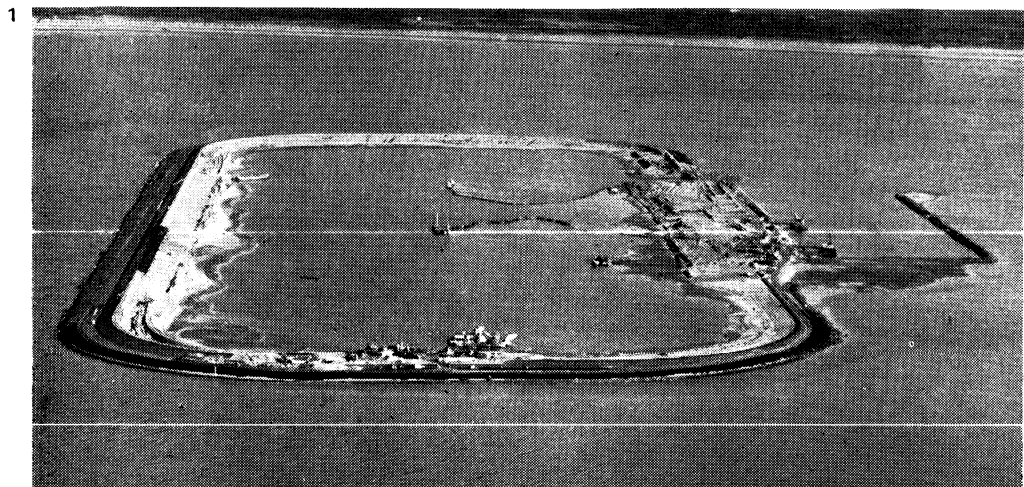
2 Ontwikkeling van een trog aan de noordwestzijde van de bouwput, tussen 1959 en 1964

hoofdzakelijk klassieke zinkstukken gebruikt. Inmiddels zoekt men echter naar nieuwe constructies ter vervanging van het klassieke stuk, deels omdat de natuurlijke materialen daarvoor te schaars leken te worden, deels om arbeidsuren te besparen. De samenstelling van het zinkstuk is in de loop van de onderzoeken geleidelijk aan verregaand gemodificeerd; thans vormen kunststofweefsels het hoofdbestanddeel van deze soort van bodembescherming, hetgeen niet alleen de beoogde besparingen heeft opgeleverd, maar bovendien heeft geleid tot een betere zanddichtheid van de zinkstukken. Tegelijkertijd heeft de techniek van het aan de grond brengen en ballasten der stukken zich sterk ontwikkeld. Beide onderdelen van het zinkwerk, vroeger geheel met de hand verricht, zijn thans volledig gemechaniseerd. De nauwkeurigheid van het zinkwerk is er aanzienlijk op vooruitgegaan door de toepassing van elektronische plaatsbepalingssystemen. De ruim één miljoen vierkante meter bodembescherming die in het Haringvliet is aangebracht, bestaat uit stukken van allerlei constructie en grootte, en vormt een ware

staalkaart van de technische ontwikkeling op het gebied van zinkwerken in de laatste vijftien jaar.

Tenslotte werden ook zeer nuttige ervaringen opgedaan met verschillende sluitingsmethoden. Er moesten in het Haringvliet achtereenvolgens drie geulen worden gedicht: het Zuiderdiep, het Noord-Pampus en het Rak van Scheelhoek. De schaal van deze drie afsluitingen verschilde sterk, en in samenhang daarmee zijn drie geheel verschillende methoden van sluiting toegepast. Het Zuiderdiep, een zelfstandige, zijdelings op het Haringvliet uitmondende geul, werd gedicht door het storten van steen, aangevoerd en in het werk gebracht door vrachtauto's. Het Noord-Pampus, gelegen tussen de bouwput van de schutsluis en de bouwput van de uitwateringssluizen, kon geheel worden gedicht







4

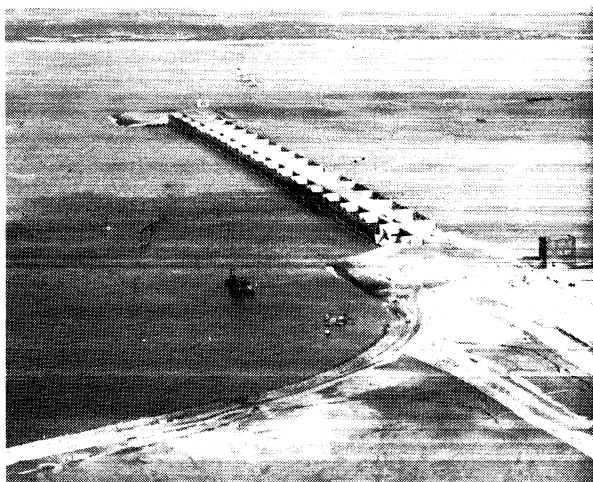


5

Fasen in de bouw van de uitwateringssluizen

- 1 2 november 1957
- 2 13 mei 1959
- 3 28 september 1964
- 4 31 juli 1967
- 5 30 mei 1968
- 6 2 april 1969

6



met zand, zonder andere hulpmiddelen, als steen of klei. Deze eenvoudige sluitingsmethode was gebaseerd op recentelijk ontwikkelde berekeningsmethodieken betreffende de zandtransportcapaciteit van stromend water; de grens kon worden berekend waarbij water in een geul tengevolge van de erin optredende getijverhangen zo krachtig stroomt dat het door zuigers erin gebrachte zand geheel wordt meegenomen. Zolang men beneden die grens werkte, kon men met een krachtig zandbedrijf winst behalen op de stroom, tot het sluitgat geblokkeerd was. Bij de sluiting van het Noord-Pampus volgens deze methode werd voortgebouwd op ervaringen die waren opgedaan bij het dichtspuiten van het Venijagersgaatje, een onderdeel van de Volkerak-afsluiting, en van het Brielse Gat, een onderdeel van de werken voor de vor-

ming van een nieuwe havenmond bij Hoek van Holland. De sluiting van het Noord-Pampus heeft het inzicht in het vraagstuk hoever men in bepaalde gevallen met zand alleen kan komen, verder verdiept. Dank zij de zeer grote capaciteit die men tegenwoordig met moderne grote perszuigers kan bereiken, nemen ook de mogelijkheden toe om getijgeulen uitsluitend met zand te bedwingen. De afsluiting van het Rak van Scheelhoek had het karakter van een proefneming op ware grootte ten bate van de nog komende geulafsluitingen in het Brouwershavense Gat en de Oosterschelde. De ervaring met de kabelbaan werd uitgebreid, waarbij men voortbouwde op wat men eerder had geleerd bij de dichting van de Grevelingen. Bij de sluiting van het Rak van Scheelhoek werd voor de eerste keer gewerkt met zware elementen van regelmatige vorm, namelijk betonblokken met een ribbe van 1 m en een gewicht van bijna 2,5 ton; dezelfde soort betonblokken zal zeker in het Brouwershavense Gat, en wellicht later ook in de Oosterschelde worden gebruikt. Men weet nu welke stapeling zulke blokken in een dergelijke dam zullen aannemen, en hoe poreus een zo gevormde dam zal zijn. Op de resultaten van deze proef, die mede diende ter controle van hetgeen terzake al in modelproeven was onderzocht, kan thans met vrucht worden voortgebouwd voor het bepalen van de techniek die bij de afdichting van de blokkendam in het Brouwershavense Gat zal worden gevolgd.

De bouw van de grote uitwateringssluizen was een zeer boeiend en spectaculair werk. De uitzonderlijk grote schaal van dit kunstwerk deed zich natuurlijk ook bij de bouw gelden en bepaalde zelfs in belangrijke mate het karakter en de sfeer van het gehele werk. Het vergde door zijn enorme afmetingen een geheel eigen aanpak en stelde hoge eisen aan uitvoeringstechniek en organisatie met name voor wat betreft de montage van de zeer grote bouwelementen, zoals delen van de nablaligger en van de stalen schuiven. Dit vereiste ook de inzet van bijzonder materieel, onder andere van een grote portaalkraan die door zijn afmetingen geheel aan de schaal van het bouwwerk was aangepast.

Aangezien zich echter de bouw van dit kunstwerk min of meer buiten de eigenlijke afsluitingsproblemen voltrok, de uitvoering ervan ook overigens geen verder verband houdt met de andere afsluitingswerken en daaruit dus voor de uitvoering van die werken geen lering kan worden getrokken, zal daarop bij deze nabeschuiving van de afsluiting in het Haringvliet niet worden ingegaan.



De hydrografische aanpassing van het noordelijk Deltabekken

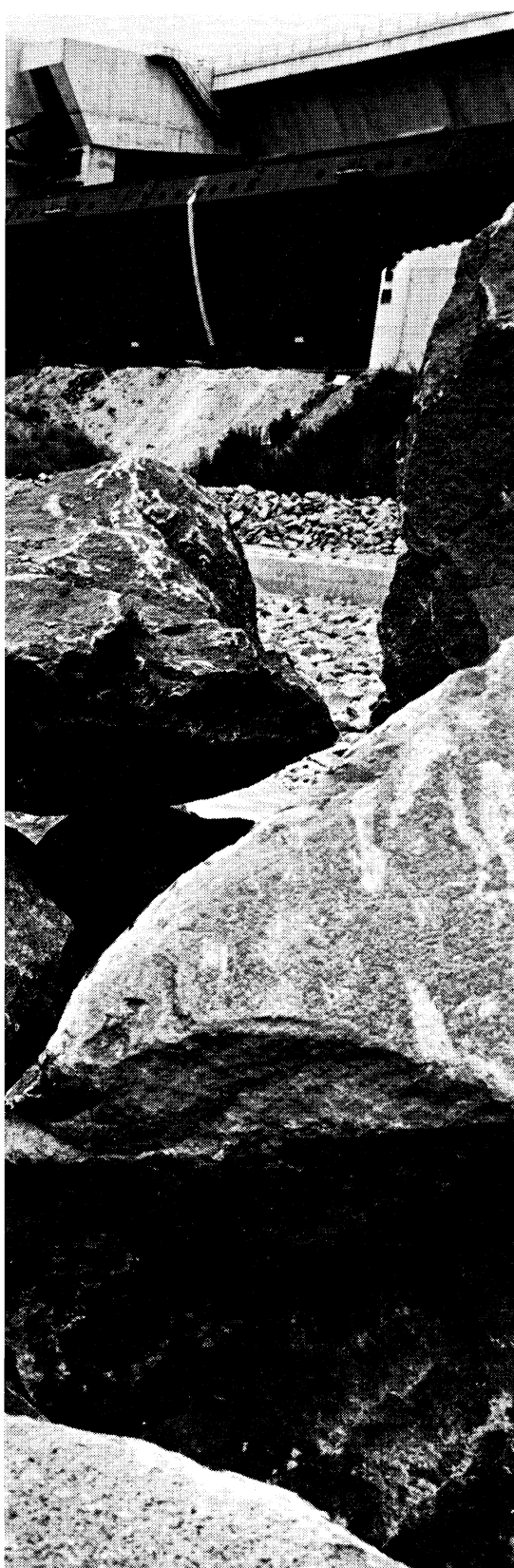
De bescherming die de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet bieden aan het noordelijk Deltabekken, zowel tegen stormvloeden als tegen de penetratie van zout, overtreft verre de nuttige uitwerking die een vier- of vijf-eilandenplan voor het betrokken gebied zou kunnen hebben. Na de afsluiting van de Brielse Maas bestaat er dan ook geen reden, nog enig onderdeel van deze plannen ten uitvoer te leggen. De vraag is echter, of de waterstaatkundige basisstructuur van het noordelijk Deltabekken met de afsluiting van het Haringvliet thans zijn definitieve eindvorm heeft gekregen, dan wel of daar toch nog belangrijke mutaties in zullen moeten worden aangebracht.

De structuur-in-hoofddlijnen van het systeem van waterlopen in het noordelijk Deltabekken heeft zijn huidige gestalte in hoofdzaak te danken aan de natuurlijke invloeden van de rivier- en getijstroom die er eeuwenlang op hebben ingewerkt. De mens heeft in de laatste honderd jaar weliswaar een aantal niet onbelangrijke ingrepen verricht, maar die hebben het natuurlijk gegroeide evenwicht geen geweld aangedaan. De tegenwoordige structuur draagt dan ook nog steeds duidelijk het stempel van het natuurlijk spel der stromen en getijden zoals zich dat tot voor kort tamelijk onbelemmerd kon afspelen. De afsluiting van het Volkerak en vooral ook van het Haringvliet heeft in die situatie thans drastische verandering gebracht. Het spel der getijden heeft zich door deze werken in belangrijke mate moeten wijzigen; het kan bovendien door manipulaties met de Haringvlietssluisen van ogenblik tot ogenblik worden beïnvloed. Voegt men daar nog de invloed aan toe die de kunstmatige verdieping van de

mond van de Nieuwe Waterweg en de aanleg van de nieuwe havenmond te Hoek van Holland hebben op de waterloopkundige toestand, dan dient men zich wel af te vragen of de oude structuur nog wel bij deze nieuwe toestand past, en of er misschien geen verdere belangrijke correcties en wijzigingen in het rivierenstelsel zouden moeten worden aangebracht om een bevredigende evenwichtstoestand te bereiken.

Dit probleem kwam uiteraard dadelijk naar voren toen de mogelijkheid van een afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet als onderdeel van de basisstudies voor het Deltaplan voor het eerst werd overwogen. In de eerste plaats rees de vraag hoe het stelsel van de benedenrivieren op deze ingrepen zou reageren indien het daartoe de vrijheid kreeg. Zouden sommige riviertakken tot ontoelaatbare diepten gaan uitschuren, zodat de oeverbelangen en de zoetwaterhuishouding van grote gebieden in het gedrang zouden komen; zouden andere riviertakken misschien sterk verzanden, tot schade van de scheepvaart; en moest misschien verwacht worden dat sommige riviertakken de neiging zouden vertonen, hun loop te verleggen? Om dit te kunnen beoordelen was het niet slechts vereist nauwkeurig te onderzoeken hoe het stromingsregime zich zou wijzigen, maar ook welke gevolgen zulke wijzigingen zouden hebben voor de fijne beweeglijke zandbodem van de riviertakken. Van tevoren diende men derhalve enigermate te kunnen aangeven waar erosie en waar sedimentatie tengevolge van deze veranderingen te verwachten zouden zijn. In beginsel hing daarmee natuurlijk de vraag samen, hoe dan met de Haringvlietssluisen zou kunnen en moeten worden gewerkt. De sluisen dienen immers als het ware als veiligheidsklep, ze zullen slechts dan moeten worden geopend, wanneer de rivierafvoer zo groot is, dat de Nieuwe Waterweg met zijn aantakkingen de stroom niet meer veilig kan verwerken. Daarbij wordt niet slechts gedacht aan de stabiliteit van de rivierbedding, maar ook aan de veiligheid van de scheepvaart. Gelukkig was voldoende kennis vergaard aangaande de invloed van de getijstroom op de zandbeweging in het noordelijk Deltabekken om op deze vragen een voldoende duidelijk antwoord te kunnen geven. De plaatsen waar onder invloed van de afsluitingen erosie dan wel sedimentatie moest worden verwacht, konden op grond van de berekeningen voldoende nauwkeurig worden bepaald, terwijl er ook globale prognoses konden worden opgesteld voor wat betreft de mate van de verdiepingen en verondiepingen. In het alge-





meen zullen ze van betrekkelijk beperkte aard zijn. Van te voren behoeften er dan ook nergens extra maatregelen te worden getroffen tegen erosie of aanzanding. Men meent het verloop van de reacties rustig te kunnen afwachten, en ze pas met maatregelen tegemoet te moeten treden wanneer ze zich aandienen.

Een belangrijk middel om ongewenst erosie te bestrijden is het vastleggen van een rivierbodembodem met behulp van een laag grind, dat veel meer weerstand biedt aan de sleepkracht van de getijstroom dan het fijne bodemzand. Een laag van enkele decimeters dikte volstaat al om het zand vast te houden. In dezen kan men profiteren van de ervaringen die met dit hulpmiddel zijn opgedaan bij de uitvoering der Deltawerken. Grind is als bodembescherming veel goedkoper dan welk zinkstuk ook, en heeft bovendien het voordeel dat er rustig in geankerd kan worden, zonder dat dit de bodembescherming aantast. Bodembeschermingen van grind zijn ook buiten de Deltawerken al uitgevoerd in het noordelijk Deltabekken, namelijk bij het vastleggen en verondiepen van de bodem van de Nieuwe Waterweg.

Een tweede vraagstuk vormde de ijsafvoer. Het ijs dat zich tijdens strenge vorstperiodes vastzet op de grote rivieren, kan door kruien en barrièrevorming gevaar gaan opleveren voor de rivierdijken. Dit probleem betreft vooral de Waal, die het grootste deel van de Rijnafvoer verwerkt, en die dus als de dooi invalt zoveel mogelijk van belemmerend vastzittend ijs moet zijn bevrijd, om zijn taak te kunnen vervullen. Wil men het gevaar van doorbraak der rivierdijken bestrijden, dan zal men het ijs op de grote rivieren zo lang mogelijk

drijvende moeten houden, zodat het naar zee kan worden afgevoerd. De afvoer van drijftijs naar zee geschiedde voorheen voornamelijk langs het Volkerak. Aanvankelijk meende men dat het Haringvliet met zijn grote doorlaatwerk deze rol van het Volkerak zou kunnen overnemen, en daarmee het wegvallen van de oorspronkelijke afvoerweg van het ijs naar zee zou kunnen compenseren. Er werd zelfs een normalisatie van het Haringvliet overwogen, teneinde het ijs tot gemakkelijker afvloeiing te bewegen. Nadere studies en waarnemingen van de beweging van ijs-schotsen in de natuur en met name in het betreffende gebied hebben echter geleerd dat de overwogen maatregelen onvoldoende effect zouden sorteren. Naar het zich thans laat aanzien zal het ijs dat van de Waal komt het beste via de Beneden-Merwede en de Oude Maas tot afvloeiing naar zee kunnen worden gebracht. De temperatuurverhoging van het rivierwater die – hoewel thans nog in geringe mate – wordt veroorzaakt door lozing op de rivieren van industrieel koelwater, zal het gevaar voor ijsafzetting in de toekomst doen afnemen. Volgens de huidige inzichten lijkt het dan ook niet nodig thans tot bepaalde ingrijpende maatregelen in het noordelijk bekken over te gaan. Wel wordt bij de beoordeling van nieuwe werken langs de rivier, onder andere bij de plaatsing van brugpijlers en de wijziging van oeverbelopen, steeds rekening gehouden met de eisen van de ijsafvoer.

Ten behoeve van de scheepvaart moeten wel enkele min of meer omvangrijke voorzieningen worden getroffen, vooral in de omgeving van Dordrecht, waar het stromingspatroon aanzienlijke wijzigingen ondergaat onder invloed van de afsluitingen. Ingrijpende verbeteringen zijn al aangebracht in de bocht bij Papendrecht. Ook op het punt van samenkomen van Kil-Mallegat en Oude Maas voor Dordrecht moest een correctie worden aangebracht, als onderdeel van een veel verder strekkend plan tot verbetering van de loop van de Kil, ten behoeve van de sterk groeiende scheepvaart op deze riviervak. De verbetering van de mond van de Oude Maas aan de zijde van de Nieuwe Waterweg, waarbij het Kruiteiland werd weggebaggerd, kan gedeeltelijk worden gemotiveerd op grond van de gewijzigde stromingstoestand; overigens is ook deze maatregel in hoofdzaak genomen terwille van het groeiende scheepvaartverkeer. Al met al bleken dus maar een gering aantal correcties nodig om het noordelijk bekken wat zijn waterloopkundig regime betreft voldoende aan de nieuwe toestand

aan te passen, en de evenwichtstoestand wat betreft loop en diepte van het rivierenstelsel te handhaven.

Men heeft zich echter ook afgevraagd of het bestaande stelsel door verdere ingrepen wellicht nog geschikter zou kunnen worden gemaakt voor de waterverdeling en de scheepvaart. De Deltacommissie heeft destijds de afsluiting van de Oude Maas aanbevolen met daarin een beweegbare kering, teneinde bij geringe oppervlatafvoeren een betere verdeling van het water te kunnen bewerkstelligen. Latere studies hebben echter aangetoond dat dit hulpmiddel minder effect zal sorteren dan men aanvankelijk veronderstelde en dat er met name voor de scheepvaart aan een dergelijke afsluiting veel bezwaren verbonden zijn. Van dit plan heeft men derhalve voorlopig afgezien, temeer daar de afsluiting van de Oude Maas elders in het stelsel compenserende maatregelen noodzakelijk zou maken. Zo zou de afsluiting van de Oude Maas de verbetering eisen van het punt van samenvloeiing van Noord, Lek en Nieuwe Maas bij Krimpen.

Men beraadt zich nog op de rol van het Spui. Dit is een riviervak van geringe allure, die in de waterbeweging van het noordelijk Deltabekken een ondergeschikte rol speelt. In marginale situaties kan de rol van het Spui echter van doorslaggevend betekenis zijn, en de balans doen overslaan naar de ene of de andere zijde, met name voor wat betreft de waterhuishouding, die zich bij geringe bovenafvoeren in een delicaat evenwicht bevindt. Geheel onverschillig is het derhalve niet, wat men nog met het Spui gaat doen. Voorshands bestaan terzake nog geen bepaalde plannen, hoewel de invloed op het rivierenstelsel van een aan beide zijden afgesloten Spui al wel onderwerp van studie is geweest.

Op korte termijn zullen als gevolg van de Deltawerken dus geen ingrijpende maatregelen noodzakelijk zijn in het stelsel van het noordelijk Deltabekken. De structuur van dit gebied heeft door de afsluiting van het Volkerak en van het Haringvliet zijn voorlopige waterstaatkundige afronding gevonden. Andere ontwikkelingen, van niet waterstaatkundige aard, zouden evenwel oorzaak kunnen zijn van nieuwe werken in dit gebied.

De gevolgen van de afsluiting van het Haringvliet voor het mondingsgebied en de aansluitende kust

Door de afsluiting van het Haringvliet en door de manipulaties met de uitwateringssluizen daarna wordt niet alleen het regime van het noordelijk deltabekken in hoge mate kunstmatig – dat wil zeggen door mensenhand – beïnvloed, ook het mondingsgebied zeewaarts van de dam zal er de sterke uitwerking van ondergaan. Het getij had hier vroeger met zijn waaievormig patroon van in- en uittrekkende stromen vrij spel; het getijregime was in hoofdzaak onderworpen aan de volgens een vrij regelmatig, cyclisch systeem verlopende astronomische krachten; meteorologische invloeden, grillig van aard, gaven er een afwisselend karakter aan, zonder het patroon in hoofdlijnen evenwel ingrijpend aan te tasten. Door de afsluiting verandert de invloed van het getij op het mondingsgebied. Op zee, vóór de monding, blijft het oude karakter van het getij nog wel behouden, doch in het mondingsgebied komt het nu sterk onder de invloed van nieuwe factoren. De getijstromen naar en van het binnengebied worden immers door de afsluitende dam geblokkeerd, zodat de snelheden belangrijk afnemen; bovendien laten de uitwateringssluizen op onregelmatige tijden een spui-stroom door. Het regime van deze spuistroom wordt in hoofdzaak bepaald door de afvoeren der rivieren, vooral van de Rijn. Ook voorheen bepaalde het feit dat het Haringvliet Rijn- en Maaswater naar zee afvoerde, mede het beeld van het waterloopkundige regime van zijn monding en waren er verschillen tussen tijden met grote rivierafvoeren en tijden waarin slechts weinig opperwater door het Haringvliet zijn weg naar zee vond. Nu wordt dit effect echter veel geprononceerder, mede omdat de sluizen slechts bij eb opengaan en

de vloedstroom nooit meer de gelegenheid krijgt naar binnen te trekken. Er zullen tijden zijn – soms enkele maanden achtereens – dat in het geheel geen rivierwater door de sluis wordt geloosd, andere tijden daarentegen, waarin juist zeer veel rivierwater moet worden gespuid. Het hydraulische regime van de mond van het Haringvliet wordt daardoor onregelmatiger dan voorheen en volgt veel geprononceerder de schommelingen van de Rijnafvoer. De uitersten: geen spuistroom bij gesloten sluizen en een aanzienlijke rivierafvoer bij geheel geopende sluizen liggen veel verder uiteen dan toen het zeegat nog open was. Er wordt als het ware een schok-effect geïntroduceerd.

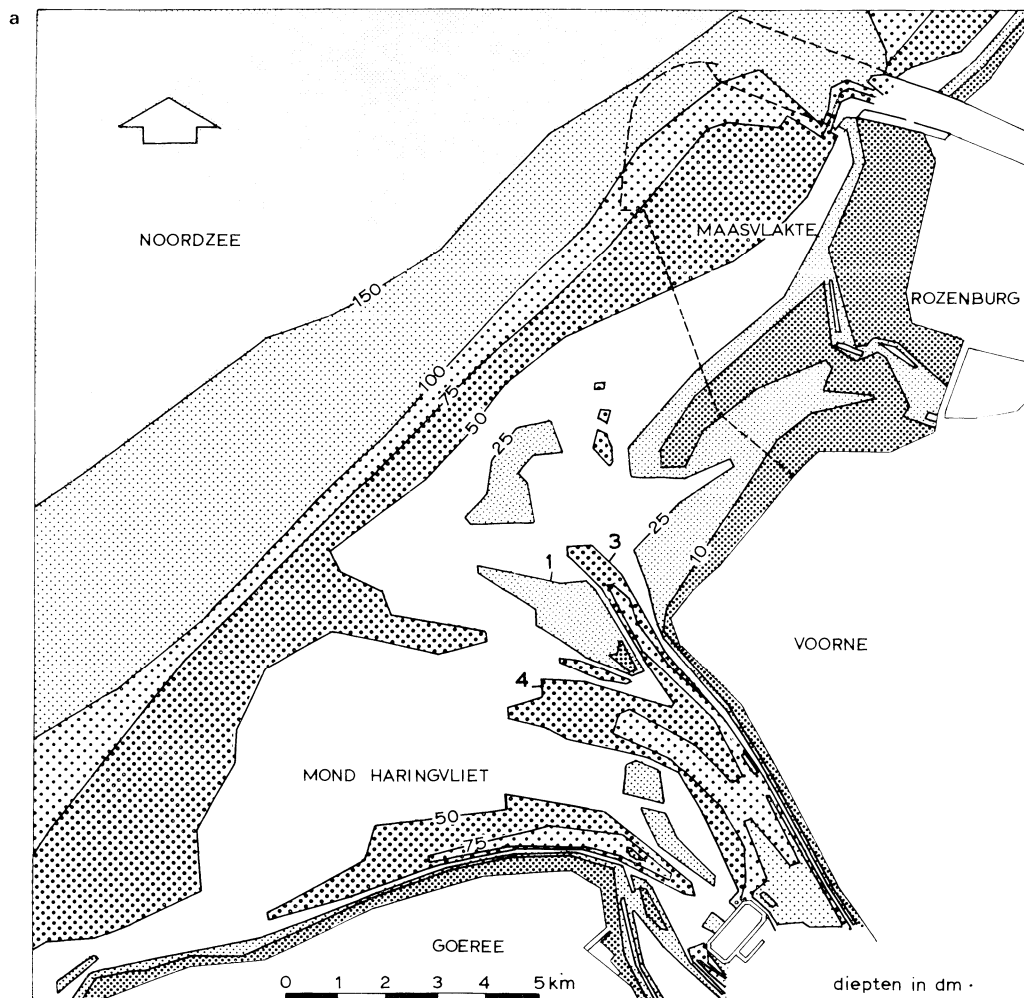
De hydrografische situatie zal zich aan deze nieuwe toestand aanpassen, doch hoe dit precies zal gaan is nog niet geheel zeker; de uiterste situaties zullen ook wat dit betreft verder uiteen kunnen liggen. In een periode waarin veel gespuid wordt kan de uitschuring verwacht worden van een doorgaande geul naar zee, maar in een periode waarin de sluizen gesloten zijn, zal die geul weer gedeeltelijk dichtslibben. Deze onregelmatigheid zal zowel de scheepvaart als ook het biologisch milieu beïnvloeden. Mogelijk zullen dan ook in de toekomst bepaalde regulerende maatregelen of werken nodig blijken te zijn. In de eerste tijd na het in gebruik nemen van de Haringvlietssluizen zullen regelmatig uitgevoerde waarnemingen en uitgebreide studies de gegevens moeten leveren om te kunnen bepalen of er wellicht, en zo ja welke extra aanpassingsmaatregelen nodig zullen zijn. Daarbij moet ook de invloed op de aangrenzende kustvakken worden bestudeerd en moet aandacht geschonken worden aan de samenhang die er bestaat tussen de afsluiting van het Haringvliet en de zeer nabij gelegen Europoortwerken en met name de nieuwe havenmond. De afsluitingswerken van het Brouwershavense Gat en de Oosterschelde zullen de situatie in de mond van het Haringvliet vermoedelijk slechts in geringe mate beïnvloeden. Intussen blijkt dat in de laatste jaren, dus al vóór de afsluiting, in het mondingsgebied tamelijk belangrijke veranderingen zijn opgetreden waardoor sommige prognoses enigszins veranderd moesten worden. Met name moet een meer zeewaartse ligging van de Hinderplaat worden verwacht dan nog in 1968 werd aangenomen.

Natuurlijke ontwikkelingen vóór de afsluiting van het Haringvliet

Sinds 1957 heeft het punt waar het Rak van

Scheelhoek zich splitst in het Gat van de Hawk en het Bokkegat, zich verplaatst in zeewaartse richting. Tussen 1965 en 1968 nam de snelheid van deze verplaatsing voortdurend toe, maar in 1969 kwam ze vrijwel tot stilstand. Het splitsingspunt was toen ten opzichte van 1957 2 tot 3 km verplaatst. Tegelijkertijd draaiden het Gat van de Hawk en het Bokkegat geleidelijk uit elkaar totdat de hoek tussen deze geulen tenslotte met 75° was toegenomen. Intussen vond in het gebied van de Hinderplaat een verondieping plaats, in een aantal jaren zelfs met een halve meter per jaar. Tussen begin 1964 en medio 1968 is in het bebouwde gebied 6 miljoen m^3 zand en slib afgezet. De dieptelijn van N.A.P. - 5 m, zeewaarts van de Hinderplaat, ligt al vanaf 1956 op nagenoeg dezelfde plaats.

De ontwikkeling van geulen en platen in het mondingsgebied tussen 1958 (a) en 1969 (b)

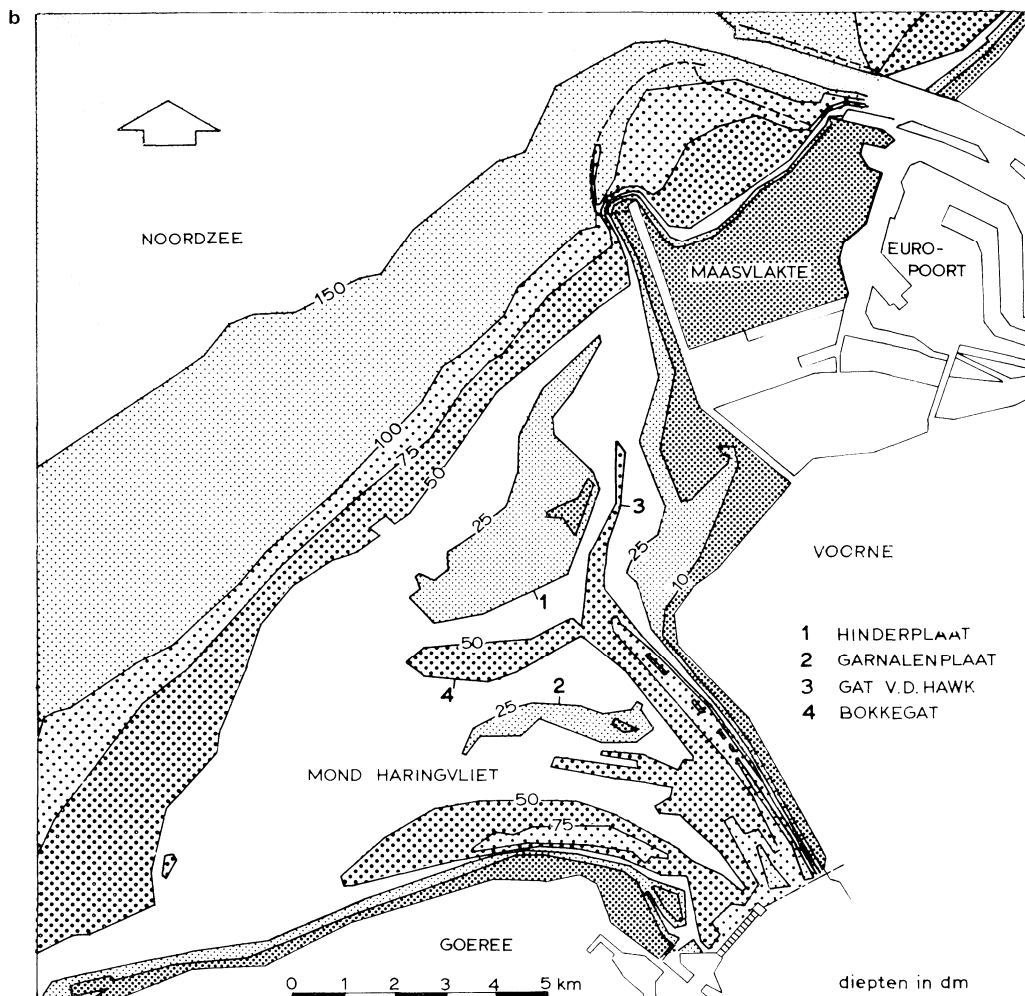


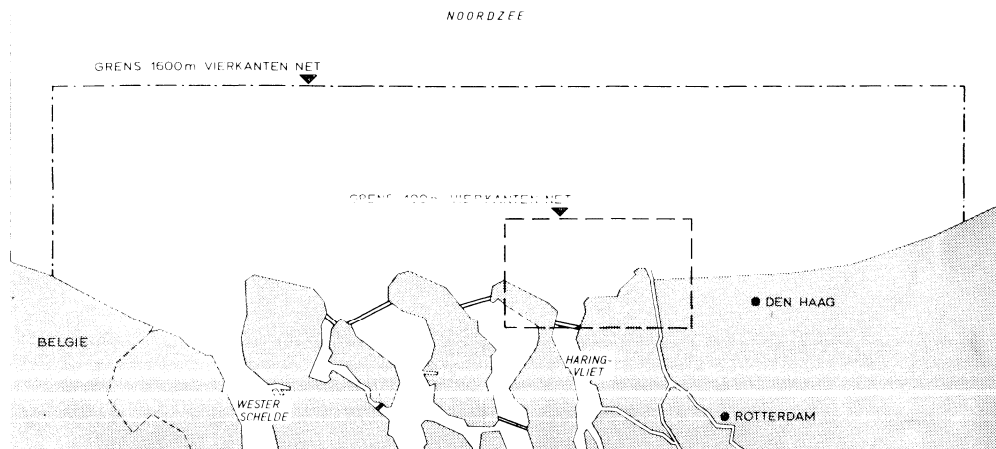
Ten zuiden van het Bokkegat is de situatie aan minder grote veranderingen onderhevig geweest. Het Slijkgat bleef in grote lijnen onveranderd. Wel verplaatste zich met het Bokkegat een ondiepte naar buiten, die wel als Garnalenplaat wordt aangeduid en die geleidelijk in omvang toenam; aan de zuidkant van de Garnalenplaat kwam langzamerhand een nieuwe geul tot ontwikkeling. In het hele mondingsgebied landwaarts van de dieptelijn van N.A.P. – 10 m heeft een geleidelijke sedimentatie plaatsgevonden. De gemiddelde diepte nam tussen 1956 en 1969 af met een halve meter. Dit komt overeen met een totale sedimentatie van ongeveer 80 miljoen m³. In het mondingsgebied zijn dus al vóór de afsluiting grote veranderingen opgetreden, die nu nog in belangrijke mate zullen worden

versneld. Om deze morfologische ontwikkelingen enigszins te kunnen voorspellen is het van belang om na te gaan op welke wijze het mogelijk is tot een prognose te komen.

De morfologische ontwikkeling van een kustgebied

De ontwikkeling van een kustgebied wordt bepaald door de erosie, het transport en de sedimentatie van het bodemmateriaal: zand en slib. Het transport vindt voornamelijk in suspensie plaats, waarbij de zandkorrels dus door het water van de bodem zijn opgetild. Het zogenaamde bodemtransport, waarbij de korrels zich over de bodem voortbewegen, kan ten opzichte van het transport in suspensie kwantitatief verwaarloosd worden. De fysische processen die bij de genoemde





verschijnselen een rol spelen, zijn onderwerp van veel studie geweest, zodat een beter inzicht is ontstaan in de invloed van stroom en golven op de bodemontwikkeling. De opgestelde hypothesen zijn echter dikwijls nog onvoldoende in de praktijk getoetst, terwijl sommige van de bestudeerde processen zich niet lenen voor onderzoek in hydraulische modellen. Bovendien beïnvloeden de in de natuur voorkomende bodemgesteldheid en de stroom- en golfcondities elkaar wederzijds, terwijl ze van plaats tot plaats en in de loop van de tijd aan voortdurende veranderingen onderhevig zijn.

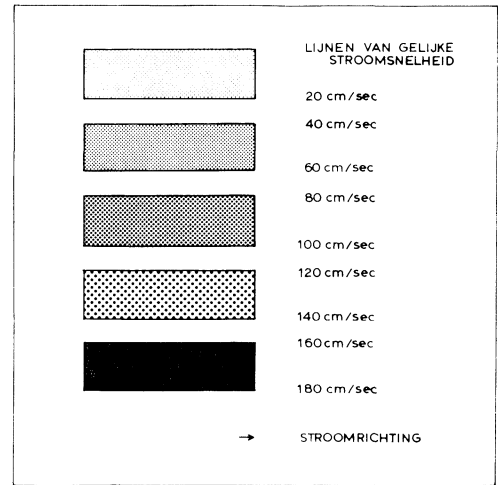
Voor berekeningen ten behoeve van de praktijk is het dan ook noodzakelijk om aanzienlijke vereenvoudigingen aan te brengen en om vervolgens door metingen in de natuur te controleren of de gekozen schematiseringen verantwoord zijn. Het belang van dergelijke natuurmetingen is buiten kijf, maar de uitvoering ervan levert nog veel technische problemen op. Meting van het zandgehalte van het water, waaruit men de grootte van het zandtransport kan afleiden, is bijvoorbeeld alleen mogelijk bij gunstige weersomstandigheden. Metingen met behulp van radio-actieve tracers geven wel inzicht in richting en grootte van het gemiddelde zandtransport over een enigszins lange periode, maar nauwkeurige bepaling van het resulterende zandtransport of van de grootte van het transport in relatie tot de stroomsnelheid is nog steeds niet mogelijk. Het belangrijkste hulpmiddel om het resulterende zandtransport te bepalen wordt nog altijd gevormd door regelmatig uitgevoerde lodingen, waarvan de resultaten kunnen worden vergeleken en beoordeeld aan de hand van gelijktijdig uitgevoerde getij-

en golfmetingen. Langs de kust van het Delta-gebied worden zulke lodingen iedere drie maanden uitgevoerd, en in sommige gebieden met een grote zandbeweging nog frequenter. Intussen zijn er wel enkele methodes ontwikkeld om een toekomstige morfologische ontwikkeling te kunnen voorspellen. Eén hiervan maakt gebruik van de empirische relatie tussen het profiel in de mond van een estuarium en het getijvolume, ervan uitgaande dat de aard van het sediment ongeveer gelijk blijft, bij sedimentatie van slib in plaats van zand zou een beter tegen erosie bestendige bodem ontstaan, die dan bij hetzelfde getijvolume een minder ruim profiel zou opleveren. Door gebruik te maken van de ervaringen van vroegere afsluitingen en van de resultaten van getijberekeningen is het mogelijk een globale schatting te maken van het uiteindelijke profieloppervlak in een raai westelijk van de Haringvlietdam, evenals van de snelheid waarmee de ontwikkeling zich zal voltrekken. Een tweede berekeningsmethode maakt gebruik van de zandtransportformule van Kalinske, die door Nederlandse deskundigen is getoetst voor berekeningen in een getijgebied. Met deze methode is het mogelijk om indicaties te vinden voor de veranderingen in het resulterende zandtransport ten gevolge van wijzigingen in de getijstromen.

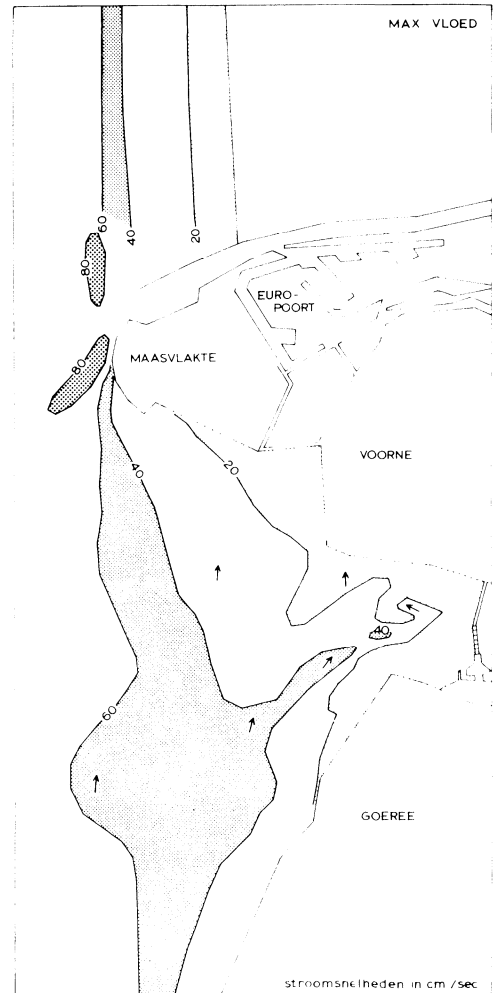
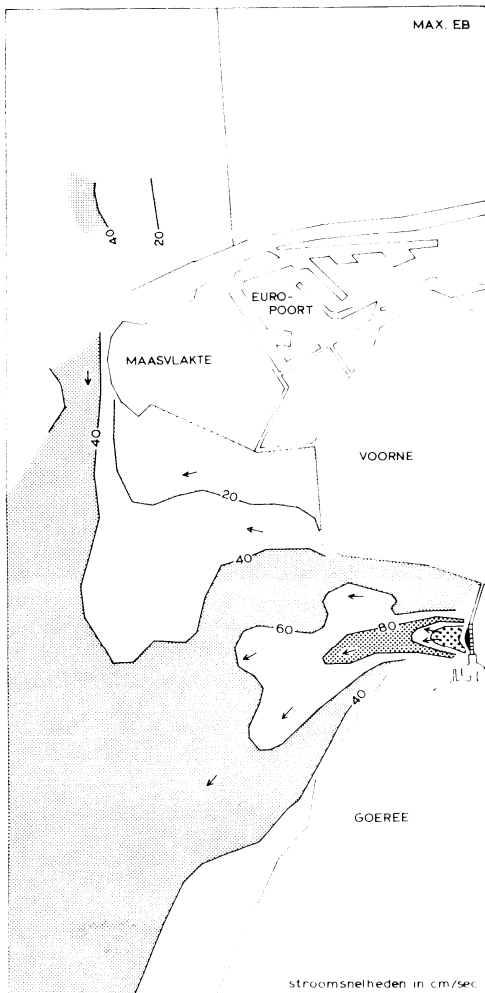
De berekening van zandtransport door golven levert echter grotere problemen. Voor de berekening van het transport langs een kust bij schief invallende golven is weliswaar een goede benadering gevonden, maar het is twijfelachtig of deze methode evenzeer toepasbaar is voor een bankengebied, zoals in de mond van het Haringvliet. Een verdere complicatie wordt daarbij gevormd door de

1 Begrenzing van het RD- en het Ha-model voor twee-dimensionale getijberekeningen

2 Stroomsnelheden en stroom-richtingen in het mondings-gebied wanneer met de sluizen wordt gespuid



2



wisselwerking tussen golf en getij: het door de golven vooral in de brekerzone opgewoelde zand kan door de getijstroom worden meegevoerd. In het gebied waar deze wisselwerking zich voordoet, is het dan ook alleen mogelijk om op grond van vroegere ervaringen en gesteund door algemene inzichten tot globale prognoses te komen.

Sinds kort is aan de bovenstaande rekenmethodes een belangrijk hulpmiddel toegevoegd, namelijk het resultaat van de tweedimensionale getijberekeningen volgens de methode-Leendertse.

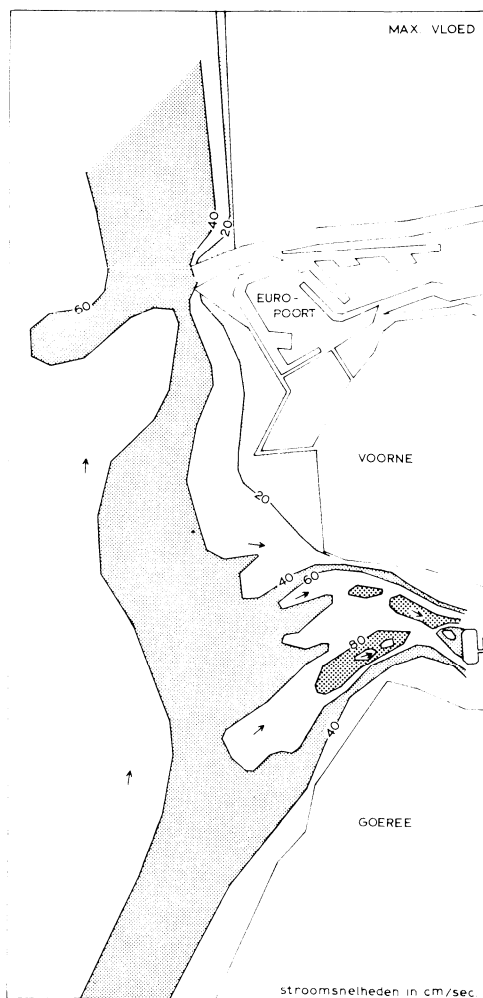
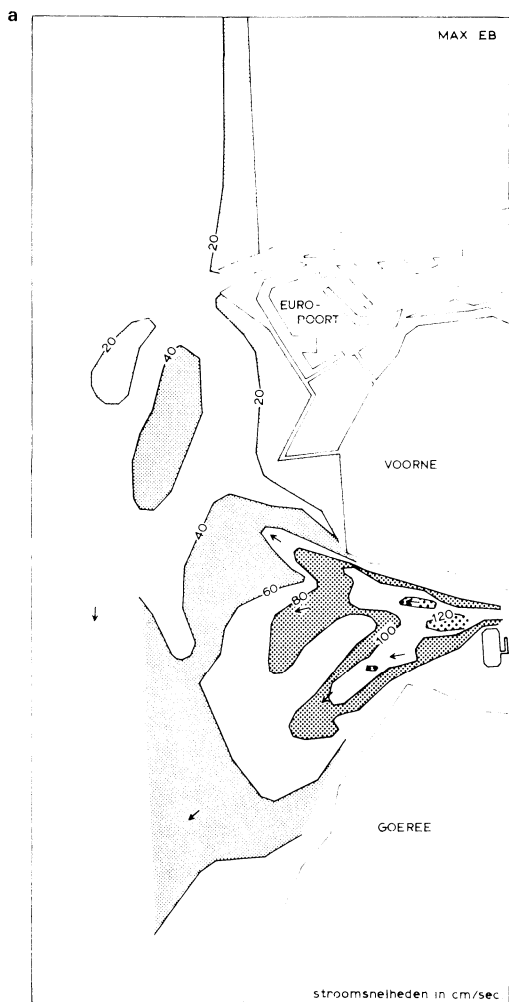
Twee-dimensionale getijberekeningen

Bij deze twee-dimensionale getijberekeningen wordt een gebied geschematiseerd door verdeling in een groot aantal vierkante gebiedjes met een constante bodemdiepte en een

Stroomsnelheden en stroomrichtingen in het mondingsgebied

- a vóór de afsluiting
- b na de afsluiting

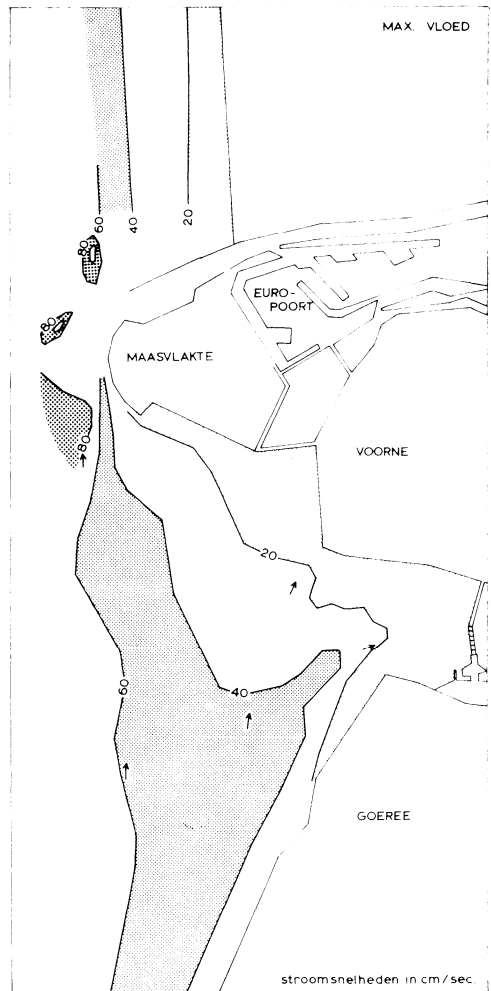
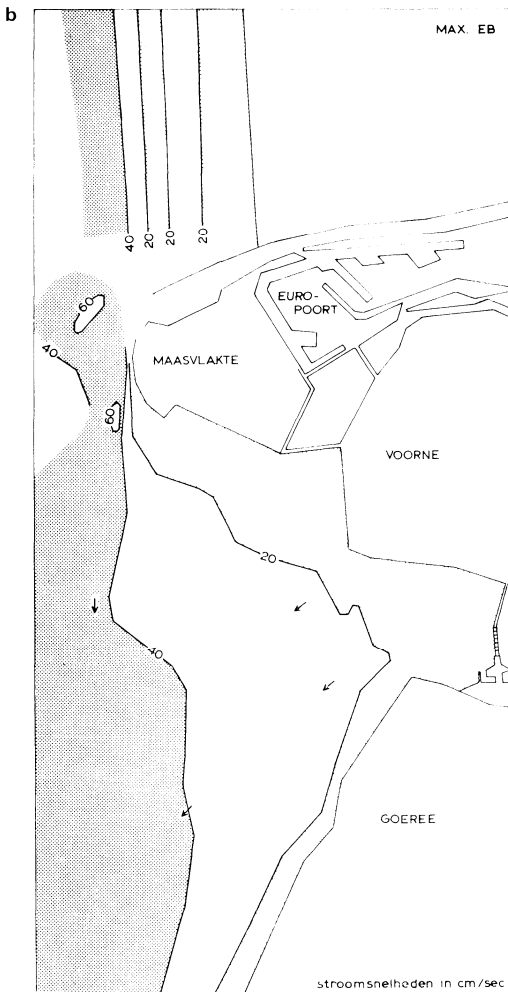
Voor de legenda van deze figuur zie pag. 207

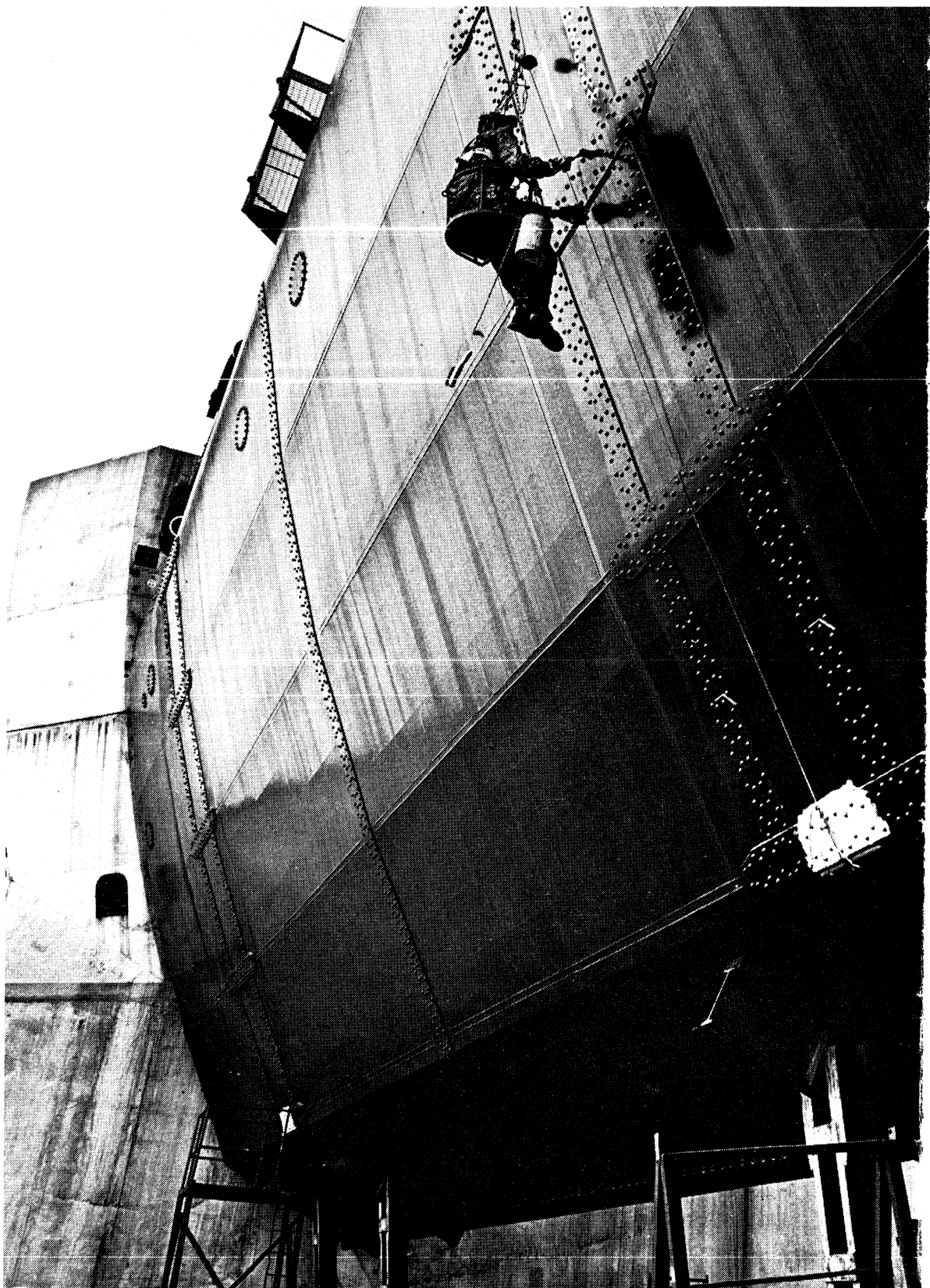


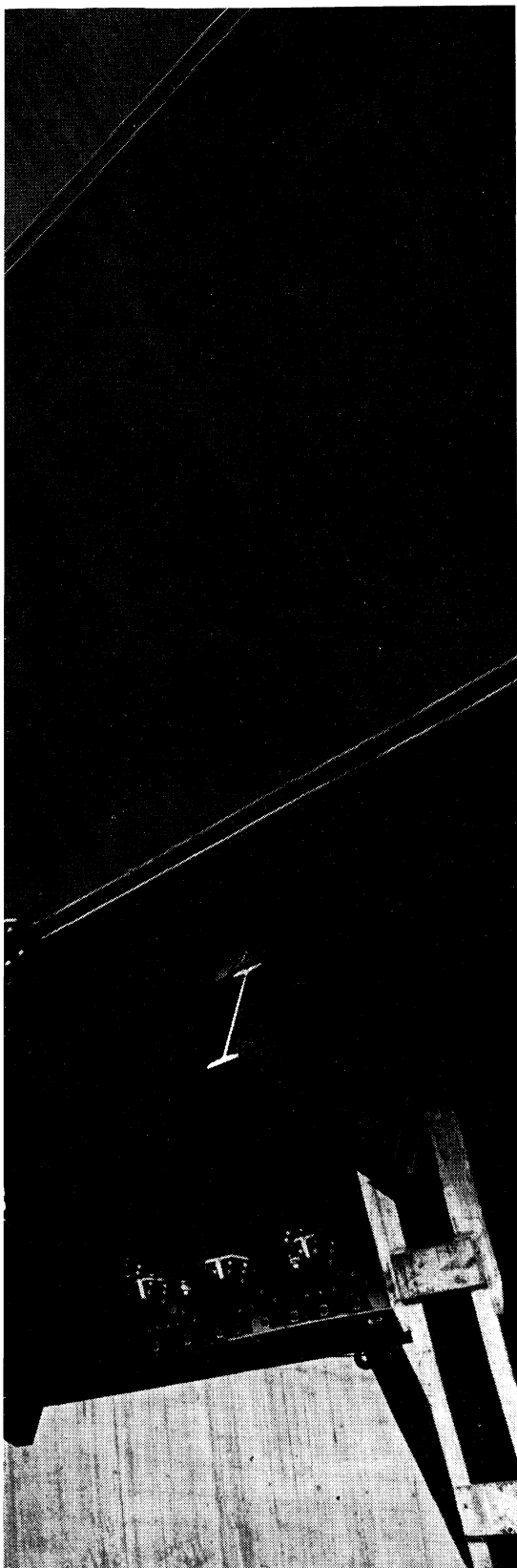
hydraulische weerstand langs de bodem, die hetzij constant is hetzij afhankelijk van de waterdiepte. In verband met de capaciteit van de gebruikte rekenmachine kunnen in een berekening maximaal 3000 vierkantjes voorkomen. De voor ons onderwerp relevante getijberekeningen zijn daarom in twee fasen uitgevoerd. Begonnen is met een 1600 m-vierkanten-net in het zogenaamde Rand Delta model, kortweg RD-model genoemd. De zee-grenzen van dit model zijn zodanig dat de invloed van de afsluitingswerken in het Delta-gebied daar verwaarloosd mag worden. Met behulp van deze RD-berekeningen zijn vervolgens de waterstanden en snelheden bepaald langs de rand van het een kleiner gebied bestrijken Haringvlietmodel (Ha-model), dat een 400 meter-vierkanten-net bezit. In het Ha-model is het dan mogelijk om

meer gedetailleerd de invloed na te gaan van de veranderingen die zich in de mond van het Haringvliet voordoen. Voor elke toestand worden dus twee berekeningen uitgevoerd, een RD- en een Ha-berekening. Het blijkt, dat na de afsluiting van het Haringvliet het binnen-gebied voornamelijk een kombergings-gebied wordt. De snelheden dalen hier zo zeer dat er geen zandtransport door stroom meer plaats vindt. Het tijdens vloed van buiten aangevoerde sediment slaat grotendeels neer. Dit sediment zal nabij de Haringvlietssluisen voornamelijk uit slib bestaan, dat zich het eerst in de diepere delen van de geulen zal afzetten.

Ook in het kustgebied nemen de snelheden af, zodat zowel in het Slijkgat als in het Rak van Scheelhoek en het Gat van de Hawk aanzanding zal optreden. In het gehele mondings-







gebied tot ongeveer 6 à 8 km uit de uitwateringssluizen worden de snelheden kleiner dan thans. In dit gebied is dan ook sedimentatie te verwachten, vooral onder invloed van de golfwerking.

Aan de zeezijde, waar de invloed van golven de afzetting van sliblagen verhindert, zal de bodem worden opgebouwd uit zand. Meer naar binnen, waar de golfwerking geringer is, kunnen spekkoeklagen ontstaan.

De in dit gebied reeds bestaande ondiepe gedeelten zullen door de vermindering van de stroomsnelheden onder invloed van de golven worden opgebouwd tot een hoger liggend platengebied, de Hinderplaat.

Uit de bestaande getijberekeningen volgt dat de stroomsnelheden langs de kust van Goeree tussen het Flaauwe Werk en de Kwade Hoek bij gesloten uitwateringssluizen afnemen. Op korte termijn is ten gevolge van stroming dan ook geen afname van deze kust te verwachten. Het is echter de vraag in hoeverre zich zand van de vooroever naar de geul zal verplaatsen onder invloed van de golfwerking. Als gevolg van een dergelijk proces zou enige achteruitgang van de kust optreden, tot een nieuw evenwicht ontstaat. Langs het gehele kustgebied van Voorne zal de golfinvloed zolang de sluizen gesloten zijn de invloed van de stroom overheersen. Bij maximale eb en vloed zijn de stroomsnelheden bij de Groene Punt tijdens een gemiddeld getij vrijwel nihil. Het binnengebied wordt dan gevuld en gelegeerd vanuit het Slijkgat en het Bokkegat, en het kustgebied ten noordoosten van de Groene Punt via het Gat van de Hawk en het gebied van de noordelijke Hinderplaat.

De snelheden in het Rak van Scheelhoek nemen zodanig af, dat er zich, vooral bij de Haringvlietdam, slib in zal gaan afzetten. Omdat het kusttalud tussen de Haringvlietdam en de Groene Punt beneden N.A.P. – 2 à – 3 m steil is, kan zich ook bij het afvlakken van dit talud onder invloed van de golfwerking plaatselijk een geringe achteruitgang van de kustlijn voordoen. De golfwerking langs dit deel van de kust van Voorne zal echter minder worden naarmate de mond van het Haringvliet verondiept. Vooral de hogere golven zullen dan op de ondiepten in de mond gaan breken.

Hoewel de beschreven ontwikkelingen zich geleidelijk – in de loop van enkele jaren – zullen voltrekken, blijkt wel, dat het noodzakelijk is om ze voortdurend te volgen. Hiervoor is dan ook een uitgebreid meetprogramma opgesteld, dat het mogelijk maakt om bij ongewenste ontwikkelingen tijdig in te grijpen.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Sluiting van het Rak van Scheelhoek

De blokkendam door het Rak van Scheelhoek was eind juli geheel met zandasfalt afgedicht. In totaal werd daarbij 29 000 ton zandasfalt verwerkt. Na het gereedkomen van deze bekleding werd getracht zo snel mogelijk zand voor de dam te spuiten. Vanuit het zuiden was het zandpersen al zover gevorderd dat de zuiger 'Enkhuizen' half juli kon worden afgevoerd.

Door tijdens de bouwvakvakantie door te persen had men half augustus langs de gehele blokkendam tot een hoogte van N.A.P. + 4 m zand aangebracht met een minimum breedte van 50 m.

Hierna was het niet meer noodzakelijk met zo'n hoge capaciteit te spuiten, zodat ook de zuiger 'Haringvliet' kon worden afgevoerd. De zuiger 'Gouda' zette het werk verder alleen voort. In deze periode werd ca.

3 300 000 m³ zand in de dam en de duinverzwaring gebracht. Aan de zeezijde werd verder gewerkt aan de opbouw van de glooiing. Eind augustus was de onderbouw zover gevorderd dat

met het schikken van de zware steen kon worden begonnen. Aan de constructie van deze glooiing is in het vorig nummer van deze Berichten in een afzonderlijk artikel aandacht besteed.

De steen wordt per auto uit de werkhaven aangevoerd en geschikt met behulp van hydraulische kraantjes. Eind september moest van de onderbouw van mijnsteen en kraagstukken nog 200 m worden aangelegd.

In augustus ontstond door slecht weer enige vertraging die echter later gedeeltelijk weer kon worden ingelopen. In de laatste drie maanden werden 100 000 ton mijnsteen, 34 000 ton stortsteen en 20 000 m² kraagstuk verwerkt.

In september werd begonnen met het demonteren van de kabelbaan. Geleidelijk werd de kabel ontspannen door het wegnemen van de ballast. Hierna werd de kabel uit de draagconstructies verwijderd. Inmiddels werd op het zuidelijk plateau een begin gemaakt met het demonteren van de vaste railconstructie en de draaischijf. Het afkomend materiaal wordt meteen afgevoerd en op een terrein bij de werkhaven Schelp-
hoek aan de zuidoever van Schouwen opgeslagen.

Werken bij de havenmond van Dirksland

De werkzaamheden aan het dijkvak op de Westplaat zijn in de verslagperiode voortgezet met

het onder profiel brengen van het zandlichaam. Het binnenbeloop werd bekleed met teelaarde terwijl het buitenbeloop en de kruin afgedekt werden met een laag klei. Tevens is de haven van Dirksland nu definitief in verbinding gebracht met het Zuiderdiep. De noordelijke oever van deze verbinding is van N.A.P. + 0,50 m tot N.A.P. – 0,50 m bekleed met een laag grind.

Op 18 september zijn deze werken voor de eerste maal opgeleverd.

Volkerak

De afsluitdam in het Volkerak en de uitbreiding van het Hellegatsplein

De wegen over de afsluitdam en op het Hellegatsplein zijn thans alle geasfalteerd. In de bermen van de wegen op de afsluitdam werden over een lengte van 7 km vangrails aangebracht, terwijl in de middenberm lichtmasten werden geplaatst. Voortgegaan werd met de aanleg van een weg voor langzaam verkeer. Op 17 augustus werden de asfaltwegen als B-weg voor het verkeer opengesteld. Het grondwerk van de dam en op het Hellegatsplein kon in de verslagperiode worden beëindigd. Op 5 oktober is het werk voor de eerste maal opgeleverd.

Brouwershavense Gat

Portaalkranen

De kraanbanen werden op beide werkkerreinen op de juiste hoogte en richting afgewerkt terwijl de ballastbedden ervan onder profiel werden gebracht. De portaalkranen die tijdens de sluiting betonblokken uit de depots op auto's zullen laden, kunnen van nu af op de banen rijden. Het is de bedoeling dat op elk van beide werkkerreinen twee kranen zullen werken. De eerste kraan is nagenoeg bedrijfsklaar; hij staat opgesteld op het opslagterrein Schouwen. De overige drie kranen worden thans gemonteerd; met tussenpozen van drie weken zullen ze in bedrijf komen.

Voor de elektrische voeding van de portaalkranen is op de Middelpaats een dieselcentrale opgesteld die tevens de elektrische energie zal leveren voor de aandrijving van de draaischijf van de kabelbaan. Op het terrein op Schouwen is ten behoeve van de energievoorziening een transformatorstation geplaatst.

Kabelbaan

De gehele montage van de kabelbaan is opgedragen aan de firma de Groot te Zwijndrecht. Het vaste railgedeelte op Schouwen is nagenoeg gereed. Aan het einde van deze verslagperiode is een begin gemaakt met de montagewerkzaamheden op het damvak Middelpaats. Voor de montage van de pyloonkoppen op het landgedeelte en de zeer zware constructiedelen van het vaste-railgedeelte van de kabelbaan heeft de aannemer een 165 tons rupskraan ingezet. De koppen van de rivierpylonen werden met een drijvende bok geplaatst. De beide draagkabels werden aangevoerd en in het afwikkel-frame boven de balansenbak geplaatst. Het ligt in de bedoeling medio oktober te beginnen met het overtrekken van de beide kabels over het sluitgat.

Vervaardiging van betonblokken

De betonblokkenfabrikant kampte aanvankelijk nog met bedrijfsstoringen, vanaf midden augustus is daar verbetering in opgetreden. De aanvoer van blokken is nu op gang gekomen; de geplande hoeveelheden worden echter nog niet bereikt. Aanvankelijk werden alleen op het opslagterrein Schouwen blokken opgestapeld. De blokken voor dit terrein worden van het fabrieksterrein te Dintelmond met schepen aangevoerd naar de werkhaven Schelphoek, waar ze met een kraan worden overgeslagen op vrachtauto's met aanhanger; elke combinatie vervoert per rit ongeveer twaalf blokken via de Dammenweg naar het opslagterrein. Hydraulische kranen stapelen de blokken in depot. Vanaf half september wordt ook een depot op het terrein op de Middelpaats bevoorrad.

De blokken die daarvoor bestemd zijn, worden eveneens per schip aangevoerd en met auto's naar het opslagterrein gereden; de vervoersafstand

over de weg is hier slechts kort, zodat met 3 vrachtauto's, elk met 4 blokken beladen, kan worden volstaan. In deze verslagperiode werden totaal 35 000 blokken in de depots gestapeld.

Verlenging van het damvak Kabbelaarsbank

Nog voor de bouwvakvakantie werd het meest aangevallen, westelijke gedeelte van het dijk-talud van het damvak Kabbelaarsbank voltooid, althans voor zover het glooiingswerken betrof. Onmiddellijk na de vakantie werd het overige werk aan de glooiingen afgemaakt.

Thans rest nog de verharding door zand-cementstabilisatie van het kopplateau en de asfaltverharding van de taluds naar de kruin op N.A.P. + 11 m. De bezinking van het onderwaterbeloop van het damvak is

Profilering en taludopbouw van de zanddam door het Rak van Scheelhoek.

Foto van 23 oktober 1970



gereedgekomen, ze bestaat uit klassieke zinkstukken; de twee stukken aan weerszijden van het landhoofd zijn voorzien van een zoolconstructie.

Noordelijk Sluitgat

In de verslagperiode kwam het asfaltship 'Jan Heijmans' gereed met het ieggen van dat deel van de bodembescherming dat in asfaltmestiek moest worden uitgevoerd. Zoveel mogelijk werd de met stortsteen verzwaarde rand snel met asfaltmestiek gepenetreerd. De laatste werkzaamheden bestonden uit het penetreren van de aansluiting der zoolstukken, die het asfalt overlappen. Na afloop der werkzaamheden is het schip afgevoerd naar de thuishaven Numansdorp voor onderhoud en reparatie.

Het met zoolstukken te beschermen gedeelte van de geulbodem is nog niet geheel gereed.

Om ongewenst omklappen door de stroom onmogelijk te maken werden de einden van de zoolstukken met betonbalken verzwaard.

Wederom werd veel hinder ondervonden van aanzandingen aan beide oevers van het sluitgat, hetgeen de uitvoering van het zinkwerk vertraagde. In het tussenliggende gedeelte van de drempel traden echter uitschuringen op, welke zoveel mogelijk werden beperkt door het storten van fijn grind.

In de maand september werd in hoog tempo gewerkt aan het storten van de lagen fijn en grof grind voor de opbouw van een filterconstructie in de drempel; gestort werd van noord naar zuid.

Alvorens de deklaag van de caissondrempel, bestaande uit stortsteen 10-300 kg stukgewicht, kan worden aangebracht moet de laag grind worden vlakgebaggerd. Om de waterstand tijdens de baggerwerken en in de toekomst tijdens de sluiting nauwkeurig te kunnen aflezen, zijn aan weerszijden van het sluitgat verlichte elektrische peilschalen aangebracht. De bestortingen van de zinkstukken en de laag asfaltmestiek worden zo snel als mogelijk uitgevoerd met steenstorters, die door drijvende kranen beladen worden

met materiaal uit de bestaande stortsteendeputs dan wel direct uit de aanvoerschepen.

Om de werkhaven Middelpaats geschikt te maken voor de opslag van materialen voor de afsluiting van de betonblokkenkade in het voorjaar van 1971, moet hij worden uitgediept. Voor dat werk en ook om de aanzandingen in het sluitgat snel te kunnen opruimen, werd op 10 september een tweede baggermolen, de 'Maasmond', ingezet, met een emmerinhoud van 800 l. De Hompelgeul, die een gedeelte vormen moet van de vaarroute van de doorlaatcaissons door de zandpaats ten oosten van het noordelijk sluitgat, werd verder op diepte gebracht. Reeds werd 840 000 m³ zand gewonnen en gespoten in de depots op het eiland Goeree.

Zuidelijk Sluitgat

De 50 000 betonblokken die overgeschoten zijn van de voorspoedige kabelbaansluiting van het Haringvliet, zijn naar het Brouwershavense Gat overgebracht, en worden daar verwerkt in een 4 m hoge blokken-deken over de drempel in het zuidelijk sluitgat, als basis voor de in 1971 te storten sluitkade van betonblokken.

De blokken worden per elevatorbak aangevoerd en door een verankerde drijvende kraan met drie tegelijk in de drempel gestort.

Alle 50 000 blokken moeten vóór het spannen van de draagkabels van de kabelbaan een aanvang neemt, verwerkt zijn.

Caissonbouw

Midden september zijn de twaalf doorlaatcaissons en de twee landhoofdcaissons voor de afsluiting van de Kous geheel gereed gekomen. Ook de elektrische uitrusting voor de lierwerken en de verlichting is aangebracht.

Men wilde met één caisson een proefzinkmanoeuvre verrichten op een verdiept stuk terrein, ter plaatse van de voormalige parkeerplaats. Daartoe werden gedurende de eerste helft van september grondboringen en sonderingen verricht, en waterspanningsmeters geplaatst. Er werd een drainage-bed aange-

legd, om tijdens het proefzinken gebruik te kunnen maken van de bodemafluiters. Op 16 september werd een begin gemaakt met de inundatie van de bouwput tot N.A.P. - 50 cm. De caissons konden daarna drijvend gemaakt worden en aan proeven onderworpen.

Het werk ligt 2½ maand voor op het geplande tijdschema.

Eenheidscaissons voor de afsluitingswerken in het Brouwershavense Gat en de Oosterschelde

Op 10 maart 1970 werd de bouw aanbesteed van 29 gewapend-betonnen eenheidscaissons met bijbehorende opzetstukken. De laagste inschrijver, de combinatie Amsterdamsche Ballast Maatschappij en Van Hattum en Blankevoort, had al tweemaal eerder dergelijke opdrachten uitgevoerd op het werkterrein bij de voormalige veerhaven bij Kats (Noord-Beveland).

Alle bekistingsmallen waren daar nog aanwezig, zodat onmiddellijk na de gunning kon worden begonnen met de produktie. Thans zijn 23 eenheidscaissons gereed. Acht stuks worden rechtstreeks afgevoerd van het werkterrein naar de werkhaven op de Neeltje Janspaats, om daar te worden samengevoegd tot loswallen. Tien andere werden overgebracht naar de opslagplaats in het Veerse Meer.

Hergebruik van een gesloten caisson

Een gesloten, geheel van beton vervaardigde caisson die tijdens de herstelwerkzaamheden na de ramp van 1953 tijdelijk dienst heeft gedaan bij de sluiting van de veerhaven van Kruiningen, wordt opnieuw bedrijfsklaar gemaakt om te kunnen dienen als reserve-caisson bij de sluiting van de Kous in het Brouwershavense Gat. De caisson werd weer drijvend gemaakt en uit het Veerse Meer, waar hij aan de grond was gezet, versleept naar Vlissingen; daar wordt hij in een dok van de N.V. Koninklijke Maatschappij De Schelde weer voor gebruik gereed gemaakt. Men maakt de afluiters gangbaar, bevestigt diverse staalconstructies aan de bodem en verricht onderhoudswerkzaamheden aan de caisson.

Oosterschelde

Werkhaven 'Sophiapolder'

Volgend jaar zal de werkhaven 'Sophiapolder' gaan dienst doen bij de aanleg van het werkeiland 'Noordland'; de materialen voor de opbouw van dit eiland zullen vanuit deze werkhaven naar het werk worden overgebracht. In verband daarmee werd in de verslagperiode alvast een aanvang gemaakt met het aanvoeren en opschelven van rijnshout.

Werkhaven 'Schelphoek'

In deze periode werden de volgende materialen aangevoerd en/of in depot opgeslagen dan wel rechtstreeks naar het in aanleg zijnde werkeiland 'Neeltje Jans' afgevoerd: 106 000 ton mijnsteen, 20 000 ton stortsteen 10-60 kg en 180 000 bossen rijnshout.

Bovendien werd een gedeelte van het haventerrein ingericht voor de opslag van gedemonstreerde onderdelen van de kabelbaan over het Haringvliet.

Werkeiland 'Neeltje Jans'

De opbouw van het eiland maakt goede voortgang. Ten behoeve van de oostelijke uitbreiding van het eiland werd de hoeveelheid aan te brengen zand met 1,5 miljoen m³ vergroot.

In de verslagperiode werd 2 900 000 m³ zand verwerkt: in totaal is nu ruim 4 100 000 m³ zand rechtstreeks in het werk geperst; voorts 120 000 ton mijnsteen dat in perskaden werd gebracht, en 45 000 m² zinken kraagstukken.

Met het oog op bovengenoemde uitbreiding werd in zandwin-gebied I ten westen van het te maken werk gelegen een derde winzuiger ingezet, de 'Haringvliet'.

Een gezonken leiding van 750 m lengte werd tussen een nieuw aangebrachte prop bij het win-gebied en het eiland gelegd. De produktie van de drie winzuigers gezamenlijk is gemiddeld 300 000 m³ per week. Het ziet er dan ook naar uit dat, indien de weersomstandigheden

gunstig blijven, al het zand vóór eind oktober in het werk zal zijn gebracht.

Daar de in het vorige nummer van de Berichten genoemde proef met een zelfdrijvende rubberen leiding goed voldaan heeft, besloot de aannemer de tweede zuiger ook met een dergelijke leiding uit te rusten. Daartoe werd 400 m rubberen leiding aangeschaft.

De betonnen damwand aan de zeezijde van het eiland kwam gereed. Ook de kraagstukken aan zeezijde werden voor een groot gedeelte aangebracht. Verder werd een aanvang gemaakt met de taludverdediging, die bestaat uit een met gietasfalt gepenetreerde stortsteenlaag vanaf N.A.P. + 1 m tot N.A.P. + 6,50 m.

De taludverdediging van de noordelijke kop, bestaande uit betonblokken vanaf N.A.P. tot N.A.P. + 3 m en daarboven een asfaltbetonlaag van 20 cm tot N.A.P. + 6,50 m, kwam gereed. De stroomgeleidingsdam aan zeezijde opgebouwd met zware stortsteen 300-1000 kg is bijna voltooid. Bij wijze van proef werden over een lengte van 250 m in plaats van zware stortsteen grote betonblokken met een stukgewicht van 2,5 ton geplaatst. De werkzaamheden aan de beide havendammen aan de oostzijde van het eiland vorderen gestaag.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De vaargeulen naar Zoutkamp en naar Dokkumer Nieuwe Zijlen, respectievelijk de Zoutkamperril en het Dokkumer Diep, zijn thans geheel op diepte gebaggerd. De uitbreiding van de toekomstige vissershaven vordert goed.

De weg tussen de uitwateringsluizen en de schutsluis is gereed, compleet met baanverdubbeling en aansluiting op de parkeerterreinen van de veerdienst van en naar Schiermonnikoog. De weg vanaf de schutsluis in oostelijke richting naar de Marnewaard is vrijwel voltooid. Met de aanleg van parkeerterreinen ten behoeve

van de veerdienst is een aanvang gemaakt. Een gedeelte voor 400 auto's is al klaar gekomen. Met de aannemer zijn overeenkomsten gesloten voor de uitvoering van werken ten behoeve van de veerdienst: het heien van steigers en de aanleg van 300 m loswal in de vissershaven.

Een gedeelte van de zandplaat De Rug werd weggezogen, ten einde de watertoevoer naar de uitwateringsluizen en de vaargeul naar de schutsluis te verbeteren. Het uitkomende zand is gebruikt voor het dichten van oude stroomgeulen en voor het ophogen van terreinen ter plaatse van de toekomstige woonkern; het overblijvende werd opgeslagen in depots, en zal later bij de inrichtingswerken worden gebruikt.

In een gedeelte van de Marnewaard werd een proefpolder ingericht, om onderzoek te doen naar toe te passen soorten drainage, begreppeling en afvoertochten.

De aanpassingswerken aan de Friese sluis te Zoutkamp zijn voltooid. Met de aanpassingswerken aan de oude zeeluzen te Dokkumer Nieuwe Zijlen werd een aanvang gemaakt. De sluzen daar zullen voorzien worden van verticaal bewegende stalen schuiven; de bewegingswerken zullen in kelders worden ondergebracht. Deze sluzen doen in de toekomst nog alleen dienst als stroomsluzen. De beweegbare brug kan daardoor komen te vervallen en worden vervangen door een betonnen plaatbrug. Het complex zal geheel worden drooggezet en gerestaureerd. Tot het gereedkomen van de betonnen plaatbrug en de aansluitende wegen zal het verkeer worden geleid over een tijdelijke en aan de buitenzijde van de sluis gelegde treadway-brug met aansluitende wegen.

Men is begonnen de kistdammen op te ruimen die in 1962 waren aangebracht ter verhoging van enkele gedeelten van de zeeewernde dijk rondom de Lauwerszee.

Verantwoording van de foto's

Aero Camera 196

Aero Carto 196

Hofmeester 192 196 197 213

Aart Klein 170 178 184 191 200 210

Waterloopkundig Laboratorium 187 188 189

Arie Nijhof 198

Inhoud

Milieu-onderzoek in het Deltagebied 219

A. De werken van het Deltaplan

De voorbereidingen en het sluitingsschema
voor de afsluiting van het Brouwershavense
Gat 227

De waterloopkundige begeleiding van de
afsluitingen in het Brouwershavense Gat 233

De stalen bovenbouw van de kabelbaan over
het Brouwershavense Gat 241

De afsluiting van de zuidelijke stroomgeul in
het Brouwershavense Gat 249

De afsluiting van de Kous met behulp van
caissons 254

Het werkeiland Noordland in de
Oosterschelde 260

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

Verhoging en verzwaring van de zeedijk van
de Margarethapolder 264

Vorderingen 267



De grote veranderingen die zich door het ingrijpen van de mens in een versneld tempo vrijwel overal ter wereld voltrekken, betekenen in vele gevallen een aantasting van het leefklimaat in ongunstige zin; men is zich daarvan wel wat laat bewust geworden. De noodzaak om aan dit aspect van de moderne technische ontwikkeling grotere aandacht te besteden wordt thans evenwel vrij algemeen erkend.

Milieu-onderzoek in het Deltagebied

Ook bij de Rijkswaterstaat ziet men de noodzakelijkheid, zich rekenschap te geven van de beïnvloeding van het milieu door de uitvoering van infrastructurele werken. Zeker geldt dit voor het Deltagebied, dat immers door de uitvoering van grote waterstaatswerken een totaal ander aanzien krijgt en waar de ontwikkelingsmogelijkheden in tal van opzichten heel anders zijn komen te liggen dan zonder het Deltaplan het geval zou zijn geweest. Het gaat er thans om, de nieuwe mogelijkheden, die voor de ontwikkeling van het Deltagebied worden geschapen, optimaal te benutten met inachtneming van de gevolgen die het stimuleren van bepaalde ontwikkelingen zal kunnen hebben voor het milieu als welzijnsfactor. Daarvoor is veelzijdig onderzoek nodig, waarin bodem, water en lucht dienen te worden betrokken; voor wat de bodem betreft dient in de eerste plaats te worden gedacht aan de buitendijkse gronden, d.w.z. oeverlanden en stranden, waarvan de ontwikkelingsmogelijkheden door ingrijpen van Rijkswaterstaatszijde immers direct worden beïnvloed.

Oeverlanden en stranden

De wordingsgeschiedenis en de vormgeving van het Deltagebied zijn door de eeuwen heen bepaald door natuurlijke processen enerzijds, en door kunstmatige waterstaatkundige ingrepen in deze processen anderzijds. De menselijke acties waren daarbij lang niet altijd tegengesteld aan de natuurlijke ontwikkelingen, zeker niet in het begin, toen de geringe middelen die men tegenover de natuurkrachten kon stellen, succesvol ingrijpen slechts daar mogelijk maakten waar men met de

natuur meewerkte. Zo kan men de vroegere bedijkingen van aanwassen zien als de consolidatie van hetgeen door een natuurlijk sedimentatieproces werd tot stand gebracht. Door de bedijkingen werden tal van aanwassen geheel aan de invloed van het vrije water onttrokken; natuurgebied werd tot cultuurgebied gemaakt. Door erosie en golf-aanval echter werd veel land blijvend of tijdelijk door de zee teruggewonnen.

Om de balans op te maken van dit spel gedurende de laatste 6 eeuwen, kunnen we uitgaan van een kaart van de situatie rond 1300, die op basis van gegevens uit oorkonden en acten door Dr. A. A. Beekman werd samengesteld. Bij vergelijking met een hedendaagse kaart blijkt de mens aanzienlijke winst te hebben geboekt aan bedijkt land. Dit is echter voor een belangrijk deel gebeurd ten koste van de aanwassen, die op de kaart van Beekman het beeld nog overheersen, maar die heden ten opzichte van het bedijkte land nog maar een zeer ondergeschikte plaats innemen. De eeuwenlange menselijke activiteit, gericht op de vergroting van het cultuurgebied en van de veiligheid der bewoners van de Delta, leidde tot stelselmatig terugdringen van het natuurlijk milieu. Deze activiteit heeft zich het krachtigst doen gelden van de 15e tot de 17e eeuw; aan het einde van de 15e eeuw was de oppervlakte bedijkt gebied al groter dan de oeverlanden.

De berekening van de landaanwinst in de 19e en 20e eeuw kan door de grotere betrouwbaarheid der kaarten veel nauwkeuriger zijn. De toestand aan het begin van de 19e eeuw is weergegeven in de eerste moderne kaart van het beschouwde gebied, die in 1817 werd opgemaakt door de Franse hydrograaf Beau-

temps Beaupré. In verhouding tot het reeds bedijkte land mag de aanwinst in de laatste twee eeuwen gering zijn geweest, in vergelijking met hetgeen in het begin der 19e eeuw nog aan oeverlanden aanwezig was, is het verschil tussen 1817 en 1970 opvallend: nagenoeg de helft van de oeverlanden ging in die tijd door nieuwe bedijkingen verloren. Het is interessant de gevolgen van het Delta-plan ook eens in dit licht te bezien. Dan blijkt dat van de bestaande oeverlanden en stranden door dit plan nauwelijks iets verloren gaat. Integendeel: binnen de dammen zal een groot gebied, in totaal 10 000 ha, permanent boven water komen te liggen, welk gebied dus eigenlijk aan het bestaande buitendijkse areaai wordt toegevoegd. Wel verandert het milieu van vele van deze gebieden. De getijbeweging vervalt in het zuidelijk bekken ge-

heel, in het noordelijk bekken grotendeels, terwijl het watermilieu in het zuidelijk bekken van zout naar zoet verandert. Buiten de Deltadammen valt ook een niet onaanzienlijke toename van stranden en oeverlanden te verwachten. Hoe de hydrografische situatie zich daar precies zal ontwikkelen, is nog niet bekend. Zou er echter een figuratie ontstaan van de orde van grootte als speculatief is voorgesteld op de kaartjes in Bericht 43, dan zou met een aanwas buitendijs van rond 5 000 ha mogen worden gerekend. Voeger beschouwde men de bedijking van oeverlanden en de omzetting ervan in cultuurland zonder meer als winst. De buitendijkse gronden hadden immers voorheen in het oog van de mens op zich zelf niet veel waarde. Zij waren slechts belangwekkend als potentieel cultuurland en veelal ook als buffer, als

1

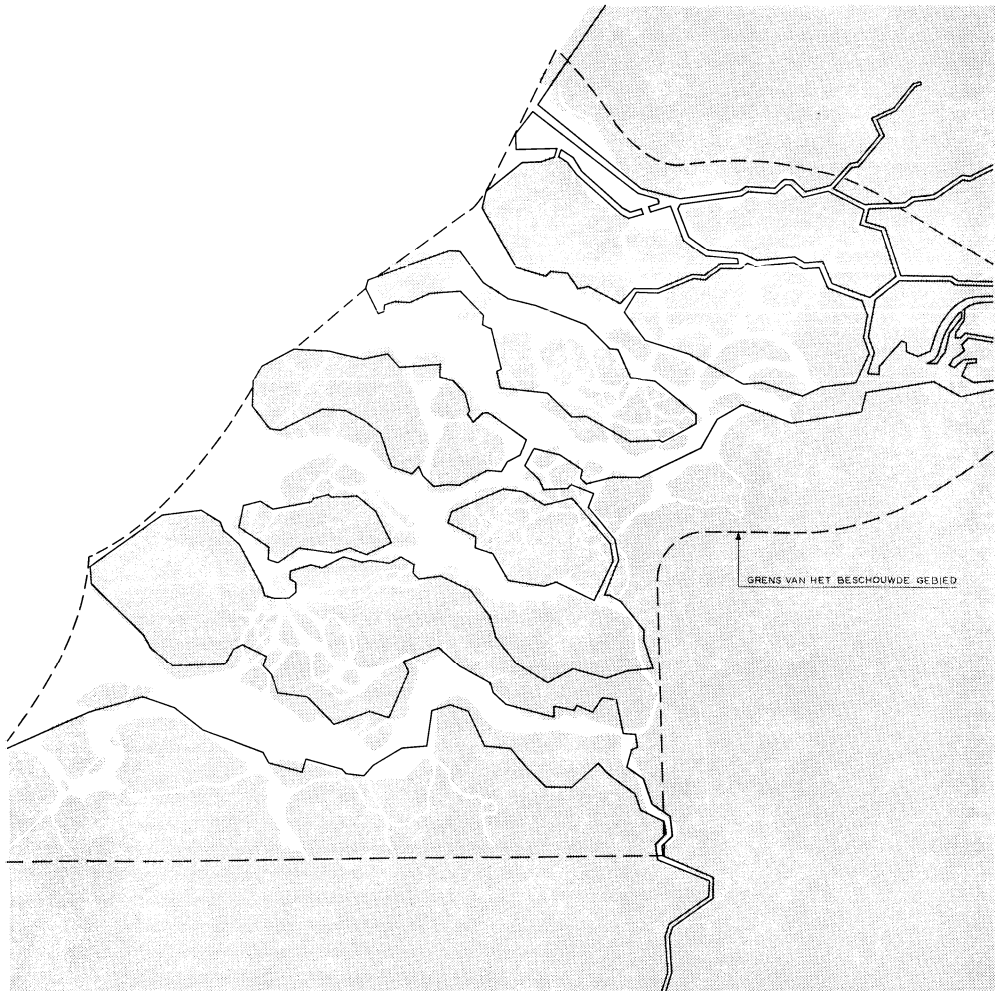


Foto op p. 218.
Drooggevallen oeverland in de
Oosterschelde bij Reimerswaal

1
De zuidwestelijke Delta in 1300,
met daarop geprojecteerd de
tegenwoordige bedijkingen

2
Terreinwinst van de mens in het
beschouwde gebied

eerste verdedigingslinie tegen het buiten-
water; een breed oeverland gaf een goede
bescherming van de achterliggende dijk, door-
dat het de stroom afhield en de golfslag
dempte. Dit laatste gold mutatis mutandis ook
voor de stranden, die slechts belangrijk wer-
den geacht als onderdeel van de duinkering.
Een breed strand beschermde de buitenste
duinreep tegen afslag. Hoe belangrijk men het
behoud van strand ter bescherming van de
duinreep achtte, blijkt uit de vele verdedigings-
werken – meest strandhoofden – die vooral
in de loop van de laatste honderd jaar werden
aangelegd. Behoud van strand terwille van het
strand zelf, bijvoorbeeld als waardevol re-
creatiegebied, speelde toen nog geen rol. Uit
dien hoefde zou men voor de kostbare strand-
hoofden geen geld over hebben gehad.

Werden bij ons de buitendijkse gronden en
zandstranden lange tijd overwegend slechts
als strijdtoneel en bolwerk tegen de zee be-
schouwd en slechts uit dit oogpunt van be-
lang geacht, elders was de belangstelling voor
deze gebieden dikwijls minimaal of afwezig.
Zo is in de Verenigde Staten de belangstelling
voor stranden en daarmee voor hun instand-
houding eigenlijk pas in sterke mate gewekt
toen men ze als belangrijke recreatiegebieden
ging zien. Het intensieve kustonderzoek dat
in deze eeuw in de Verenigde Staten van de
grond kwam, is voor een belangrijk deel ge-
stimuleerd door de strandrecreatie, waarbij de
waarde van het strandmilieu op zich zelf
veelal als doorslaggevend motief werd gezien
om te streven naar zijn behoud.

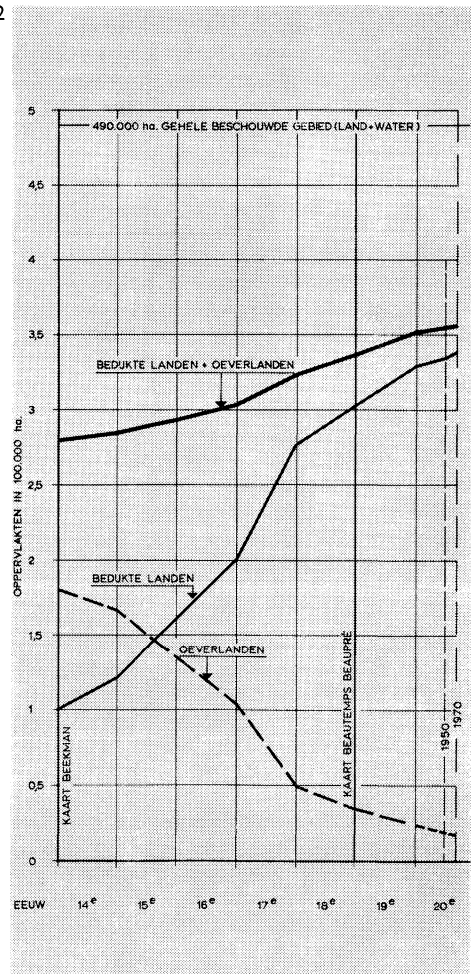
Maar in de twintigste eeuw geldt ook bij ons
het strand niet langer slechts als onderdeel
van de waterkering, doch tevens als domi-
nerend element in onze, in verhouding tot vele

andere landen, niet zo ruime recreatieve
mogelijkheden.

Behalve de stranden hebben ook de oever-
landen een belangrijke herwaardering onder-
gaan. Hoewel ze meestal niet geschikt zijn
voor massarecreatie, is men de bijzondere
bekoring en specifieke waarde gaan ontdek-
ken van slikken en schorren met hun aparte
vegetatie en rijk vogelleven, terwijl men ze
vroeger meestal slechts onherbergzaam en
onaantrekkelijk vond.

De herwaardering van oeverlanden en stran-
den heeft ook invloed gehad op de water-
staatkundige bemoeiing met deze gebieden.
Van ouds waren ze vanwege hun belang voor
de waterkeringen een bijzonder onderwerp
van waterstaatszorg. De processen van op-
bouw en afslag van de oeverlanden en stran-
den werden nauwlettend gevolgd. Aanvanke-

2







lijk geschiedde dat in hoofdzaak door plaatse-lijke peilingen, maar in 1879 bracht de provincie Zeeland door een provinciale verordening eenheid in deze bewakingspeilingen. Later, in de jaren dertig van deze eeuw, werd door de studiediensten van de Rijkswaterstaat ook het gehele aangrenzende stroomgebied van de rivierarmen en zeegaten bij de metingen betrokken; in die tijd werden voor het eerst naast peilingen ook regelmatig stroommetingen en golfwaarnemingen verricht. In hoofdzaak ging het daarbij nog steeds om de bestudering van de hydrografische situatie en de veranderingen daarin; met name de wijziging van omvang en omtrek der oeverlanden en hun taluds. En voor zover ook de opbouw de aandacht kreeg, was dit met het oog op de standzekerheid; reden waarom veel aandacht uitging naar de bestudering van het verschijnsel der oevertallen.

In de laatste jaren is het belang van de oeverlanden in breder verband sterk naar voren gekomen; ze worden thans – zoals we hiervoor zagen – als een belangrijke uitbreiding van het natuurlijke landschapsareaal beschouwd. Aan dit areaal zullen van plaats tot plaats verschillende bestemmingen kunnen worden gegeven, waarbij zowel aan de belangen van allerlei vormen van recreatie als aan die van de natuurbescherming recht kan worden gedaan. De bestemmingsmogelijkheden zijn nauwelijks volledig uit te buiten zonder een goed inzicht in de landschappelijke, biologische en bodemkundige processen die zich op de oeverlanden na hun droogvallen voordoen. De oeverlanden vertonen onderling namelijk grote verschillen in omvang, reliëf, aard van het bodemmateriaal, grondwaterstanden en de met al deze factoren samenhangende natuurlijke vegetatie. Inzicht in deze factoren is ook vereist om desgewenst door gerichte maatregelen een bepaalde landschapsontwikkeling te stimuleren. De onderlinge samenhang van al de bovengenoemde processen en de daaruit resulterende eigenschappen van een bepaald ge-

bied vormen een onderdeel van het milieu-onderzoek.

Aangezien het nieuwe milieu van de oeverlanden een direct gevolg is van de afsluitingswerken, is het milieu-onderzoek in dezen een duidelijke waterstaatszorg, temeer daar de Rijkswaterstaat tevens in belangrijke mate betrokken is bij de bestemming en inrichtingswerken van de oeverlanden.

Bij een dergelijk onderzoek ontmoeten de hydroloog, de sedimentoloog, de bodemkundige, de bioloog en milieuhygiënist elkander, en als het goed is komen ze tot nauwe samenwerking. Beide eerstgenoemden zullen zich daarbij in eerste instantie moeten uitspreken over de toekomstige vorm van de oeverlanden en de aard van de sedimenten; de laatsten dienen, zich baserend op deze informatie, de aard en ontwikkeling van het milieu aan te

1
Het vlakke strand van de Noordhollandse kust

2
Verdediging van de duinvoet met paalhoofden

1





2

geven die te verwachten is. Dit deel van het milieu-onderzoek zal zich vooral moeten concentreren op het kustgebied. Maar ook de binnendijkse oeverlanden zullen in het onderzoek moeten worden betrokken. Het reeds lopende onderzoek dient dus zodanig te worden aangepast en uitgebreid dat de nodige gegevens voor milieubestudering in brede zin eruit kunnen worden afgeleid; nieuwe meetseries en meetmethoden zullen moeten worden ingepast in het bestaande programma.

Het water

De geschiedenis van onze bemoeiing met het water verloopt hiermee enigszins parallel. Aanvankelijk was de belangstelling voor het water vooral gericht op de afweer: de beveiliging tegen hoge waterstanden en de strijd tegen stroom- en golfaanval op onze kusten en dijken overheerste lange tijd het beeld. Ook was men zich reeds vroeg bewust van de bedreiging die het zoute zeewater voor onze waterhuishouding betekende. Naarmate de techniek vorderde namen echter ook de mogelijkheden voor gebruik van het water bij de activiteiten van de mens toe, en begon de beschikbaarheid van zoet water allengs een veel grotere rol in onze waterhuishouding te spelen.

Het snel toenemende beroep dat nu op velerlei wijze op het water werd gedaan ten behoeve van verschillende belangen, zoals scheepvaart, landbouw, drinkwatervoorziening en industrie, heeft er evenwel toe geleid dat de grens van het mogelijke in dit opzicht in onze tijd is benaderd en soms zelfs al is overschreden, mede en vooral ook door het feit dat onze waterlopen zeer zwaar zijn belast met allerlei afvalstoffen. Onder de bemoei-

ingen met het water is thans dan ook naast de strijd ertegen de strijd ervoor gekomen, namelijk voor de beschikbaarheid van voldoende water van aanvaardbare kwaliteit. Het water is geworden tot een belangrijke, vaak dominerende milieufactor. Zeker geldt deze accentverschuiving in het Deltagebied, waar het milieu drastisch wordt gewijzigd door de belangrijke waterstaatkundige ingrepen die er plaatsvinden, zozeer, dat er zelfs klimatologische gevolgen van zijn te verwachten. In het hydrologisch onderzoek heeft zich dan ook een verandering voorgedaan, gekenmerkt door toenemende gerichtheid op de factoren die bepalend zijn voor de kwaliteit van het milieu. Was het onderzoek aanvankelijk in hoofdzaak gericht op de bedreiging van het stromend water voor zijn omgeving en op de mechanische verschijnselen van erosie en sedimentatie, thans zijn in toenemende mate de samenstelling en de kwaliteit van het water zelf onderwerp van onderzoek geworden. Kort na het tot stand komen van de doorgraving bij Hoek van Holland in 1869 werden de eerste grootscheepse onderzoeken verricht naar de zoutverdeling in het mondingsgebied van de Nieuwe Waterweg. Dit onderzoek werd intensiever naarmate de verziltende invloed van de zee zich uitbreidde. Door de zoutpenetratie kwam de regelmatige onttrekking van rivierwater aan de noordelijke Deltawateren ten behoeve van de tuinbouw en de drinkwatervoorziening meer en meer in gevaar.

Tijdens en vooral na de Tweede Wereldoorlog werd het waterstaatsonderzoek ook gericht op andere aspecten van de waterkwaliteit, zoals het gehalte aan organische stoffen, het fosfaat-, nitraat- en zuurstofgehalte alsmede de gehalten aan zware metalen en organische gifstoffen. Het onderzoek naar de hoedanigheid van de oppervlaktewateren in Nederland en naar de wijze waarop deze wateren kunnen worden beschermd tegen verontreiniging, werd opgedragen aan het overigens reeds in 1920 opgerichte Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater.

Als een mijlpaal moet in dit verband voorts de totstandkoming worden beschouwd van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren, die op 1 december 1970 in werking is getreden. Na de afsluiting van de zeearmen in het zuidwesten des lands zal het zoute water in de estuaria worden verdrongen door zoet water. De gevolgen van deze omwenteling worden reeds geruime tijd in hydrologisch en biologisch opzicht onderzocht. Daarbij stelt men zich niet alleen ten doel het water zo zoet mogelijk te maken, maar ook zo schoon

mogelijk. Deze doelstelling kan alleen worden verwezenlijkt indien de lozing van verzilt en verontreinigd water zoveel mogelijk wordt voorkomen, en de schutsluizen die toegang geven tot het Zeeuwse Meer waar nodig worden uitgerust met voorzieningen om verzilt buitenwater te weren.

Bij het onderzoek speelt de kwaliteit van het water van de rivieren Rijn en Maas een belangrijke rol, aangezien zij de voornaamste leveranciers zijn van het vereiste verversingswater. Vooral met het oog op het verschijnsel van de eutrofiëring wordt het Rijn- en Maaswater met zorg gadeslagen.

Met eutrofiëring wordt het proces aangeduid van het voortdurend toenemen van de hoeveelheid anorganische voedingstoffen in het water zoals fosfor- en stikstofverbindingen.

Dit – natuurlijke – proces wordt door menselijke activiteiten sterk versneld. Het water van Rijn en Maas bevat reeds zeer veel van deze voedingsstoffen; het brengen van dit water in de Deltameren zou tot een excessieve ontwikkeling van grote en kleine waterplanten in deze meren kunnen leiden.

Er is reeds geruime tijd een werkgroep bezig die tot taak heeft de eutrofiëring te bestuderen en mede aan de hand van de resultaten van proeven maatregelen voor te stellen die de kans op het optreden ervan zoveel mogelijk beperken.

Voor de toekomstige bestemming van de verschillende oppervlakten water en land in het Deltagebied is de kwaliteit van het water op zich een belangrijke bepalende factor; anderszids komen ook de recreatieve voorzieningen en de inrichting van natuurgebieden beter tot hun recht naarmate de kwaliteit van het water aan hogere eisen voldoet. Voor het onderzoek is ook hier een nauwe samenwerking vereist tussen deskundigen van verschillende disciplines, en tussen verschillende diensten en instituten.

De lucht

Atmosferische verschijnselen vormen een belangrijke randvoorwaarde voor het milieu van land en water. Het verloop van waterstanden, golfbeweging, neerslag, verdamping, bodem- en watertemperaturen, ijsgang, en wat dies meer zij, is in hoge mate mede afhankelijk van meteorologische omstandigheden. Dit zijn derhalve ook factoren die bij het milieu-onderzoek moeten worden betrokken. Voor het Deltagebied geldt dit in het bijzonder, aangezien de genoemde factoren er niet onbelangrijke wijzigingen ondergaan. Door de afsluiting van de zeearmen zullen de temperatuur en de dichtheid van het afgesloten

water veranderen hetgeen weer leidt tot veranderingen in de luchttemperatuur en luchtvochtigheid. Dit heeft dan weer zijn uitwerking op onder andere de ijstoestand, het optreden van mistverschijnselen, de nachtvorstfrequentie, de bodemtemperaturen en de vegetatie. Het meteorologische onderzoek in het Delta-gebied is dan ook mede op deze aspecten gericht.

Naast de fysische eigenschappen van de lucht wordt in toenemende mate ook aandacht besteed aan de chemische eigenschappen. Verschillende gassen die ontstaan als gevolg van het menselijk handelen en die in de atmosfeer worden uitgestoten, hebben een directe of indirecte schadelijke werking op het menselijk, dierlijk en plantaardig leven. De verspreiding van deze gassen wordt mede beïnvloed door de ruwheid van het aardoppervlak in het verspreidingsgebied. Er komen typerende verschillen voor tussen de landoppervlakten, die in het algemeen vrij ruw zijn, en ruwer naarmate er meer opgaand gewas op voorkomt, en de doorgaans gladdere brede watervlakten. Een beter inzicht in de luchtstromingen en luchtverspreiding in het Deltagebied is gewenst. Daartoe zullen doorlopende metingen worden uitgevoerd, over lange tijd te verrichten en min of meer gelijkmatig over het gehele Deltagebied verspreid. Op dit basismeetnet zullen dan meer gedetailleerde of meer plaatselijk gerichte metingen kunnen worden geënt. Ook aansluiting aan reeds lopende metingen van de luchtverontreiniging is daarbij gewenst.

Het ligt in het voornemen in deze Berichten regelmatig nadere informatie te geven over het milieu-onderzoek in het Deltagebied. Het is duidelijk dat het bij dit onderzoek, waarbij zeer uiteenlopende disciplines zijn betrokken, niet gaat om een zelfstandige taak van de Rijkswaterstaat, doch veeleer om een gecoördineerde samenwerking met verschillende instituten die bij de bewaking of de verbetering van het milieu ten nauwste zijn betrokken. Als voorbeelden van dergelijke instituten, waarmede in dit verband contacten worden onderhouden, kunnen worden genoemd het Biologisch Station 'Weever's Duin' op Voorne en het Delta-instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke.

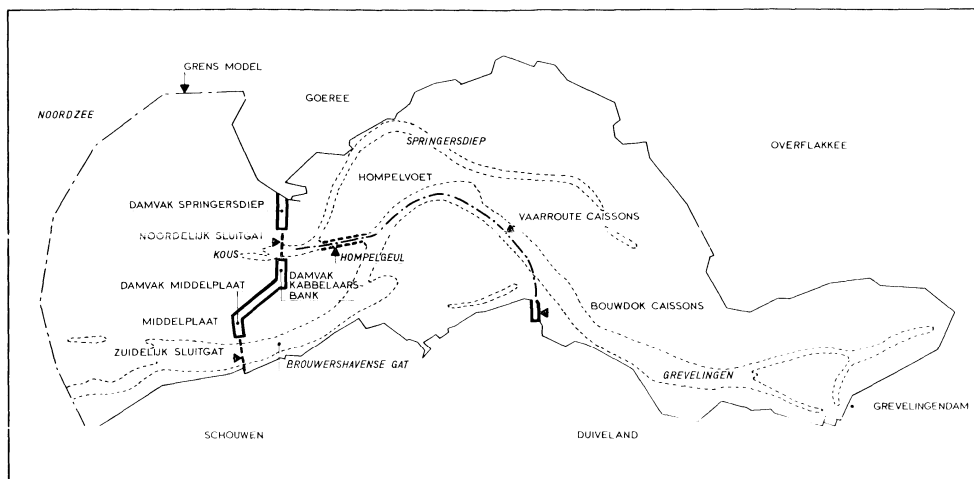
A. De werken van het Deltaplan

De voorbereiding van de afsluiting van het Brouwershavense Gat verloopt in grote lijnen op dezelfde manier als bij voorafgaande sluitingen. De sluiting van de zuidelijke geul, die met behulp van een kabelbaan zal worden verwezenlijkt, vertoont sterke overeenkomsten met de afsluiting van het Rak van Scheelhoek in het Haringvliet, in het voorjaar van 1970; bij het voorbereiden van de caissonsluiting in het noordelijk sluitgat kon worden voortgebouwd op de ervaringen die in 1969 werden opgedaan bij de afsluiting van het Volkerak en de Lauwerszee. Een nieuw element vormt echter het samenvallen van beide afsluitingen.

Uit eerdere onderzoeken is de noodzaak gebleken om beide dichtingen tegelijkertijd te laten verlopen. Wanneer eerst één van de geulen zou worden geblokkeerd, zou de vul-ling en lediging van het gehele bekken als gevolg van de getijbeweging op zee geheel moeten plaatsvinden via het nog opengebleven sluitgat. Het gevolg zou niet alleen zijn dat de stroomsnelheden daar sterk toenemen, maar bovendien dat de stromings-toestand zowel in het bekken als aan de zee-zijde van de dam ingrijpend verandert. Het bestaande geulen- en platensysteem zou plaatselijk wijzigingen ondergaan. Met name de Kabbelaarsbank en de Middelplaat, waarop aan de oostzijde van de dam diverse recrea-tieve voorzieningen zijn gepland, zouden kun-nen worden aangetast, hetgeen de inrichtings-plannen voor het bekken in de war zou sturen, terwijl bovendien de teen van het damvak op de platen de kans zou lopen te worden onder-mijnd. Ten slotte zou het blokkeren van het overgebleven sluitgat als gevolg van de hoge stroomsnelheden grote problemen kunnen opleveren. Door de sluitingsoperaties in de beide gaten goed op elkaar af te stemmen zullen genoemde gevaren tot een minimum kunnen worden teruggebracht. Het onderzoek naar de onderlinge beïnvloe-ding van beide sluitingen is voornamelijk uit-gevoerd in het getijmodel dat door het Water-loopkundig Laboratorium 'De Voorst' in opdracht van de Rijkswaterstaat is gebouwd. In dit model, dat het gehele bekken en het zeegebied tot ongeveer 8 km buiten het tracé van de afsluiting representeert, is een groot aantal combinaties van vernauwingen in de noordelijke en zuidelijke geul onderzocht, waarbij de stroomsnelheden, de waterstanden

De voorbereidingen en het sluitingsschema voor de afsluiting van het Brouwershavense Gat

en de debieten in beide sluitgaten zijn ge-meten. Tevens werd het stroombeeld aan weerszijden van het damtracé vastgelegd. Met name werden de vervallen tussen de beide sluitgaten gemeten en de als gevolg daarvan optredende stroomsnelheden in de verbind-ingsgeul, zoals de Geul van Ossehoek en de Hompelgeul, een nieuw gebaggerde geul in de vaarroute van de caissons. In het zuidelijk sluitgat zijn vooral de maxi-mum stroomsnelheden en de daarmee samen-hangende vervallen van belang, met het oog op de stabiliteit van de met de kabelbaan te storten betonblokken. Ook voor het beoor-delen van de stabiliteit van de dichtings-constructie van de blokkendam zijn deze gegevens essentieel. Het spreekt vanzelf dat naast de normaal voorkomende omstandigheden tijdens dood-, gemiddeld en springtij ook extreme omstan-digheden moeten worden onderzocht. In het model werd een stroom nagebootst die in werkelijkheid is opgetreden op 23 april 1943. Deze storm is uit andere gekozen vanwege zijn bijzondere verloop. Vanaf het normale astronomische laagwater liep de waterstand toen namelijk in één keer op naar de hoogste stand, hetgeen een zeer snelle rijzing van de waterstand betekent. Onder zulke omstandig-heden treden in de sluitgaten hoge stroom-snelheden op, ten opzichte van het gemid-delde getij vrijwel verdubbeld. De zwaarte van de steen op de drempel en op de bodem-bescherming is op dit soort omstandigheden afgestemd. Voor wat het noordelijk sluitgat betreft is veel aandacht besteed aan het verloop van de stroomsnelheden rond de kentering, in ver-band met het plaatsen van de caissons. Naast



de twee landhoofdcaissons, die vanwege hun diepgang op de hoogwaterkentering moeten worden geplaatst, zullen de twaalf doorlaat-caissons op de aanmerkelijk gunstiger laagwaterkentering worden afgezonken. De stroomsnelheden zowel voor als na de laagwaterkentering zijn namelijk veel kleiner dan rond de hoogwaterkentering, zodat het water een geringere kracht op de caissons uitoefent. Het benodigde aantal sleepboten voor de plaatsing der caissons kan daardoor geringer zijn. Ook nemen de risico's van de plaatsingsmanoeuvre af naarmate de stroomsnelheid lager is.

Behalve het overzichtsgetijmodel zijn bij de voorbereiding twee detailmodellen in het Waterloopkundig Laboratorium gebruikt. In deze modellen, die elk slechts een beperkt gebied rond een der sluitgaten omvatten, zijn uitvoerige ontgrondingsproeven verricht. In het model van het zuidelijke sluitgat is de wijze van opstorten van de blokkendam gevarieerd om de invloed daarvan op de plaats en de omvang van de uitschuringen vast te stellen. Er is naar gestreefd, de verdiepingen nabij de weinig stabiele Schouwense oever zoveel mogelijk te beperken. Daarvoor is het allereerst noodzakelijk dat wordt begonnen met het aanbrengen van een onder 1 op 25 hellende aanstorting tegen de oever. De stroom wordt daardoor uit de oever gedrukt en ook de ontgrondingen worden meer naar het midden van de geul verplaatst. De volgende fasen van de opbouw zijn zo gekozen dat ook de verdiepingen bij het landhoofd aan de Middelplaatzijde beperkt blijven, terwijl zij in het middendeel zo gelijkmatig mogelijk zijn verdeeld. Liggen zo, als gevolg van de gekozen fasering in de opbouw, de plaats

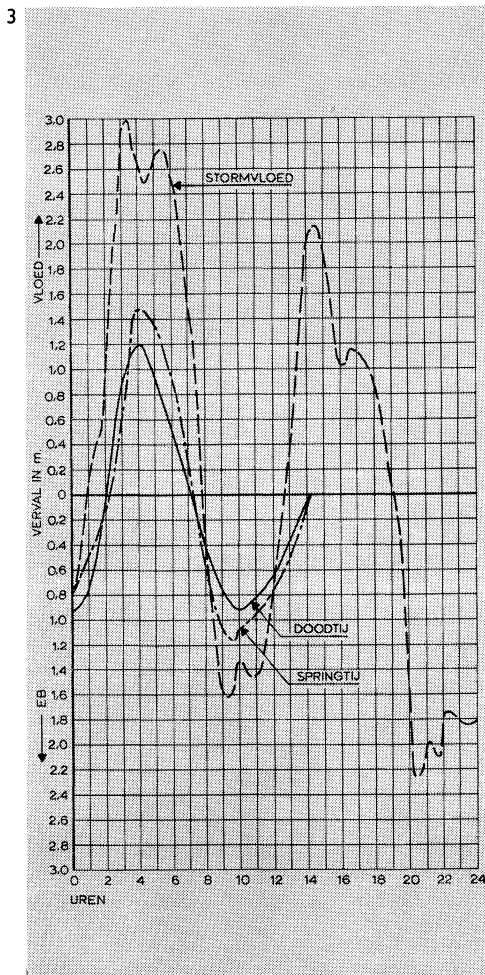
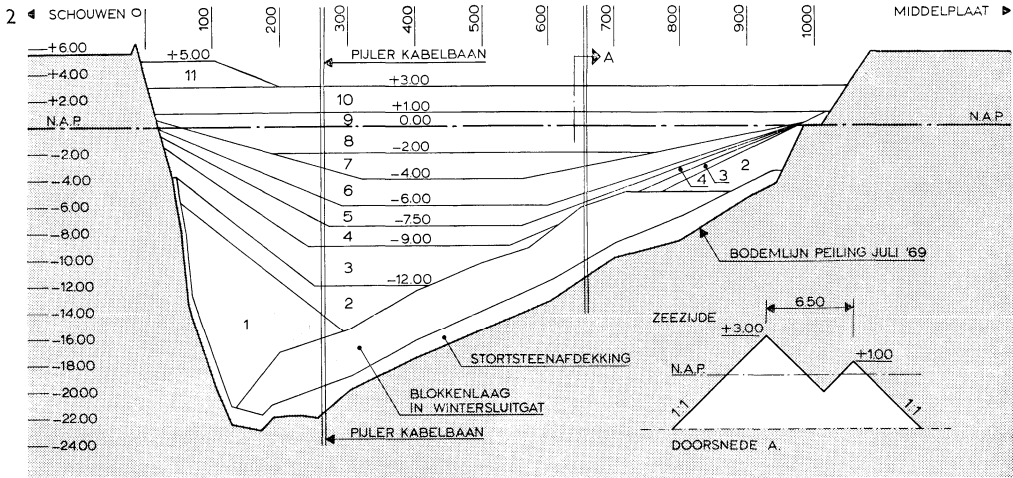
1
Overzicht van het gebied waarin de afsluitingen worden voltrokken

2
Fasen van de opbouw van de blokkendam in het zuidelijk sluitgat

3
Het verloop van de vervallen over het zuidelijk sluitgat tijdens doodtij, springtij en storm

van de ontgrondingen en de verdeling ervan over het totale profiel vast, dan hangt de absolute grootte ervan nog uitsluitend af van het werktempo van de kabelbaan en van de voortgang van de werkzaamheden in het noordelijk gat, daar deze laatste mede de stroomsnelheden in het zuidelijke bepaalt.

Als de kabelbaan 140 uur per week werkt met een produktie van 1000 ton per uur, en de sluiting van het noordelijke gat sterk achterloopt bij die van het zuidelijke, dat wil zeggen bij de gunstigste combinatie van de bepalende factoren voor het zuidelijke sluitgat, bedraagt de maximum ontgroning als gevolg van de ebstroom aldaar 9 m. In een ongunstiger geval, namelijk wanneer de kabelbaan met dezelfde uurproduktie slechts gedurende 50 uur per week werkt en de vernauwing van het zuidelijke sluitgat niet sneller gaat dan die



van het noordelijke, waar in dit geval 3 caissons per week worden geplaatst, wordt in het zuidelijk sluitgat daarentegen een verdieping van maximaal 14 m verwacht. Gebleken is dat de variatie in de plaatsingsvolgorde van de caissons slechts een ondergeschikte invloed zal hebben op de plaats en de absolute waarde van de verdiepingen. Mede op grond van uitvoeringstechnische overwegingen is daarom gekozen voor het plaatsen der caissons afwisselend aan de ene en de andere zijde van het sluitgat. De laatste caisson komt daardoor vrijwel in het midden van het sluitgat terecht.

Een voor het zuiden gunstige combinatie kan de situatie in het noorden ongunstig beïnvloeden. Evenals voor het zuidelijk sluitgat werden ook voor het noordelijke een gunstige en een ongunstige combinatie onderzocht. In het gunstige geval worden verdiepingen van 3 à 4 meter verwacht, in het ongunstige geval van 5 à 6 meter. De ontgrondingen zijn hier gelijkmatiger over het gehele sluitgat verdeeld dan in het zuiden, aangezien de plaats van de grootste ontgrondingen kon worden beïnvloed door de keuze van de opbouwfasen. In het begin van dit artikel werd reeds vermeld dat veel aandacht is besteed aan het verloop van de stroomsnelheden in de kunstmatige Hompelgeul waardoor de caissons uit het bouwdoek naar hun plaats van bestemming zullen worden verslept, en wel om twee redenen. In de eerste plaats is de 10 m diepe en op de bodem 65 m brede geul gebaggerd door de uitloper van de Hompelvoet, een plaat die daar ter plaatse 1 à 2 m beneden N.A.P. lag. Het risico is niet denkbeeldig dat deze geul weer aanzandt wanneer de stroomrichting in de geul een hoek met de geulas maakt

4

Te verwachten ontgrondingen in het zuidelijk sluitgat als gevolg van de ebstroom

- a. maximaal
- b. minimaal

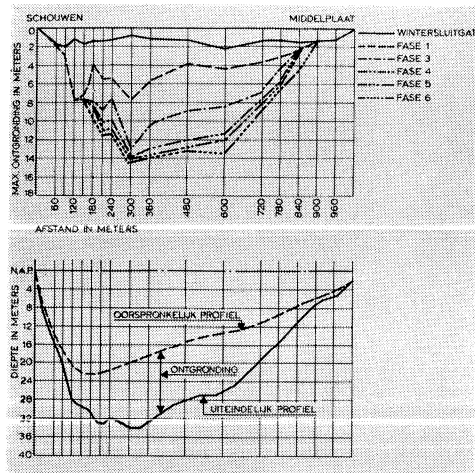
5

Te verwachten ontgrondingen in het noordelijk sluitgat als gevolg van de vloedstroom bij toepassing van sluitingsschema II resp. III

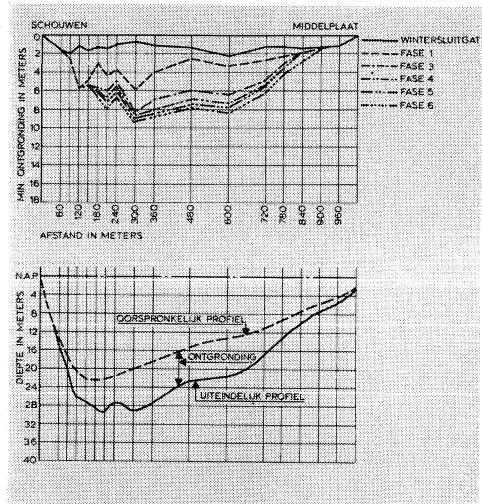
en zand vanaf de zijanten in de geul voert, of wanneer er een stroomverlamming zou optreden. Het laatste zou het geval kunnen zijn wanneer het verval tussen de beide sluitgaten te klein wordt en de stroomsnelheden dientengevolge te zeer afnemen. Wanneer de vernauwing van het zuidelijke sluitgat voorloopt op die van het noordelijke treedt er ten opzichte van de huidige situatie een verhangversterking op en dus een verhoging van de stroomsnelheden in de geul. De stroomrichting valt dan bovendien vrijwel over de gehele lengte samen met de geulas. Er bestaat dus een mogelijkheid om aanzandingen in de geul tijdens de sluitingsoperaties te voorkomen. Daarnaast leverde het onderzoek belangrijke aanwijzingen op in verband met het transport van de caissons. Om te kunnen worden geplaatst op de laagwaterkentering moeten de caissons 1½ à 2 uur voor de kentering de Hompelgeul passeren. De stroomsnelheden op dat moment zijn bepalend voor de dan benodigde sleepkracht en in verband met de vaarsnelheid tevens voor het totale tijdschema. De sleep heeft de stroom tijdens de tocht door de Hompelgeul in de rug. Bij sterk voorlopen van het zuiden op het noorden lopen de snelheden in de Hompelgeul op tot bijna 1,5 m/sec. Bij een meer gelijkmatige vernauwing blijven zij beperkt tot ongeveer 0,80 m/sec.

Beide waarden gelden voor springtij-omstandigheden. Bij doodtij zijn zij maar weinig lager. De geringere snelheid is met het oog op de koersstabiliteit van de caissons tijdens de vaart te prefereren. Naast andere factoren die een rol spelen, zoals ontgrondingen, moet de mogelijkheid van aanzanding worden afgewogen tegen het optreden van hoge snel-

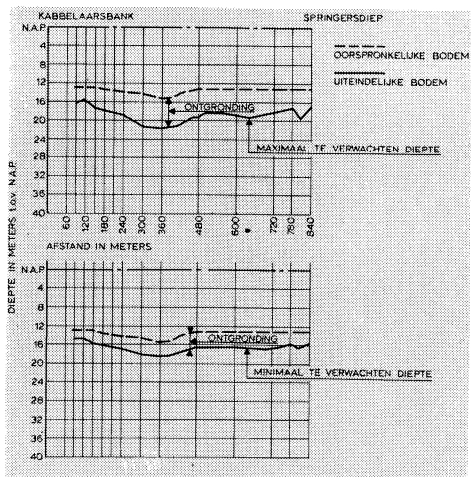
4a



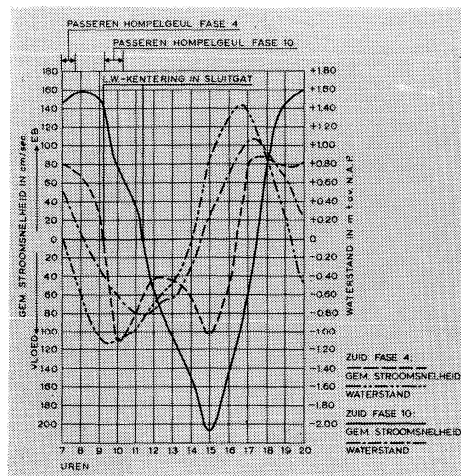
b



5

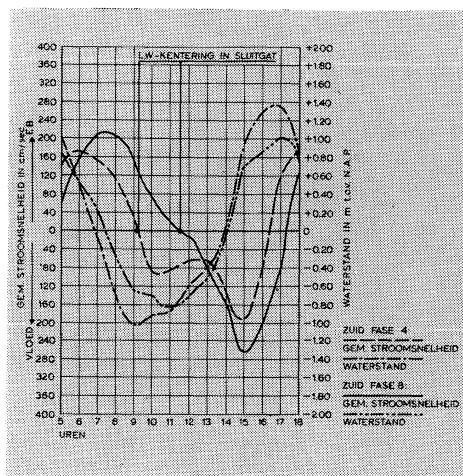


6



heden tijdens het transport van de caisson. Een interessant aspect vormt het verloop van de stroomsnelheden rond de L.W.-kentering in het noordelijk sluitgat onder invloed van de vernauwing in het zuiden. Wanneer zuid achterloopt op noord ontstaat in het noorden een aanmerkelijk sneller kenteringsverloop dan in het omgekeerde geval. In de huidige situatie, dat wil zeggen zolang beide sluitgaten nog niet vernauwd zijn, bedraagt de gemiddelde stroomsnelheid in het noordelijk sluitgat een uur voor de kentering tijdens springtij 0,6 à 0,7 m/sec. Zijn alle caissons geplaatst, dan bedraagt deze waarde 1,0 m/sec. à 1,1 m/sec. wanneer in het zuiden fase 3 is bereikt, en 0,5 à 0,6 m/sec. wanneer de blokkendam is opgetrokken tot N.A.P. Door het doen voorlopen van het zuiden op het noorden kan dus ondanks de vernauwing van het doorstroomprofiel door de geplaatste caissons worden voorkomen dat het kenteringsverloop ongunstiger wordt. Het door de hoge dam in het zuiden 'opgesloten' water blijft namelijk via de kortsluitgeulen langdurig naar het noorden afstromen en veroorzaakt daar een gunstiger kenteringsverloop. Naast de voornamelijk waterloopkundige aspecten die hiervoor zijn beschreven, spelen ook uitvoeringstechnische overwegingen een rol bij het vaststellen van de relatie tussen de beide afsluitingen. In de eerste plaats is het tijdstip waarop de operaties kunnen aanvangen voor de uitvoering van groot belang. Hoe vroeger in het jaar kan worden begonnen, des te eerder kan een aanvang worden gemaakt met de consolidatie van de beide afsluitingen met zand en asfaltbekledingen, die plaats moet hebben gevonden voordat de

7



6

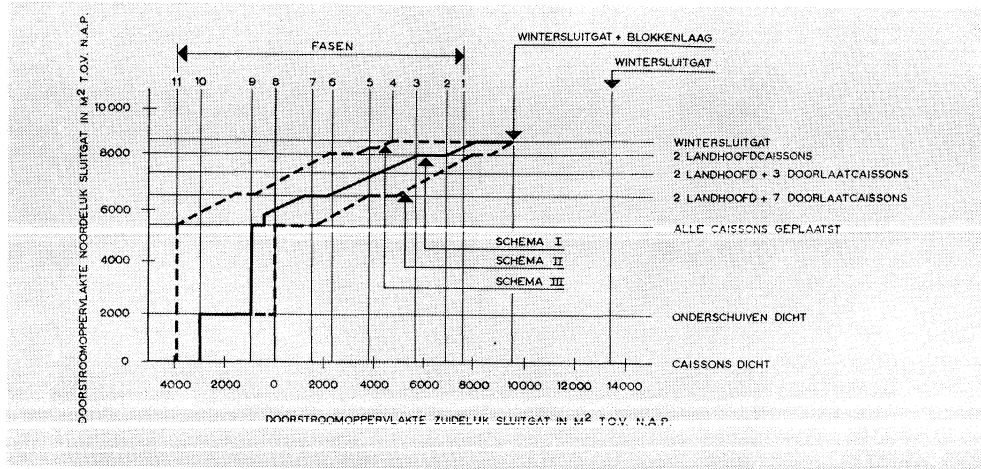
Verloop van de stroomsnelheden en waterstanden in de Hompelgeul wanneer alle caissons zijn geplaatst, maar nog openstaan, bij verschillende fasen van opbouw van de blokkendam

7

Verloop van de waterstanden en de stroomsnelheden rond de L.W.-kentering in het noordelijk sluitgat, wanneer de laatste caisson moet worden afgezonden; voorstelling van dat verloop bij verschillende opbouwfasen van de sluitdam in het zuidelijk gat

najaarsstormen zich doen gevoelen. In dit opzicht is de caissonsluiting in het nadeel tegenover het geleidelijke opstorten van een sluitkade, daar het plaatsen van caissons redelijk goede weersomstandigheden vereist. Op zijn vroegst kan dan ook pas in april met deze afsluiting worden begonnen. Het aanmerkelijk minder weergevoelige kabelbaanbedrijf kan gemakkelijk een maand eerder starten. Het zou dus vanuit de uitvoeringstechniek gezien voor de hand liggen zuid op noord te doen voorlopen.

Een ander uitvoeringstechnisch aspect vormt het tijdstip van sluiten van de schuiven der caissons. De voortgang van het werk in het noorden is gebaat bij een zo snel mogelijke sluiting van de schuiven na het plaatsen van de laatste caissons. De blokkendam in het zuiden moet juist dan ongeveer de fase van



Sluitingsschema's I, II en III

de volkomen overlaat bereiken, hetgeen neerkomt op een hoogte van de blokkendam van N.A.P. – 2 m à – 1 m. Om dat te halen moet het werk in het zuiden enigermate voorlopen op dat in het noorden.

Sommen we nu puntsgewijs op welke de voordelen zijn van het doen voorlopen van de ene sluiting op de andere, en van gelijkmatige vernauwing van de beide sluitgaten.

Voordelen van gelijkmatige vernauwing:

- de stabiliteit van het platen- en geulen-systeem is verzekerd;
- aantasting van de teen van het damvak op de platen wordt voorkomen.

Voordelen van ongelijkmatige vernauwing:

a. noord loopt voor op zuid:

- de stroomsnelheden in het noorden worden lager;
- de ontgroningen in het noorden worden geringer;
- de stroomsnelheden in de 'Hompelgeul' worden gunstiger voor het transport van de caissons;

b. zuid loopt voor op noord:

- de stroomsnelheden in het zuiden worden lager;
- de ontgroningen in het zuiden nemen af;
- het kenteringsverloop in het noorden wordt gunstiger;
- aanzanding in de 'Hompelgeul' wordt voorkomen;
- er wordt een gunstiger aanvangstijdstip bewerkt voor de kabelaansluiting in het zuiden;
- de schuiven der caissons kunnen na plaatsing van de laatste caisson snel gesloten worden.

In dit veelzijdige beslissingsprobleem is na ampele overweging een beslissing genomen. Na afweging van de verschillende aspecten is een sluitingsschema gekozen waarbij het zuidelijk sluitgat in beperkte mate voorloopt op het noordelijke (schema I). De keus werd voornamelijk bepaald door de wens de ontgroningen met name onder de Schouwense oever te beperken; ook het gunstiger verloop van de stroomsnelheden rond de kentering werd in het belang van de caissonplaatsingen zo belangrijk geacht, dat de keuze er door moest worden bepaald. De uitvoeringstechnische voordelen die aan deze keuze zijn verbonden typeren haar als de 'best haalbare kaart'.

Afwijkingen van het gekozen schema als gevolg van een vertraging in een van de beide gaten, leveren zolang zij binnen de grenzen van de schema's II en III blijven geen ernstige problemen op. Treedt in één van beide gaten een aanmerkelijk grotere vertraging op, dan zal de andere sluiting afhankelijk van de ontwikkelingen van het moment moeten worden vertraagd.

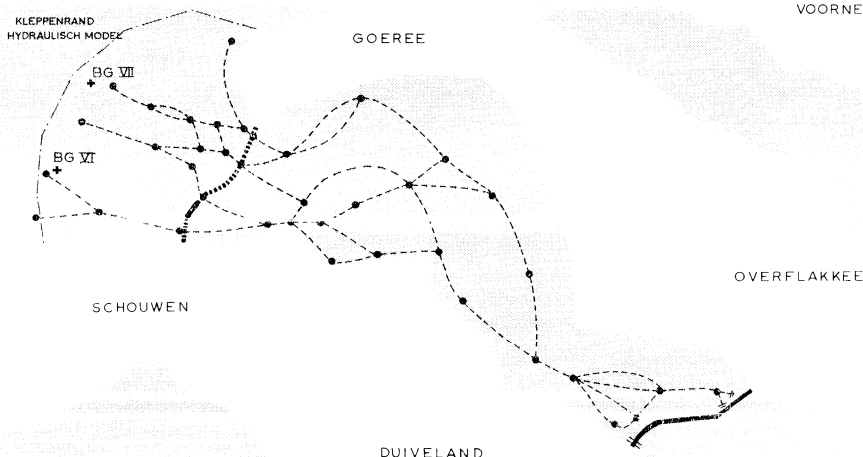
Evenals het geval is geweest bij de Volkerak-afsluiting in 1969 is de vaststelling van het sluitingsschema voor het Brouwershavense Gat in het aanstaande voorjaar vanaf het vroegste stadium begeleid door berekeningen betreffende de waterstanden, de snelheden en de kenteringstijden die zullen optreden tijdens de blokkeringswerkzaamheden. Voor een belangrijk deel werden de beslissingen aangaande de aanpak en de fasering van zowel de caissonsluiting in het noorden als de geleidelijke sluiting in het zuiden genomen op grond van de verstrekte waterloopkundige prognoses.

In de uitvoeringsfase blijft enerzijds het opstellen van steeds meer verfijnde voorspellingen ten dienste van de caissonsluiting doorgaan, en wordt anderzijds intensief gemeten wat er in de werkelijkheid gebeurt, als controle op de uitkomsten van het theoretisch onderzoek en voor het verkrijgen van verdere aanvullende gegevens ten behoeve van de sluitingsmanoeuvres. In het zuidelijk sluitgat betreft die controle vooral de stroomsnelheden over de beteugelingsdam-in-opbouw.

Om de waterloopkundige prognoses te kunnen verstrekken staan drie hulpmiddelen ter beschikking. Allereerst een hydraulisch overzichtsmodel van het Brouwershavense Gat tot aan de Grevelingendam, dat staat opgesteld in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst' in de Noordoostpolder. Daarnaast is er het elektrisch analogon Deltar, geplaatst aan de Boorlaan te 's-Gravenhage, waar ook het derde hulpmiddel zich bevindt, een Elliott computer, waarop berekeningen kunnen worden uitgevoerd. De uitkomsten van het hydraulisch model zijn te vergelijken met de resultaten van een tweedimensionale getijberekening, terwijl die van de Deltar en de computer een sterkere schematisering vertonen, gelijkend op de resultaten van een één-dimensionale getijberekening. Om echter toch het hele onderzoek een twee-dimensionaal karakter te geven, wordt het beschouwde gebied in de Deltar en in de computer opgevat als een stelsel van geulen; daarmee wordt het twee-dimensionale karakter althans benaderd. De verschillende methoden en hulpmiddelen die hiervoor werden genoemd, zullen bij de uitvoering van de sluitingen alle tegelijk en naast elkaar worden gebruikt, om na te gaan

De waterloopkundige begeleiding van de afsluitingen in het Brouwershavense Gat

welke methode bij de uitvoering der programma's het meest effectief is, en met name het vlugst gegevens kan verstrekken die van belang zijn voor de plaatsing der caissons. Tevens dienen de rekenhulpmiddelen als elkaars reserve, wanneer er een voor kortere of langere tijd gedurende de operaties uitvalt. Van de twee sluitgaten in het Brouwershavense Gat wordt het noordelijk door de plaatsing van caissons geleidelijk vernauwd. Na de plaatsing van de laatste caisson is het doorstromingsoppervlak gelijk aan de som van de oppervlakken der doorstroomopeningen. Ook in het zuidelijk sluitgat vermindert het doorstromingsoppervlak geleidelijk; echter op geheel andere wijze, doordat betonblokken in het profiel worden gestort. Het profiel bestaat hier gedurende de sluiting steeds uit twee verschillende delen, een nog geheel open en een reeds met blokken afgesloten gedeelte, dat echter openingen heeft, en dat reikt van de geulbodem tot de kruinlijn van de dam. In dit gedeelte is het profiel dus gedeeltelijk 'geblokkeerd', maar er blijft nog 40 % holle ruimte tussen de betonblokken over. Ook wanneer de stenen dam boven hoogwater is, zal ten gevolge van de grote lengte van het poreuze profiel zowel bij eb als bij vloed nog een aanzienlijke hoeveelheid water door het profiel worden gevoerd. Hydraulisch is dus de situatie op elk ogenblik van de sluiting tamelijk ingewikkeld. In het hydraulisch model van het Brouwershavense Gat zijn in de voorbereidingsfase uitgebreide getijstudies verricht om de plaatsingsmogelijkheden van de caissons te onderzoeken in samenhang met de opbouw van de blokkendam. Het onderzoek was erop gericht te bepalen bij welke werkwijze de ontgron-



dingen aan weerszijden van de sluitgaten het meest beperkt konden blijven, en diende tevens voor de vaststelling van de afvoercoëfficiënten der caissons. Voor het verstrekken van betrouwbare informatie over het verloop van de waterstanden, de stroomsnelheden en de kenteringstijden in het noordelijke sluitgat en de omgeving daarvan tijdens de sluitingsoperatie, moesten de juiste hydraulische factoren in de modellen der sluitgaten worden ingevoerd. Welke factoren dat zijn is uit modelproeven in het Waterloopkundig Laboratorium en uit reeds verrichte afsluitingen bekend. De preciese waarden van alle ingevoerde factoren moesten vanzelfsprekend aan metingen in de natuur worden getoetst.

Het was allereerst noodzakelijk inzicht te verkrijgen in het waarschijnlijk verloop van de getijden in de maanden maart en april 1971. De voorspelling van die getijden werd opgesteld aan de hand van de geregistreerde getijden te Brouwershaven in de periode 1 mei 1965 tot en met 30 april 1966. Na harmonische analyse van die getijden in 115 componenten konden er de verticale getijden te Brouwershaven voor maart en april 1971 uit worden voorspeld. Op grond van dat gegeven werd het vermoedelijk verloop van het verticale getij langs de zeerand van het hydraulisch model bepaald. De kleppen die in het model het getij opwekken werden dienovereenkomstig van operationele instructies voorzien, en zo konden de proeven verricht worden op basis waarvan het plan voor de plaatsing der caissons is opgesteld.

Het aldus verkregen tijdschema voor de plaatsing der caissons is vastgelegd in figuur 3; de daarin aangegeven tijden zijn dus be-

naderde tijden. Uit de onderzoeken is gebleken dat de snelheden gedurende de laatste uren van de eb, dus voor de kentering van eb naar vloed kleiner zijn dan voorafgaand aan de hoogwaterkentering. Besloten is derhalve, de caissons te plaatsen op de kentering van eb naar vloed, dus bij L.W. De twee landhoofdcaissons echter zullen vanwege hun diepgang geplaatst moeten worden op de hoogwaterkentering. Tijdens uitgebreide simultane stroommetingen in de beide sluitgaten, uitgevoerd in juli en augustus 1970, is overigens komen vast te staan dat de kenteringstijdstippen in het noordelijke sluitgat langs de as van het sluitgat lang niet op hetzelfde tijdstip optreden. Het verschil bedraagt maximaal 20 minuten. Bovendien kunnen kleine tijdsverschillen optreden tussen de kentering aan de wateroppervlakte en die nabij de bodem.

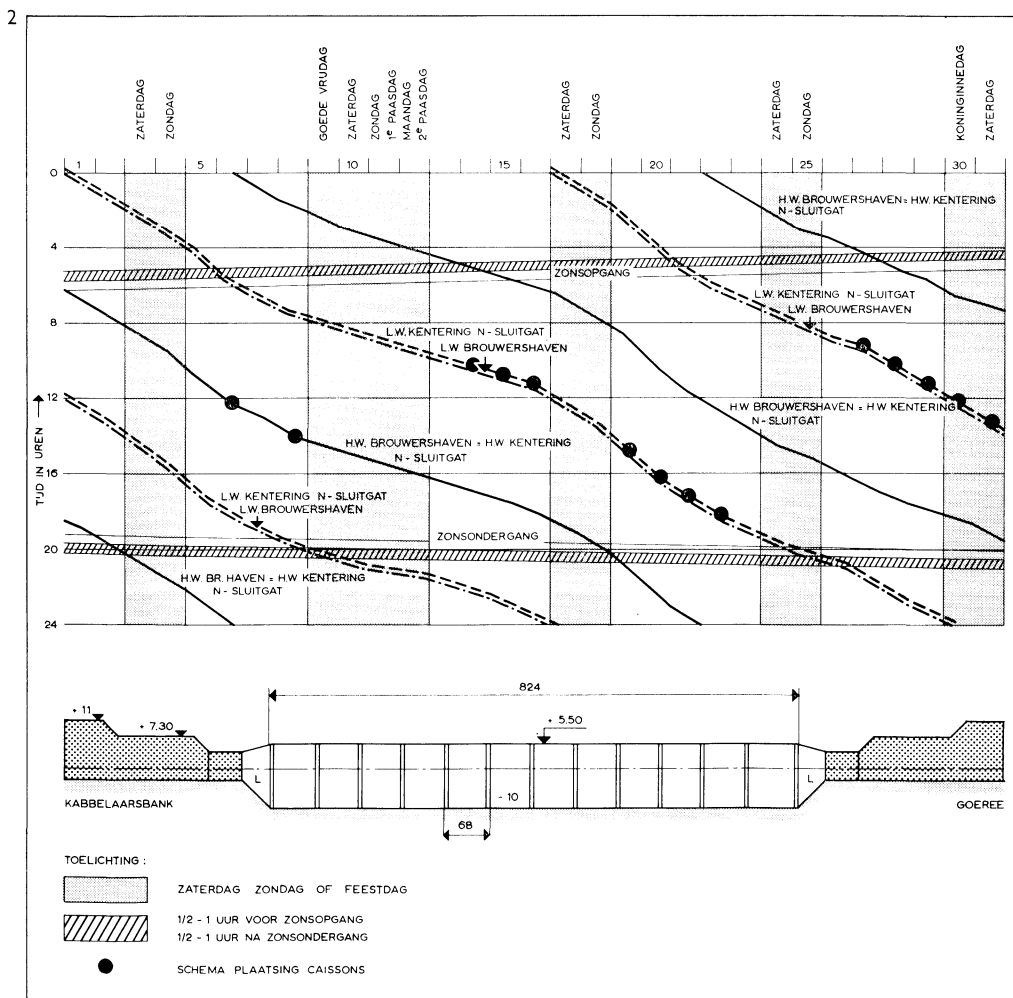
Om tijdens de sluitingsoperatie verfijningen te kunnen aanbrengen in deze prognose, zijn in de zomer van 1970 twee nieuwe meetpalen in het Brouwershavense Gat geplaatst. De plaats van deze meetpalen, die worden aangeduid als BG VI en BG VII, staat aangegeven in fig. 1. De waterstanden die hier in de periode 1 augustus 1970 tot en met 28 februari 1971 zijn gemeten, zullen volgens de harmonische getij-analyse worden ontleend in 115 componenten, en daarna dienen als uitgangspunt voor de voorspelling van het verticaal getij ter plaatse in de maand april 1971. De meetpalen staan zo opgesteld dat de aldaar gemeten verticale getijbeweging kan worden gebruikt voor het afregelen van de kleppen van de zeerand van het hydraulisch model, ten einde de gemeten natuurgegetijden in het model te kunnen simuleren. Tevens worden

1
Schematisering in de Deltar van
het Brouwershavense Gat en de
Grevelingen

2
Schema voor de plaatsing der
caissons

deze gemeten getijden als randvoorwaarde
ingevoerd bij de analoge berekeningen in de
Deltar en bij de digitale computerbereke-
ningen.

In de uitvoeringsfase moeten de aanvankelijk
benaderde kenteringstijden vervangen worden
door verbeterde tijdsopgaven, waarin het
werkelijke getij zo goed mogelijk wordt be-
naderd. Daartoe moeten de meteorologische
invloeden zoals wind en windrichting in reke-
ning worden gebracht. Die invloed wisselt van
dag tot dag, zodat het werkelijke getij op de
voet gevolgd moet worden, om met zo actueel
mogelijke gegevens te kunnen gaan voor-
spellen. Niet alleen de waterstanden, ook het
snelheidsverloop in de sluitgaten en in de
omgeving ervan zal onder invloed van de
weersomstandigheden wijzigingen ondergaan.
Om de meteorologische invloeden op de ge-



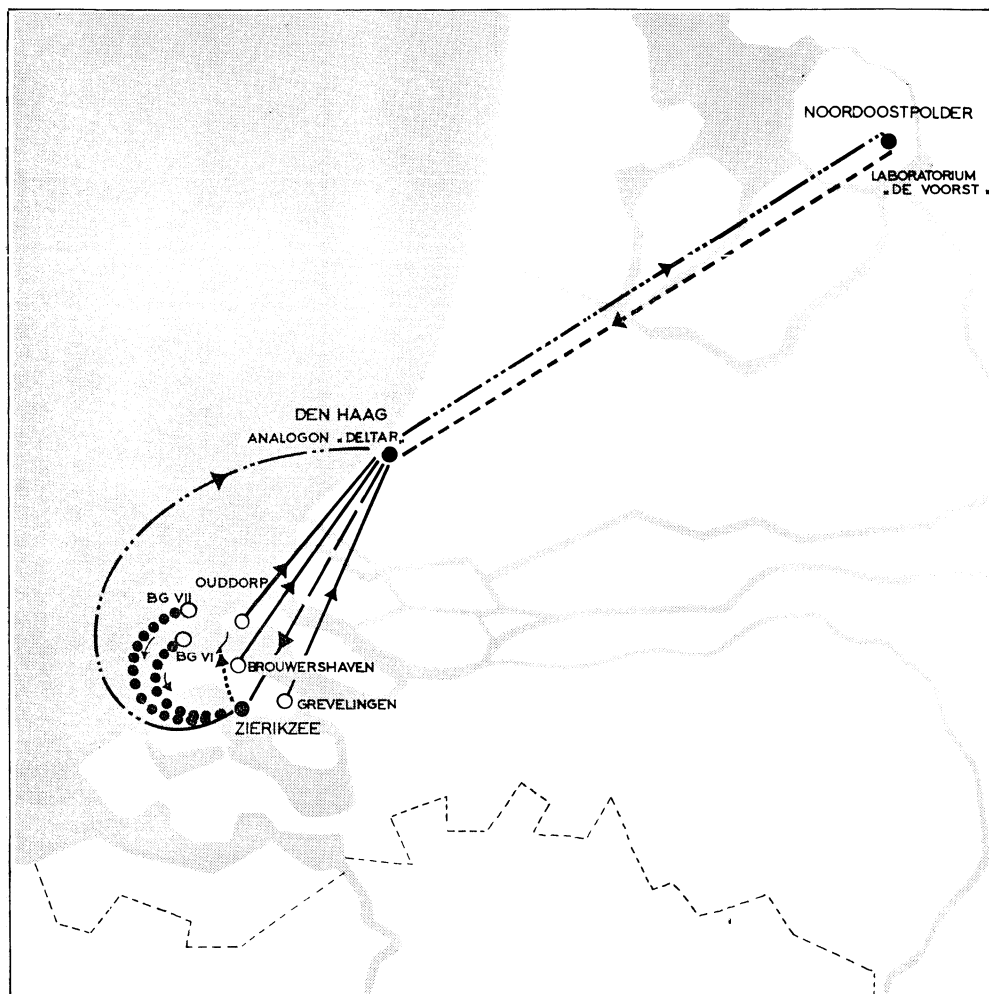
Soort verbinding:

Soort informatie:

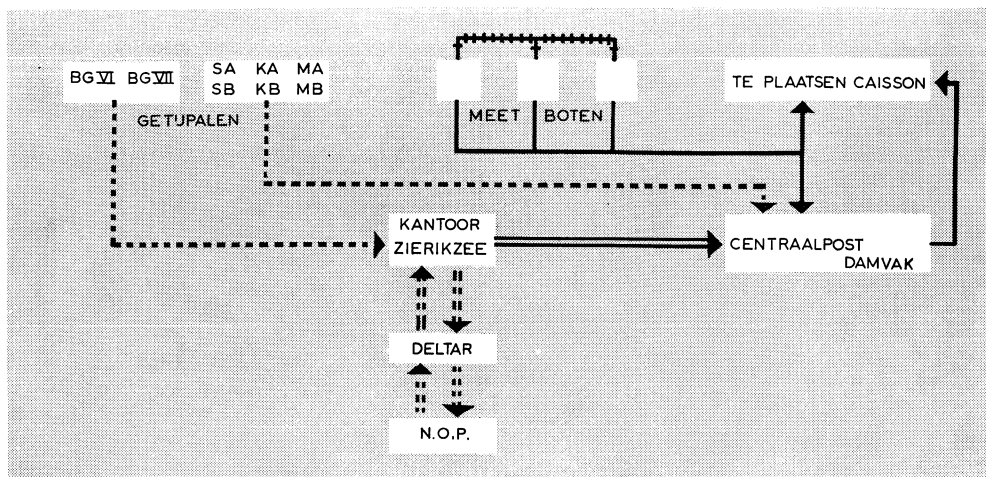
—————	telefonisch vaste spreeklijn
●●●●●●●●	telegraaflijnen
— · — · — · —	radiografisch
— · — · —	telefonisch
-----	telefonisch
—— ———	telefonisch vaste spreeklijn
.....	

registratie peilschrijvers naar
T.H.W.-schrijvers in Den Haag
waterstanden meetpalen naar
Zierikzee
waterstanden meetpalen naar
Den Haag
randvoorwaarden naar 'De
Voorst'
meetresultaten 'De Voorst' naar
Den Haag
verwachting getijomstandig-
heden naar Zierikzee
verwachting getijomstandig-
heden naar het werk

3



4



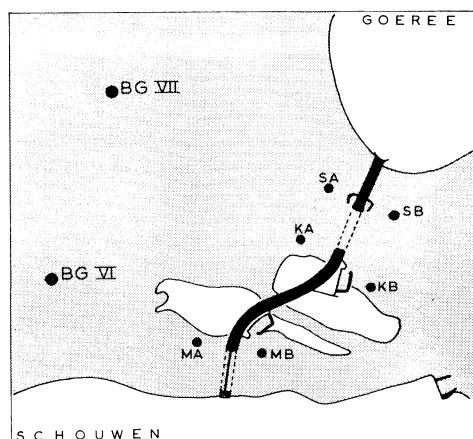
3
Schema van de verbindingen
met de modellen en meetpunten

4
Communicatieschema tijdens de
caissonplaatsingen

5
Plaats van de meetopstellingen
bij de sluitgaten

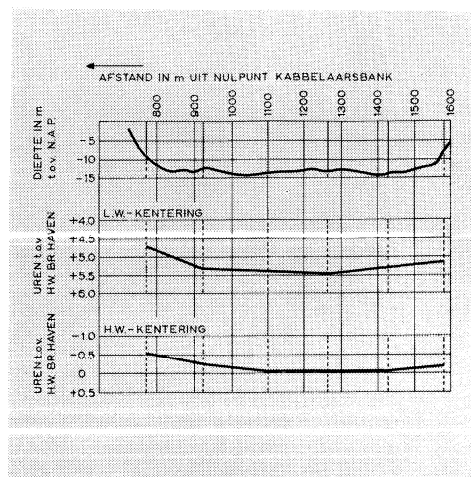
5

tijden in de natuur zichtbaar te maken, worden de voorspelde astronomische getijden ter plaatse van de meetpalen BG VI en BG VII vergeleken met de in die punten werkelijk gemeten waarden. De daaruit verkregen verschillen geven een indruk van de gezamenlijke invloed van de weersomstandigheden en van de tekortkomingen in de astronomische voorspellingsmethode. Het wordt daardoor mogelijk in tweede aanleg de voorspelling van waterstanden, stroomsnelheden en kenteringstijden nog belangrijk te verfijnen. Voorspellingen van deze graad van nauwkeurigheid kunnen hoogstens één getij vooraf gegeven worden; daarna kunnen ze nog eens gecorrigeerd worden op tijdstippen drie uur voor en één uur voor het moment van plaatsing. Voor het verstrekken van nauwkeurige meetgegevens betreffende de waterstanden in de

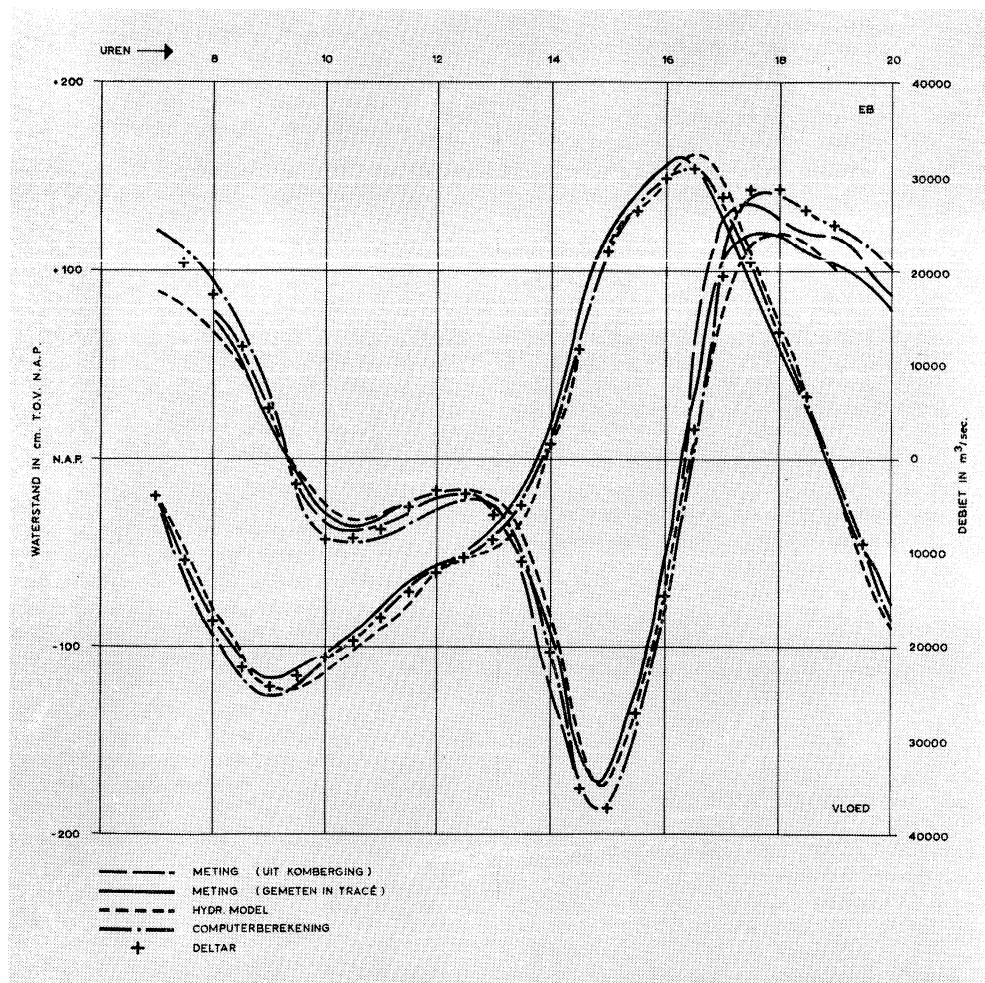


6
Verloop van de kentering in de
Kous

6



7a

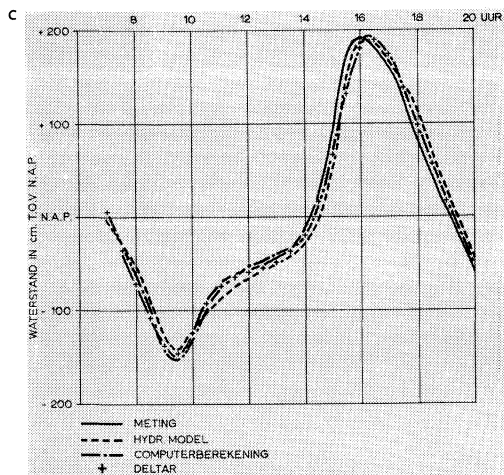
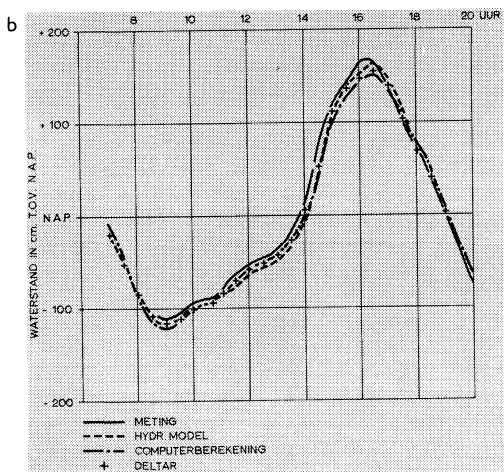


IJkingsresultaten van de drie modellen, aan de hand van getijmetingen op 26 oktober 1965

a voor het verticaal getij te Brouwershaven en het totale debiet van het Brouwershavense Gat

b voor het verticaal getij te Ouddorp

c voor het verticaal getij te Grevelingen-West



sluitgaten zelf gedurende de sluitingsoperatie worden bij het zuidelijk sluitgat één en bij het noordelijk sluitgat twee draadloos registrerende elektrische stappenbaken opgesteld, op 800 m uit de as van het sluitgat. In samenhang met deze metingen moet waarneming van het horizontaal getij een totaalbeeld geven van de waterbeweging in de sluitgaten, vooral in het noordelijke, aangezien een caissonsluiting hydraulisch veel gevoeliger is dan een geleidelijke sluiting. In het sluitgat van de noordelijke geul wordt daarom gedurende de gehele sluitingsoperatie ononderbroken de stroomsnelheid en de stroomrichting gemeten middenin het sluitgat. Daarnaast worden korter lopende stroommetingen verricht vanuit vaartuigen op twee of drie meetplaatsen aan de noord- of de zuidzijde van het sluitgat, dat hangt af van de caissonplaatsing. Een bootje meet bovendien aan de bovenstroomse zijde van het sluitgat op enige afstand uit de as, maar ter hoogte van het midden. Op die manier bouwt men een vergelijkend beeld op met de stromingstoestand in het sluitgat zelf. Bij het plaatsen van de laatste caisson is de relatie tussen de twee meetpunten dan voldoende bekend om te kunnen werken met de bovenstroomse gegevens. In het nauwe sluitgat ontstaan bij het indraaien van de laatste caisson zoveel storende turbulenties, dat meten daar geen zin meer heeft.

Tijdens de sluitingsperiode zullen de gemeten verticale getijden aan de palen BG VI en BG VII per zender worden overgebracht naar Zierikzee en vandaar via een vaste spreeklijn naar 's-Gravenhage, alwaar de voorspellingen worden verricht op grond van de binnenkomende gegevens. De werkelijk gemeten getijden en het voorspelde verloop van het getij worden ingevoerd in de Deltar, maar ook per vaste spreeklijn doorgegeven naar het Waterloopkundig Laboratorium in de Noord-oostpolder, waar er proeven mee worden gedaan in het hydraulisch model. De uitkomsten van het hydraulisch model worden weer doorgegeven naar het centrum in Den Haag, en daar vergeleken met de resultaten van de Deltar. De uiteindelijke voorspellingen van kenteringstijden, waterstanden en snelheden worden daarna weer langs de vaste spreeklijn doorgegeven aan Zierikzee; vandaar bereiken ze hen die met de onmiddellijke leiding van de sluitingsoperaties zijn belast. Voor, tijdens en na de sluitingsperiode zal voorts in de beide sluitgaten regelmatig gelood worden ten einde steeds terstond inlichtingen te kunnen verschaffen omtrent de hoogteligging van de stenen dam in het zuidelijk sluitgat, de caissondrempel in het noorde-

lijke, en de bodem ter plaatse van de bodem-beschermingen bij beide. Daar radiografische plaatsbepaling ten gevolge van de vele obstakels in de sluitgaten onbetrouwbaar is, worden de peilingen op optische kenmerken georiënteerd. Er wordt gebruik gemaakt van een combinatie van raaien en cirkelbogen, dat vooraf in tekening is gebracht, zodat de gegevens van een peiling onmiddellijk na afloop tot N.A.P. herleid en ingetekend kunnen worden, hetgeen tijdrovend rekenwerk voorkomt. De vaste punten die de basislijn vormen van het stelsel van cirkelbogen, zijn in het terrein door duidelijk zichtbare masten aangegeven. Het is van belang dat de peilingen tijdens de blokkering van de sluitgaten worden uitgevoerd loodrecht op de as van de drempel. Men werkt daartoe volgens waaier-vormige raaiensystemen en cirkelbogen. De richting van de raaien wordt vastgelegd met behulp van een verafgelegen vast punt en een tussengelegen verplaatsbaar punt. Het vaste punt ligt een of twee km van het sluitgat verwijderd, ten einde de raaien zo recht mogelijk de drempel te laten kruisen. Als tussengelegen punt fungeert een sloep die evenwijdig aan de drempel verhaalbaar is langs een staaldraad. De plaats van een peilvaartuig in de raai zal bepaald worden door middel van cirkelbogen.

Door de plaatsing van de caissons en door de geleidelijke sluiting zal het verticaal getij oostelijk van het damtracé veranderingen ondergaan. De werkelijk optredende veranderingen zullen een uitspraak opleveren over de nauwkeurigheid van de uitkomsten van zowel het hydraulisch model als de Deltar en de computer. De waterstanden die tot dit doel gemeten worden aan de peilschrijvers te Brouwershaven, Ouddorp en Grevelingen-West, zullen per telefoon worden overgebracht naar 's-Gravenhage en daar op recorders worden geregistreerd. Ze kunnen dan onmiddellijk worden vergeleken met de uitkomsten van modelproeven en berekeningen. Mochten er significante afwijkingen in voorkomen, dan moeten er correcties in de modellen worden aangebracht die een betere benadering van de werkelijkheid opleveren. Waarschijnlijk zullen in hoofdzaak de waarden van de afvoercoëfficiënten in het noordelijk en het zuidelijk sluitgat gedurende de sluitingsoperatie moeten worden aangepast. Tijdens de sluitingen zullen trouwens ook in de natuur debietmetingen worden uitgevoerd ter bepaling van de afvoercoëfficiënten der sluitgaten en van de caissons. Voorafgaand aan de berekeningen ten be-

hoeve van de afsluitingen in het Brouwershavense Gat zijn de modellen eerst geijkt op een in de natuur gemeten toestand. Het materiaal van de ijking werd ontleend aan uitvoerige stroommetingen en visuele waterstandsmetingen op 26 en 27 oktober 1965. De stroommetingen vonden plaats in het damtracé en in een verder naar binnen gelegen raai. Metingen van het verticaal getij werden gedaan in een reeks van punten verspreid over het Brouwershavense Gat en het Grevelingenbekken, zoals fig. 1 nader aangeeft. De resultaten van de metingen in de natuur zijn in de figuren 7a, b en c vergeleken met de overeenkomstige resultaten van het hydraulisch model, de Deltar en de computer. De ijkingsresultaten geven een goede overeenstemming te zien tussen de berekeningen en de metingen in de natuur. Bovendien werden bij die gelegenheid vrijwel identieke uitkomsten gevonden van de berekeningen van de computer en van het elektrisch analogon, die werkten volgens dezelfde riviërschematiseringen.

Een aantal speciale maatregelen werd nog genomen ter beveiliging van de caissonconvoien. Bij het bouwdok te Zonnemaire zullen stroommetingen worden verricht om vast te stellen wat het meest geschikte ogenblik is voor het uitvaren van een caissonsleep. Voorts zal bij elk caissontransport een meetboot uitgerust met radar, echolood en decca-plaatsbepalingsapparatuur voor de sleep uitvaren, volgens een vooraf op zijn trackplotter ingetekende vaarroute. Bij slecht zicht zal de convooileider mondelinge aanwijzingen krijgen over zijn vaarroute met behulp van een mobilfooninstallatie. Bovendien wordt elk convooi gevolgd door een vaste radarpost. De centrale commandopost voor de caissonmanoeuvres is gevestigd op een aan het sluitgat grenzend damgedeelte. Daar komen alle getijregistraties en stroommeetgegevens binnen, alsook de uitkomsten van de modelberekeningen. Op dagen dat er een caisson wordt geplaatst, worden de voor de manoeuvres relevante gegevens naar de caisson zelf overgeseind; alle binnenkomende gegevens kunnen worden weergegeven op borden. Convooileider en directie worden ter plaatse steeds over de hydraulische aspecten voorgelicht door op het convooi meevarende deskundigen.

Het type en de hoofdafmetingen van de kabelbaan voor de afsluiting van het Brouwershavense Gat zijn in eerdere afleveringen van deze Berichten (nrs. 42, 45, 46) reeds uitvoerig beschreven, evenals de onderbouw, de ondersteuningsconstructies voor de railbanen en draagkabels en de motorgondels. In dit artikel worden nog enkele opmerkingen gemaakt over de stalen bovenbouw van de railbanen met de draaischijven, over de stalen pyloonkoppen en over de kabels met hun verankering.

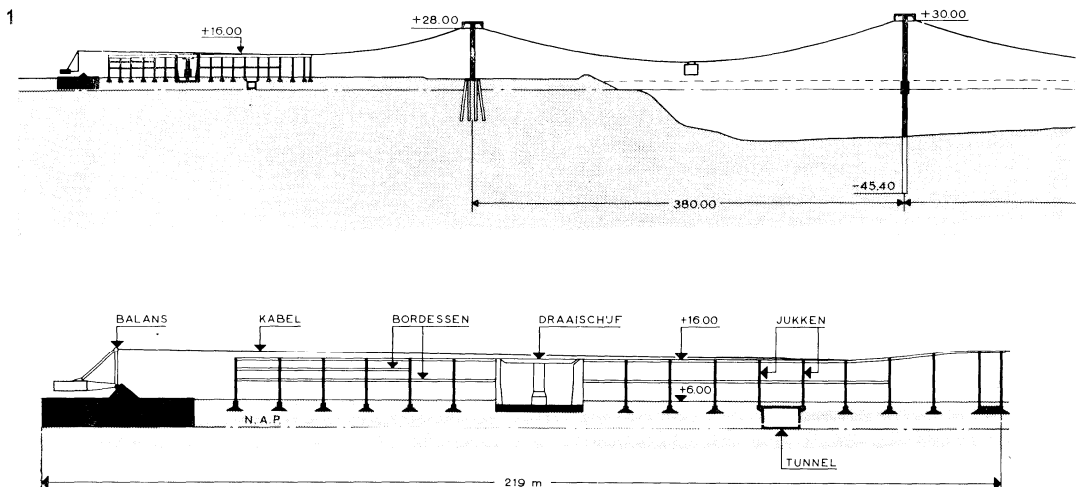
De ondersteuningsconstructie van de railbanen op de laadstations bestaat uit geprefabriceerde jukken van gewapend beton, die door middel van voorspanstaven bevestigd zijn aan de betonnen funderingssloven. De zettingsberekening voor deze fundering wees uit dat het zettingsverschil tussen twee jukken hoogstens 1 cm zou bedragen; dit is een belangrijk gegeven, omdat dat zettingsverschil naast de belastingen door eigen gewicht, gondels en wind mede een ontwerp-eis vormt voor de stalen bovenbouw. De railbaan wordt in secties van ongeveer 20 m lengte geprefabriceerd, welke stukken onderling scharnierend worden verbonden. De railbaan bestaat uit twee randbalken in de vorm van kokerliggers, om de 10 m voorzien van een dwarsverbinding die op de bovenrand van de betonnen jukken is bevestigd. De bevestiging bestaat uit drie elementen: een taats voor de centering, twee rubberopleggingen voor het overbrengen van de drukkrachten, en aan de buitenzijde van de opleggingen twee voorspanstaven voor het opnemen van trekkrachten. De staven brengen een zodanige voorspanning in de rubberblokken dat de rail ook bij sterk eenzijdige belasting niet van de rubberopleggingen kan loskomen. De buitenbovenkanten van de kokerliggers bestaan uit holle buizen die voor wat de sterkte betreft een integrerend onderdeel vormen van de liggers en tevens fungeren als de eigenlijke rail waarover de wielstellen van de gondels lopen. Bij het ingangsportaal lopen de wielstellen van de gondels van de hellende kabels via een manchot op de railbaan, of omgekeerd. Onder de railbaan is tegen de betonnen jukken een geleiderail bevestigd ter hoogte van de hoofdligger van de gondels,

De stalen bovenbouw van de kabelbaan over het Brouwershavense Gat

grotendeels bestaande uit een stalen buis, dit om te voorkomen dat de gondels bij sterke dwarswind tegen de jukken slaan en daarbij of die constructie beschadigen of zelf schade oplopen. Bij zware storm kunnen de gondels aan de geleiderail worden verankerd. Aan de zuidzijde is achter de draaischijf een garage-spoor van 60 m lengte geprojecteerd, grotendeels van een overkapping voorzien. Onderhoudsbeurten en kleine reparaties kunnen nu onder alle weersomstandigheden worden uitgevoerd. Voor grote reparaties kunnen de gondels met hijslieren van de baan worden genomen. Ze worden dan op een speciaal geconstrueerde onderwagen neergelaten. Aan de noordzijde is achter de draaischijf slechts een kort uitloop-spoor van 14 m aanwezig, in hoofdzaak bedoeld om ook tijdens het bedrijf snel een gondel te kunnen uitrangeren, indien zulks noodzakelijk is, en voorts om te voorkomen dat een gondel die door een onverhoopt foute manoeuvre in de bediening bij het oprijden op de draaischijf niet tijdig tot stilstand komt, van de draaischijf af zou rijden.

De draaischijven zijn overigens zo goed mogelijk beveiligd. Er kan niet worden opgeraden dan nadat de draaischijf in de juiste stand vergrendeld is: pas dan wordt een veilig sein gegeven in de vorm van een groen licht. Voorts is een railstop aanwezig die als noodstop werkt en een te ver doorrijdende gondel tot stilstand brengt.

De draaischijven zijn zo zwaar geconstrueerd dat ze ook een geladen gondel op het andere spoor kunnen zetten; dit voor het geval men de gondels onmiddellijk na aankomst op het station zou willen bevrachten nog vóór ze om te keren. De aandrijving is zo krachtig dat de



normale draaitijd voor een lege gondel niet meer bedraagt dan 65 sec. Om deze korte draaitijd te bewerkstelligen is in de stalen kolom die de draaischijf ondersteunt, een elektromotor van 20 pk vermogen met pomp geïnstalleerd, die op zijn beurt via hogedruk-leidingen de hydromotor aandrijft welke voor de draaiing zorgt.

Pyloonkoppen

Op de vier betonnen pylonen zijn stalen koppen gemonteerd, in hoofdzaak bestaande uit een zware kokerbalk met een verbreed bovendek. De dwarsschotten onder dit verbrede dek lopen door in de vorm van driehoekige consoles. De randen van het bovendek worden gevormd door gelaste stalen I-liggers, die één geheel vormen met dek en consoles; daarop zijn de glijgoten bevestigd voor de draagkabels. Deze glijgoten worden evenals alle opleggingen van de kabels voorzien van bronzen voeringen met smeergroeven. Op de pyloonkoppen zijn verder hijsjukken aanwezig om de kabels op te hijsen en in hun opleggingen te plaatsen.

Een pyloonkop weegt 50 ton. De montage ervan op de landpylonen geschiedde met een 165 tons landkraan; de koppen op de rivierpylonen werden aangebracht met een drijvende bok. Elke pyloonkop is door middel van zestien voorspanstaven op de betonnen pyloon bevestigd onder tussenkomst van stalen oplegplaten. De voorspanning is ook hier weer zodanig dat ook bij eenzijdige belasting van de aan alle vier zijden overkragende pyloonkop in de oplegplaten altijd een drukkracht aanwezig blijft.

De kabelgoten liggen gebogen op de randbalk onder een straal van 30 m, met uit-

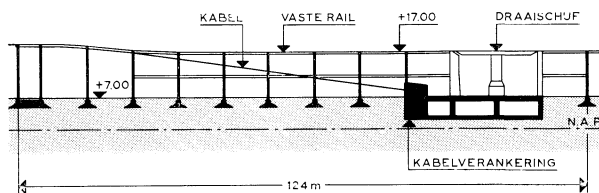
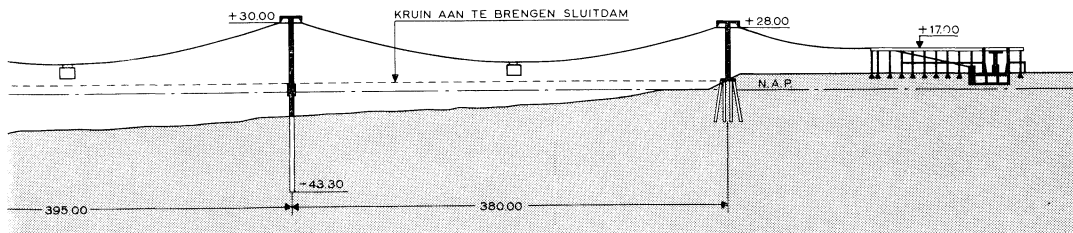
1

Aanzicht van de kabelbaan over de zuidelijke stroomgeul van het Brouwershavense Gat. De vaste en de beweeglijke verankering daaronder op grotere schaal

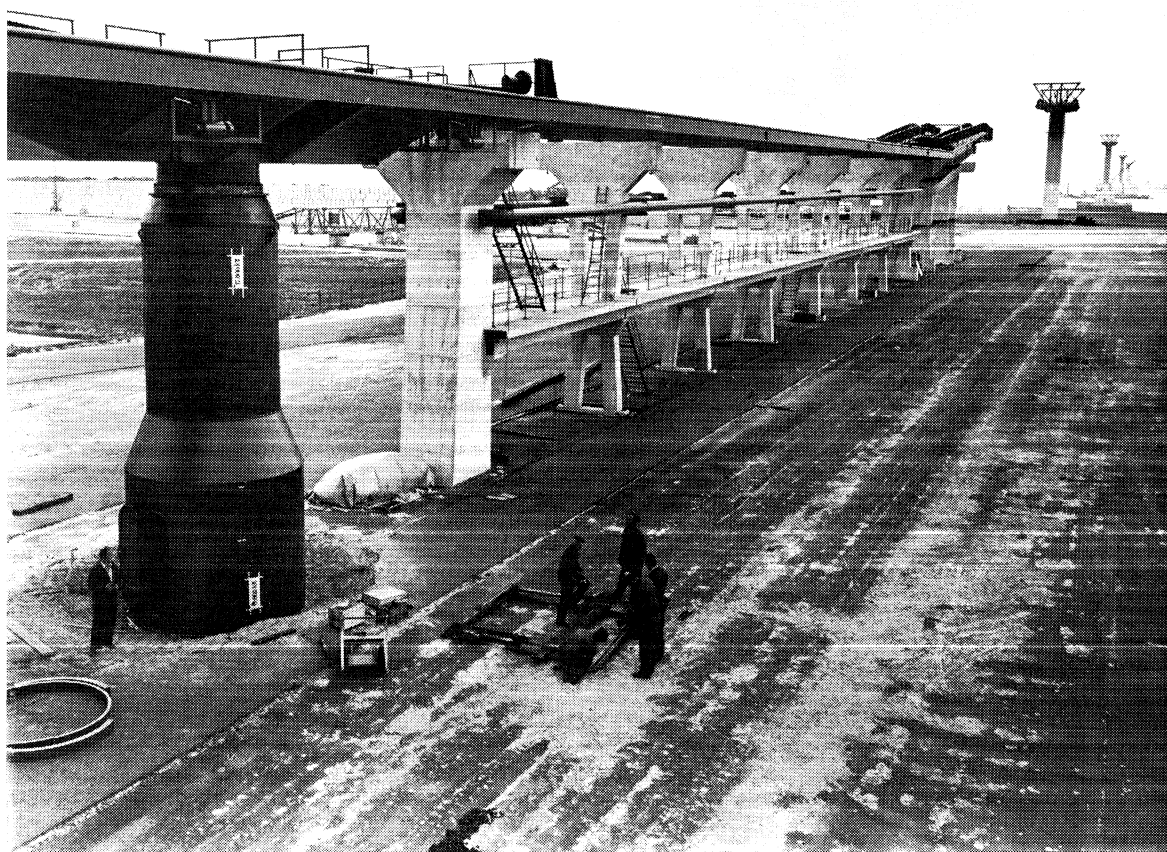
4

Laadstation zuid; links op de voorgrond de draaischijf. De kabels zijn nog niet aangebracht

zondering van een horizontaal middengedeelte ter lengte van 4 m. De contrawielen van de gondels, die het adhesiegewicht van de gondels vergroten, lopen onder tegen de draagkabels; ter plaatse van de stations en de pyloonkoppen lopen ze onder tegen de randbalken. Bij belasting van de kabels door de gondels verandert niet alleen de zeeg, maar ook de hellingshoek waaronder de kabels bij de stations en de pylonen binnenkomen. Voor de verticale geleiding van de contrawielen is daarom een overgangsconstructie nodig. Bij de kabelbaan over de Grevelingen en bij die over het Haringvliet bestond deze overgangsconstructie uit een verende tong, die meer of minder doorboog onder de belasting en die bovendien nog in het midden van zijn lengte draaibaar was bevestigd. Voor de kabelbaan over het Brouwershavense Gat is de over-

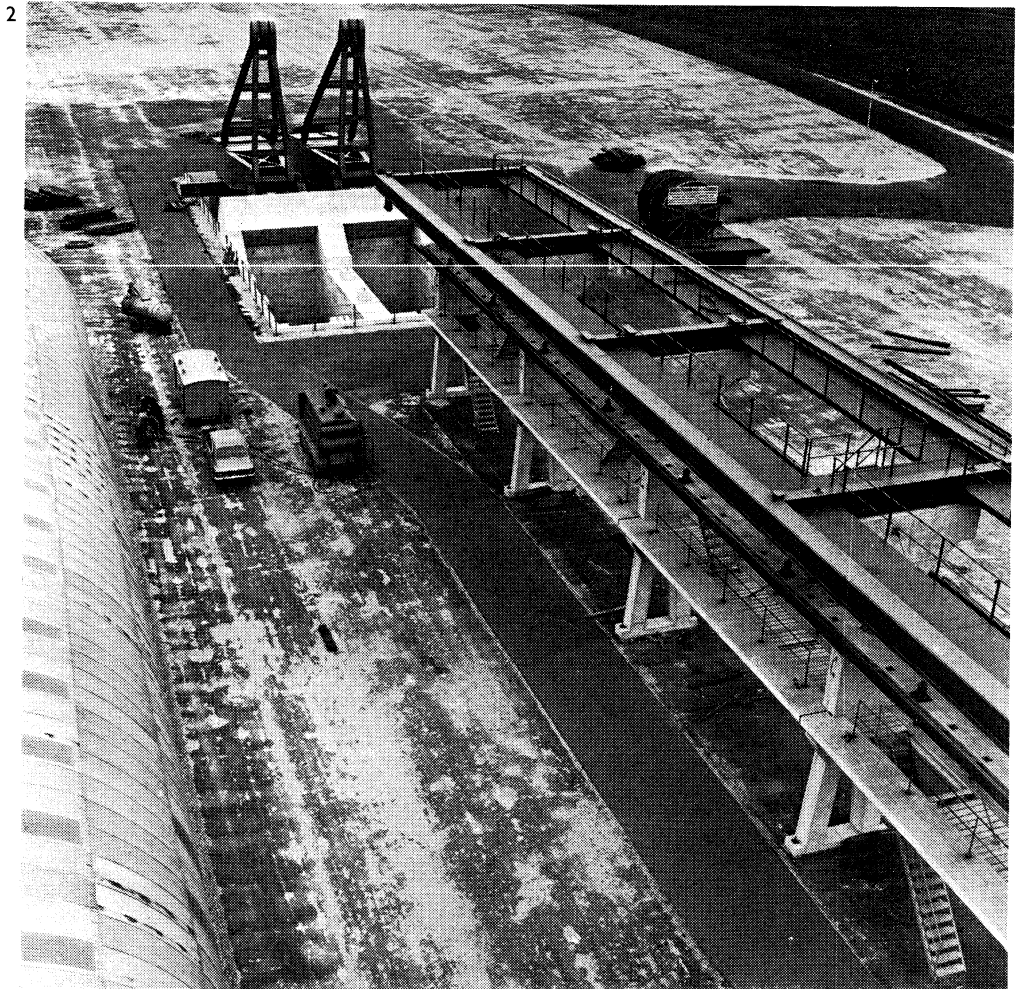
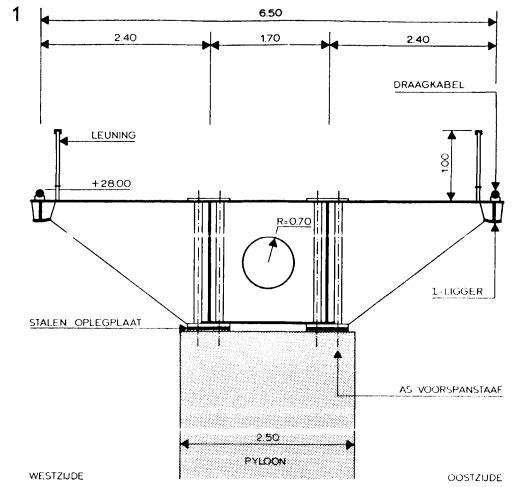


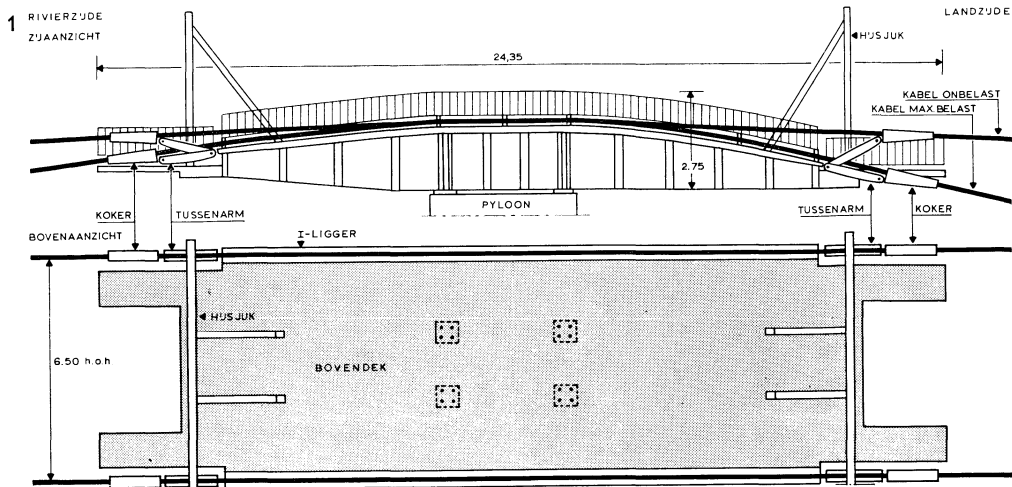
2



1
Dwarsdoorsnede van een
pyloonkop

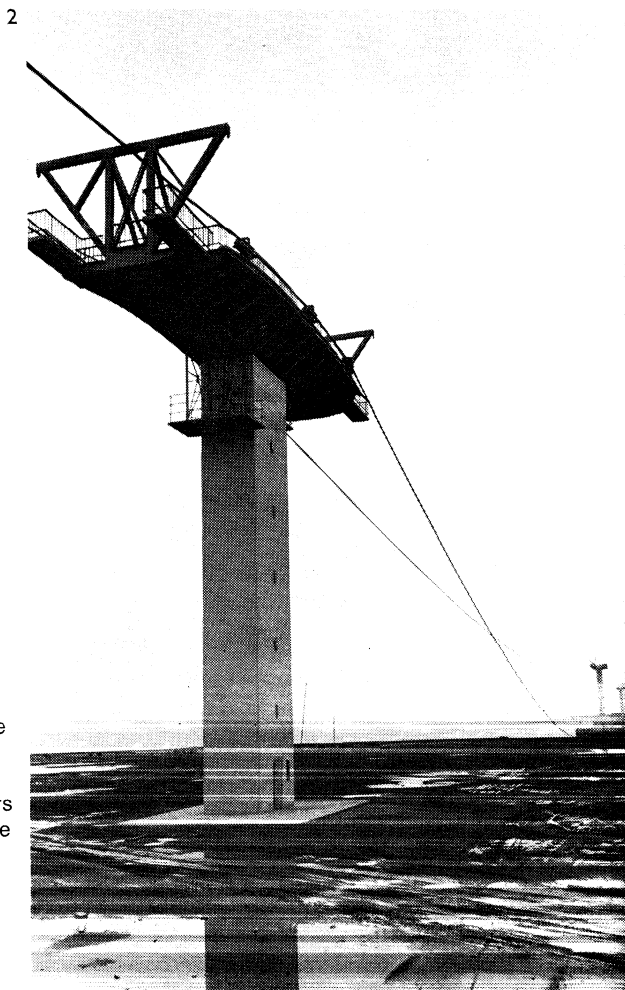
2
De vaste verankering aan de
zuidzijde, de kabels zijn nog
niet aangebracht





1
Zij- en bovenaanzicht van de kabeloplegging op een pyloonkop

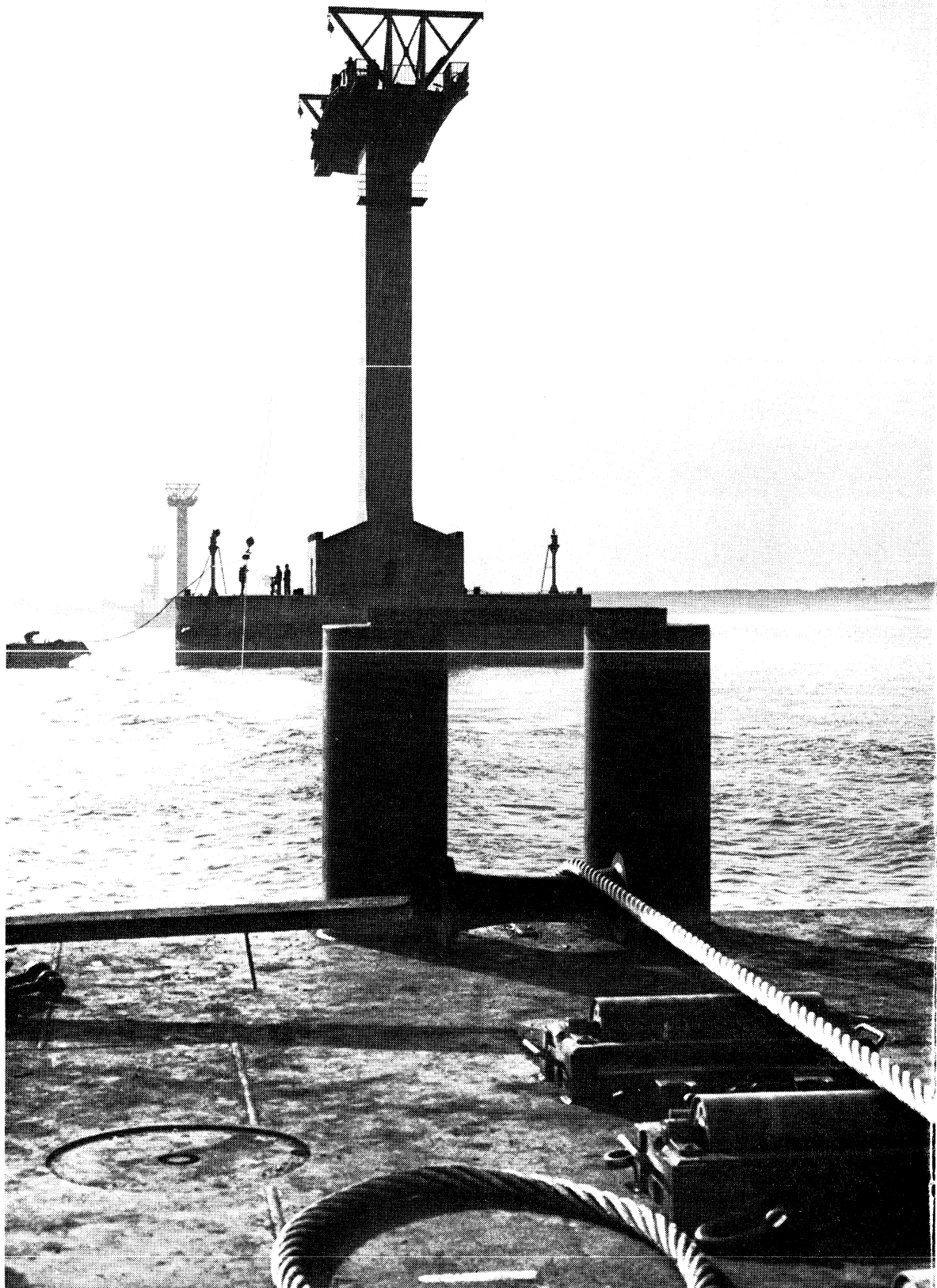
2
Pyloon aan de zuidzijde



gangsconstructie enigszins vereenvoudigd door rond de kabels ter plaatse een stalen manchete te monteren en die door middel van een aan beide einden scharnierende tussenarm aan de onderzijde van de vaste randbalken te verbinden. De contrawielen – twee aan elke gondel – moeten nu een vrij grote slag kunnen maken in verticale zin. Zij zijn daartoe aan een draaibare arm bevestigd, die het wiel met een door een hydraulische cilinder geleverde constante kracht tegen de onderkant van de kabels of van de randliggers drukt. Deze constructie is in principe dezelfde als die bij de oude gondels, alleen is de maximale slag opgevoerd tot 60 cm.

Kabels

Bij het ontwerp is uitgegaan van een werksituatie met twee geladen gondels in elke



grote overspanning. Bij een kabelspanning van rond 300 ton, zoals die was gekozen voor de baan over de Grevelingen en die over het Haringvliet, zou de helling waartegen de gondels moeten klimmen bij het naderen van een pyloon, te steil worden. Daarom is een zwaardere kabel gekozen met een diameter van 106 mm en een door de contragewichten geïntroduceerde kracht van rond 350 ton. Bij de keuze is er rekening mee gehouden dat de werkelijke kabelkracht door de wrijving met de opleggingen onder bepaalde ongunstige omstandigheden kan oplopen tot rond 400 ton. Blijkens een viertal proeven op de trekbank van de 'Seilprüfstelle' te Bochum ligt de breekkracht van deze kabels hoger dan 1070 ton. De trekbank daar, die is geconstrueerd voor kabels met een maximum breekkracht van 1000 ton, kon geen grotere kracht meten dan de genoemde 1070 ton. Overwogen wordt nog een aanvullende proef te doen op een andere bank, waarop de kabel wel volledig tot breuk kan worden belast.

De kabels zijn met gegoten kabelsokken scharnierend verbonden met de vaste verankering op de Middelpaats en met de balansen van de contragewichten aan de zuidzijde. De sokken bestaan uit een gietstalen mantel met een conische holte, waarbinnen de draden, uitgesplitst en ontvet, worden omhuld door ter plaatse ingegoten zink. De gietstalen mantel is achterwaarts verlengd met een tweetal ogen, waardoor de korte as wordt gemonteerd die het scharnier vormt. Ook dit constructie-onderdeel is uitvoerig op de trekbank te Bochum getest, voornamelijk met betrekking tot de werkelijke spanningsverdeling in de gietstalen constructie.

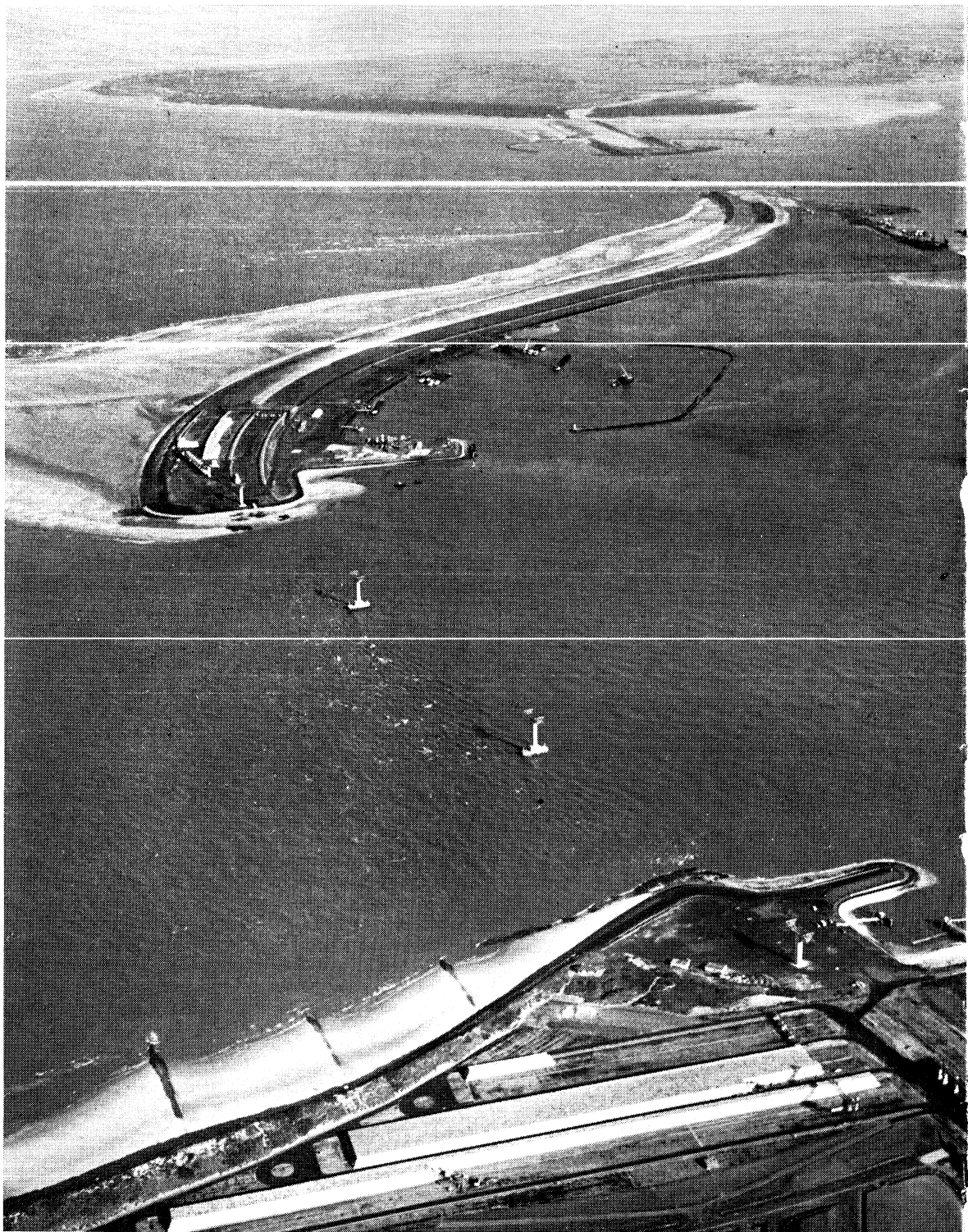
Bij de montage van de kabels is een methode toegepast waarbij de weersomstandigheden veel minder in acht genomen hoeven te worden dan het geval is bij montage met drijvende bokken of met hulpsteunpunten. Begonnen is weer met het overbrengen per sleepboot van een draad met een doorsnee van 19 mm. Met deze draad is een hulpkabel van 50 mm doorsnee overgetrokken met behulp van een lier. De hulpkabel is vervolgens opgehesen en neergelegd op rollen op de pyloonkoppen en railbanen. Aan de zuidzijde waren inmiddels de beide haspels met de

zware draagkabels opgesteld op de fundering van de contragewichten. Het uiteinde van de hulpkabel werd weer aan het begin van de draagkabel bevestigd door tussenkomst van twee onderling verbonden kabelsokken. Vervolgens werd de hulpkabel vanaf de Middelpaats ingehaald. Daartoe waren aan het vaste ankerblok zware keerschijven bevestigd, waarover de hulpkabel werd geleid. Deze hulpkabel was met een zware klem bevestigd aan een takel tussen het ankerblok en de pyloon op de noordelijke oever. De klem en het takelblok werden ondersteund door een op rails lopend wagentje.

De takel werd ingehaald door een aan de pyloon bevestigde lier. Deze inhaalconstructie was dubbel uitgevoerd, zodat om en om telkens een slag van 180 m kon worden gemaakt. Tijdens het inhalen van de ene takel werd de andere weer uitgelegd.

De kabels werden dus als het ware overgetrokken zoals men beurtelings met twee handen een draad binnenhaalt. Om de kabels vrij van het water te houden en om te voorkomen dat ze door verschil in wrijving zo nu en dan zouden doorschieten werden de haspels onder een gecontroleerde kracht van 42 ton afgewikkeld; ze waren namelijk van een tandkrans voorzien waarop een rondsels met vertraging door een hydrometer werd aangedreven. De hydrometer was door hogedrukleidingen verbonden met een hydraulische pomp, waarbij de vrijkomende energie tijdens het afwikkelen via een elektromotor werd opgenomen in het elektriciteitsnet. Op deze wijze bleek het goed mogelijk de kracht tijdens het overtrekken geheel in de hand te houden. De hydraulische rem die door het geheel van de beschreven constructie werd gevormd, was tegen wegvallen van de oliedruk en tegen het uitvallen van het net beveiligd met behulp van een zware mechanische vang die door dezelfde oliedruk normaal werd opengehouden. De operatie is in een zeer rustig tempo en zonder haperen uitgevoerd; ook bij ruw weer met windkracht 8 à 9 kon worden doorgewerkt.

Nadat de beide draagkabels waren overgetrokken is de kracht erin opgevoerd tot 100 ton, waarna de juiste lengte kon worden bepaald; toen werden de kousen aangegoten en de uiteinden gemonteerd aan de vaste verankering en aan de balansen van het contragewicht. Door vervolgens de ballastkisten van de balansen te vullen met gietstalen broodjes kon de uiteindelijke kracht van rond 350 ton worden ingesteld. Het spreekt vanzelf dat deze hele manoeuvre in elke fase door metingen is begeleid.

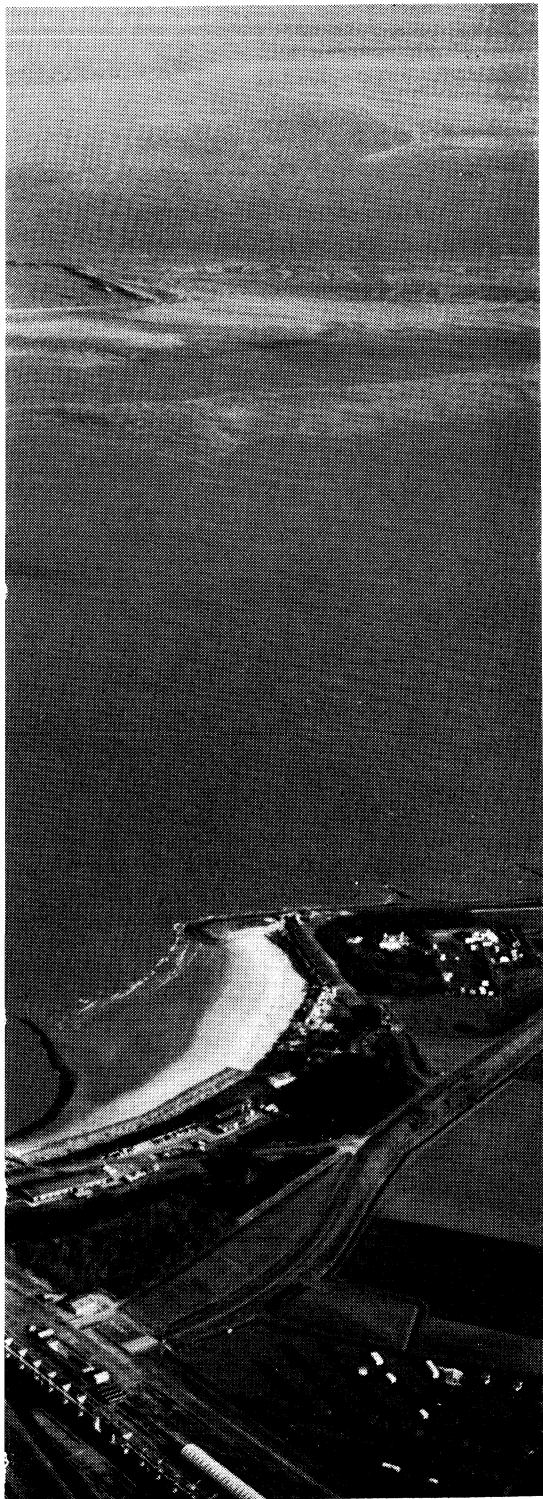


De afsluiting van de zuidelijke stroomgeul in het Brouwershavense Gat

Voor de derde keer zal in het Deltagebied een stroomgeul worden afgesloten met behulp van een kabelbaan. Het principe van de afsluingsmethode is in vergelijking met de afsluiting van de Grevelingen en het Rak van Scheelhoek gelijk gebleven. Er zijn echter tal van uitvoeringsdetails gewijzigd.

Vanaf beide oevers wordt stortmateriaal – betonblokken van 1 m³ inhoud – met de kabelbaan boven het sluitgat gebracht en op een nauwkeurig aangegeven plek gelost. De gondels die voor het vervoer zorg dragen, doorlopen een circuit. Wordt een gondel in het zuiden onder de westelijke kabel geladen, dan rijdt hij langs die kabel over het sluitgat, laat zijn last vallen en rijdt leeg door naar het noorden. Door een draaischijf die in de vaste railconstructie is aangebracht wordt de gondel van de westelijke op de oostelijke kabel gezet, hij rijdt door naar de laadplaats onder de oostelijke kabel, wordt daar beladen en deponeert opnieuw zijn last in het sluitgat; de draaischijf aan de zuidzijde zet hem daarna opnieuw op de westelijke kabel. De gondel heeft dan, gedurende zijn rondgang, 30 ton beton in het sluitgat gestort.

De capaciteit van de kabelbaan is door verscheidene verbeteringen belangrijk vergroot, in vergelijking met de vorige twee opstellingen. Allereerst is de onderlinge afstand der steunpunten, die bij de Grevelingen en bij het Haringvliet 600 m bedroeg, teruggebracht tot 400 m. Bovendien is een dikkere kabel gebruikt, met een doorsnede van 106 mm, tegen 93 mm bij het Haringvliet waardoor de werkspanning, die bij het Haringvliet ongeveer 300 ton bedroeg, kon worden opgevoerd tot 350 ton. Het is door deze twee veranderingen mogelijk geworden, per overspanning twee gonde's toe te laten. De tijd die verloopt tussen twee stortingen vanaf één kabel kan nu bekort worden tot anderhalf à twee minuten. De last die de gondels vervoeren bestaat uit 6 betonblokken van elk ongeveer tweeëneenhalve ton, totaal dus 15 ton. Dank zij een geheel nieuwe constructie van de motorgondel, die thans niet meer door diesel-



motoren maar door turbines wordt aangedreven, is de verhouding eigen gewicht/nuttige lading thans één op één geworden. Dat betekent, bij hetzelfde totale gewicht, een winst van 50 % aan belaadbaarheid.

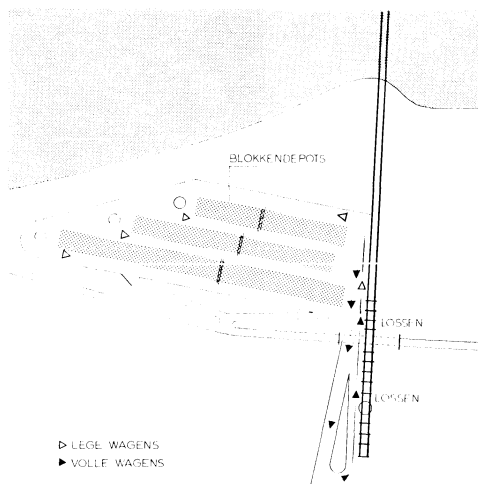
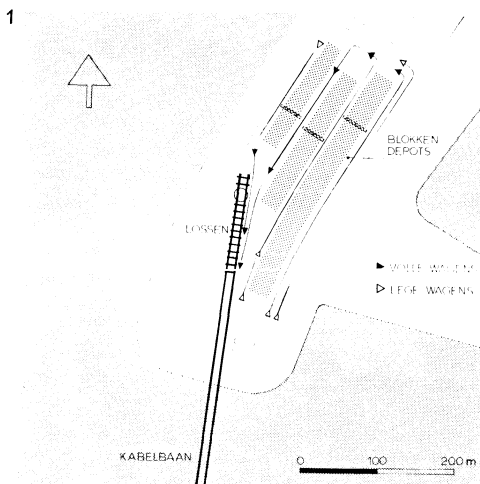
Een centrale commandopost regelt evenals bij de vorige kabelbaansluitingen, de omloop van de motorgondels. De plaats waar de zes betonblokken moeten worden gelost, wordt vanuit de commandopost aan de gondeldrijver opgegeven. Dit geschiedt, net als bij de sluiting van het Rak van Scheelhoek, met behulp van een meerkleurig richtlicht. De op te storten dam is in stortvakken verdeeld, en het in elke opbouwfase aantal per vak te verrichten stortingen is op de commandopost bekend. Veertig meter voor hij het stortvak dat aan de beurt is binnenrijdt, ziet de gondelier het richtlicht; het is dan rood. Op het ogenblik

1

De blokkendepots en vrachtwagencircuits op de beide beladingsplaatsen van de gondels

2

Motorgondels van het nieuwe type geparkeerd aan het vaste raaiendeelte

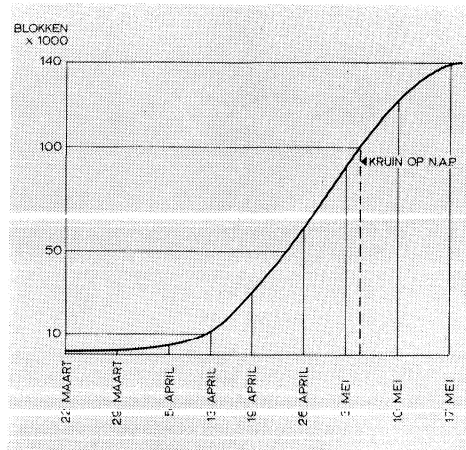


dat hij het rode licht ziet veranderen in wit, moet hij het stortmechanisme in werking stellen. Tijdens de rit door het stortvak worden dan, zonder nadere tussenkomst van de gondelbemanning, twee keer twee blokken afgeworpen en daarna nog twee keer één. Het derde en vierde blok vallen anderhalve seconde na de eerste twee, het vijfde blok valt anderhalve seconde na de tweede serie, en het laatste blok valt één seconde na het vijfde. Deze intervallen zijn zo vastgesteld aan de hand van berekeningen en modelonderzoek bij T.N.O. Niet de krachten die ten gevolge van het lossen van de last worden uitgeoefend op het mechanisme van de kabelbaan waren bij de intervalkeuze maatgevend, maar het zeeziekmakend effect van de opslingering van de gondel op de bemanning die erin zit.

Dichtbij de draagmasten kan het nodig zijn de storthoogte te verkleinen door de last eerst te vieren en pas dan te lossen. Een belangrijk voordeel van de nieuwe gondels is, dat ze tijdens het rijden hun last kunnen laten zakken. Bij het vorige type kon dat niet, omdat de gondel zelf en zijn lier door dezelfde motor werden aangedreven. In het Rak van Scheelhoek heeft men vastgesteld dat de capaciteit van het bedrijf aanzienlijk toeneemt wanneer de gondels hun last al rijdend lossen. Het kon daar en in de Grevelingen echter alleen, wanneer de last niet gevierd behoeft te worden. Thans echter is ook rijdend vieren van de last mogelijk. Zodra de gondelier het rode richtlicht waarneemt, laat hij, wanneer dat nodig is, de blokken zakken. De blokkendam door de zuidelijke stroomgeul van het Brouwershavense Gat krijgt een



1 dubbele kruin. Er moet derhalve over de hele lengte van de dam vanaf beide kabels worden gestort. De richtlichten bedienen elk de helft van de totale kadelengete. Eén richtlicht staat opgesteld op een duintop op Schouwen, 800 m ten oosten van de as van de kabelbaan. Aan de noordkant van het sluitgat staat het richtlicht op een stelling in het water, eveneens 800 m ten oosten van de as. Behalve een stortcircuit is ook een aanvoeren laadcircuit ingesteld. Het laadbedrijf is afgesteld op de theoretische maximale capaciteit van het stortbedrijf, zodat het bedrijf nooit kan stagneren vanwege tekorten in de aanvoer. Elke 75 seconde moet een gondel kunnen worden beladen, hetzij aan de noordzijde, hetzij aan de zuidzijde van het circuit. Om deze hoge frequentie te kunnen halen zijn voor de belading van de auto's die de blokken van de depots vervoeren naar de gondels, portaalkranen aangeschaft. Bij vergelijking tussen mobiele kranen en portaalkranen bleken de laatste namelijk bedrijfszekerder te zijn, met name bij harde wind. Aan beide zijden van het circuit staan twee portaal-kranen ter beschikking om de blokken uit de stapeling te tillen en op een gereedstaande vrachtauto te zetten; ze verplaatsen zich, al naar de voorraad blokken slinkt, langs rondom de depots aangelegde railbanen. De depots zijn zo ingericht dat de ene portaal-kraan de helft van de opgestapelde blokken kan bereiken, terwijl de andere twee stroken moet leegruimen, waartoe hij één keer verplaatst moet worden. Vorm en grootte van de opslagterreinen lieten een nog gemakkelijker bereikbare stapeling der blokken niet toe. Op het damvak Middelpaat moesten de rijen blokken een licht gebogen vorm hebben. Overall is de stapeling van de blokken evenwel zo uitgevoerd, dat steeds eenheden van zes blokken kunnen worden opgepakt. De blokkenbalk, de mechanische oppakinstallatie die ook bij het Rak van Scheelhoek werd gebruikt, is nu ingericht voor zes blokken. De balk wordt door een portaalkraan boven de hijshaken van de blokken gebracht, en erop neergelaten. De hijshaken worden daarbij automatisch in de balk vergrendeld. De vrachtauto waar de blokken worden opgezet, is voorzien van een frame waar de zes blokken inpassen, precies gericht voor de stortbalk onderaan de motorgondel. Wanneer de blokken op de auto geplaatst zijn, worden alle zes oppakmechanismen met één beweging ontgrendeld. De auto rijdt naar de laadplaats van de gondels, alwaar zijn vracht wordt overgenomen door de stortbalk van de gondel. De gondel vertrekt ermee naar het stortvak.



- 1 Planning van het aantal te verwerken blokken
- 2 Blokkenstapeling in het depot

De stortbalk onder de gondel wordt, in tegenstelling met de laadbalk in het depot, niet mechanisch, maar hydraulisch bediend door middel van een elektrisch commando uit de cabine van de gondel.

Op het damvak Middelpaat staan 95.000 blokken opgestapeld, en in het depot op Schouwen 115.000. Verloopt de sluiting geheel naar wens en berekening, dan is het gat met 140.000 blokken dicht. De andere 70.000 dienen als reserve, voor het geval er stormschade optreedt aan de dam. Zulk een schade is overigens pas te verwachten bij een storm met een statistische kans van voorkomen van eens in de 100 jaar.

De berekening van het benodigde aantal blokken is enkele malen gewijzigd. De eerste berekening kwam uit op 260.000 blokken, uitgaande van 40 % holle ruimte tussen de blok-

ken, 7 % breuk bij het storten, 5 % zetting en 10 % voor herstel der stormschade. Met dit aantal blokken zou een kade in het sluitgat kunnen worden gebouwd met twee kruinen op N.A.P. Nadere waterloopkundige onderzoeken wezen echter uit, dat de kruinen aan de bekkenzijde zonder gevaar voor stabiliteitsverlies kunnen worden verlaagd tot N.A.P. + 1 m. De zeewaartse kruin zal dus worden opgebouwd tot N.A.P. + 3 m (tegen de Schouwense oever wordt die kruin over 100 m zelfs doorgezet tot N.A.P. + 5 m, vanwege de geringe stabiliteitsreserve van deze oever), de binnenste tot N.A.P. + 1 m. Daardoor kon het aantal blokken reeds aanzienlijk teruggebracht worden. Bij de sluiting van het Rak van Scheelhoek schoot het grote aantal van 45.000 blokken over; de berekeningen na afloop van deze sluiting wezen erop dat het

stroomsnelheden onder de Schouwense oever bleken het best beperkt te kunnen worden door de kruin van de blokkendam aldaar te laten hellen onder een hoek van 1 : 25. Ook onder het damvak Middelpaalt konden de ontgrondingen het best met deze kruinhelling worden bestreden. Voor de beperking van de ontgrondingen is vooral de snelheid van sluiten van belang. Hoe korter een stromings-toestand duurt, hoe gunstiger het ontgrondingspatroon.

Afstemverliezen, wachttijden en kleine storingen meegerkend, hoopt men per uur 400 blokken in het sluitgat te deponeren. Bij 90 werkuren per week, duurt de sluiting dan 6 weken.

Is de blokkendam gereed, dan moet de hydraulische sluiting nog voltooid worden door afdichting van de poreuze blokkendam. De



2

holle-ruimte-percentages niet 40 maar 43 % bedroeg, ongeacht de breuk. Opnieuw kon het blokkenaantal omlaag, maar de gegevens over de kade door het Rak van Scheelhoek kwamen binnen op een tijdstip dat verlaging tot minder dan 210.000 blokken niet meer mogelijk was.

Vandaar de nu wat ruime voorraad reserveblokken. Bij de afsluiting van de Oosterschelde zullen veelvouden nodig zijn van water in het Brouwershavense Gat overschiet. Het sluitgat wordt in lagen geblokkeerd. De volgorde en de schematisering van de opbouwfasen is vastgesteld aan de hand van waterloopkundig onderzoek en op grond van de uitvoerbaarheid.

Getracht is, die damopbouw te bereiken waarbij de ontgrondingen achter de bodembescherming zo gering mogelijk blijven. De

afsluiting zal worden uitgevoerd door grind bovenstrooms van de blokkendam op het waterniveau van aflopende banden tussen de blokken te laten lopen. De grote gaten worden daarmee opgevuld. De stroomsnelheid door de dam vermindert daarmee zodanig, dat het zandlichaam om de beteugelingsdam kan worden opgespoten, zonder gevaar te lopen dat het wordt weggespoeld.

In het voorjaar van 1971 zal de noordelijke stroomgeul van het Brouwershavense Gat, de Kous, met behulp van caissons worden afgesloten.

In de afgelopen jaren is hier een sluitgat geformeerd met een drempel op N.A.P. - 10 m, terwijl de onmiddellijke omgeving werd voorzien van een bodembescherming.

De afsluiting van de Kous met behulp van caissons

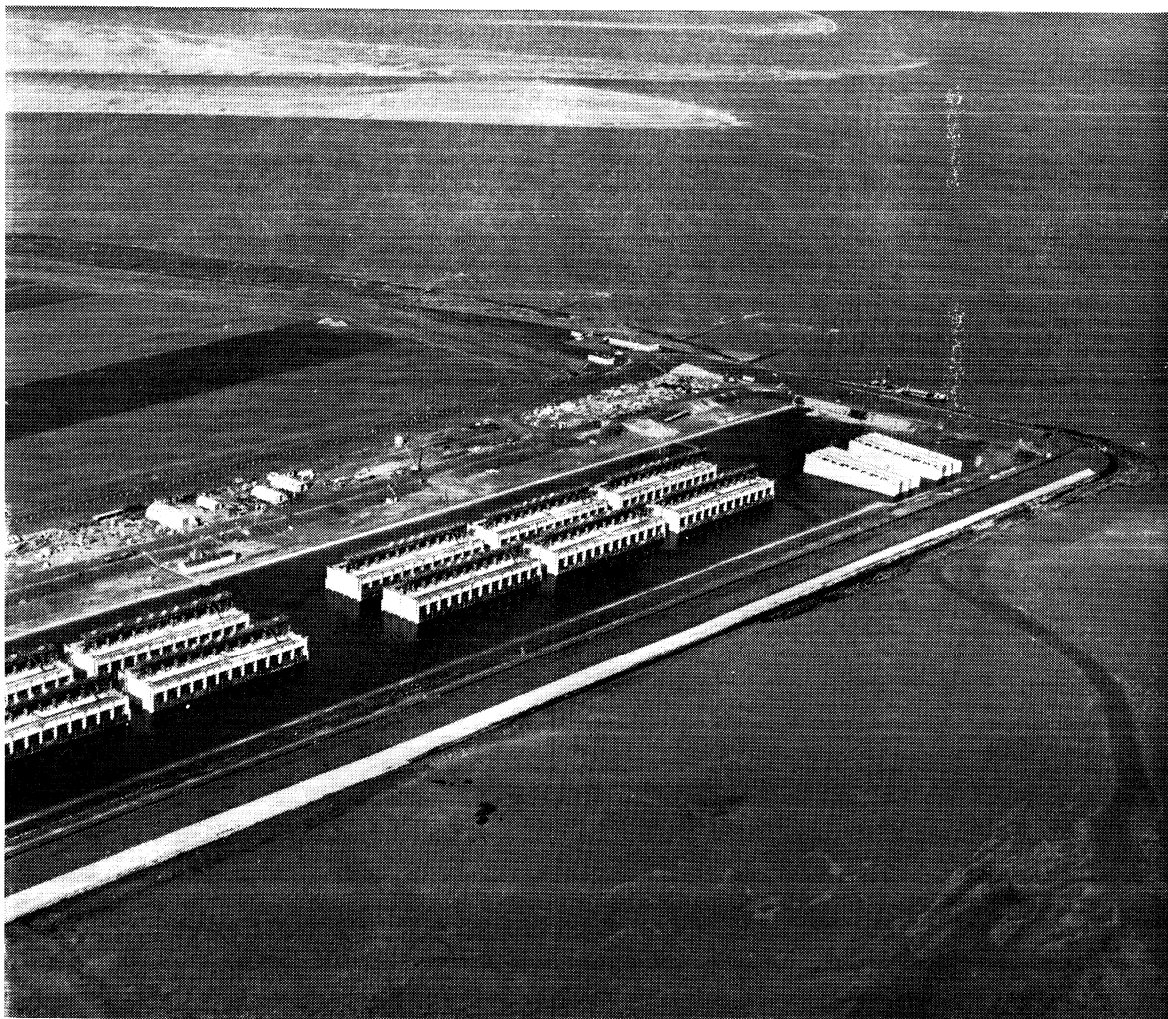
Voor de sluiting zullen 12 doorlaat- en 2 landhoofdcaissons worden gebruikt, die tussen 1968 en 1971 gebouwd zijn in een daarvoor gegraven dok nabij Zonnemaire. De lengte van een doorlaatcaisson bedraagt 68 m. Het sluitgat is 907,06 m breed. Er wordt op gerekend, dat de aan de uiteinden van ribben voorziene caissons met de middens van de kopwanden op 1,25 m uit elkaar komen te staan, zodat de 1 m lange ribben ten dele langs elkaar vallen. Voor elk van de landhoofdcaissons, die, de ribben meegerekend, 47 m lang zijn, is in het sluitgat een ruimte van 47,25 m gereserveerd, terwijl de opening voor de laatste caisson 72,50 m lang is. De laatste caisson moet immers in deze rij gescharnierd kunnen worden, wat een ruimte ter lengte van de diagonaal van de caisson vereist. Tevens is rekening gehouden met een reservelengte van 2 m voor het geval een of meer caissons niet dicht genoeg op de voorgaande kunnen worden geplaatst.

De caissons moeten met hun gebogen en geribde bodem worden geplaatst op een drempel van 35 m breedte, waarvan de bovenlaag bestaat uit stortsteen 10-300 kg. Na het plaatsen van de rij caissons kunnen de schuiven gesloten worden mits de sluiting van de zuidelijke geul genoeg gevorderd is. Daarna kan worden begonnen aan de opbouw van de eigenlijke afsluitdam. De dam moet voor de winter zover gevorderd zijn dat zonder grote kans op schade met het nog niet gereedgekomen werk overwinterd kan worden. Het is deshalve van belang zo vroeg mogelijk met het persen van de benodigde grote zandhoeveelheden te beginnen. Dat is een reden om de sluiting zo vroeg mogelijk in het voorjaar te laten plaatsvinden. Aan de andere kant



moeten de caissons worden geplaatst in een periode met niet te veel kans op slecht weer. Daarbij komt dat de opbouw van de kabelbaan, de bodembescherming en de drempel in de Kous en ook de doorlaatstations niet vóór maart gereedkomen. Als perioden voor de plaatsing van de caissons komen dan in aanmerking de maanden maart, april en mei. De werkbaarheid in maart is gemiddeld over een groot aantal jaren duidelijk ongunstiger dan in de andere twee genoemde maanden. Werkbaarheidsverschil tussen april en mei is nauwelijks aanwijsbaar. Voor de plaatsing van de caissons is daarom de maand april gekozen. Voordat een caisson afgezonken kan worden moet hij op de juiste plaats gelegd worden. Bovendien moeten na het afzinken de drijfscotten verwijderd en de schuiven geheven worden. Deze handelingen moeten plaats-

vinden bij zo gering mogelijke stroomsnelheden, teneinde de nadelen en de risico's die aan de gehele operatie verbonden zijn tot een minimum te beperken. De krachten die de stroom op de caissons uitoefent zijn namelijk evenredig met het kwadraat van de stroomsnelheid. Bij lage stroomsnelheden kunnen de sleepboten de caissons bij het indraaien veel beter onder controle en tijdens het afzinken op de juiste plaats houden. Daarom verricht men al deze handelingen omstreeks de kentering. Er zijn twee redenen waarom men de caissons in de Kous bij voorkeur tot zinken brengt op de laagwaterkentering: bij hoogwater moet een caisson 2,50 m dieper zinken, hetgeen een toename van de zinktijd tot gevolg heeft; maar vooral: in het Brouwershavense Gat is de periode met betrekkelijk lage snelheden omstreeks de laagwaterkente-



ring aanmerkelijk langer dan omstreeks de hoogwaterkentering. Om evenwel het aantal mogelijke plaatsingstijdstippen te vergroten, zijn twee doorlaatcaissons zó ingericht dat ze ook op de hoogwaterkentering afgezonken kunnen worden; ze kregen daartoe onder meer hogere drijfschotten. Daardoor kan een door slecht weer of anderszins opgelopen achterstand op het plaatsingsschema in geval van nood worden ingelopen. Omdat de beschikbare diepte bij laagwater nabij de uit eenheidscaissons opgebouwde landhoofden van de damvakken te klein is voor de landhoofdcaissons, moeten die in elk geval op de hoogwaterkentering worden gezonken. Voor de verdere bepaling van het plaatsingsschema zijn andere factoren in overweging genomen. In de eerste plaats moet een caisson liefst bij daglicht afgezonken worden. Ook voor en na het plaatsen dient een aantal handelingen bij daglicht te kunnen geschieden. Het is noodzakelijk dat de laatste caisson vóór dooftij wordt ingevaren en afgezonken, omdat de getijomstandigheden door de vernauwing van het sluitgat als gevolg van de voorgaande plaatsingen en door de sluiting van de zuidelijke geul in ongunstige zin veranderen. In de periode tot het dooftij moet bovendien enige tijd in reserve worden gehouden om bij achterstand in het programma een paar caissonplaatsingen te kunnen inhalen. Uit het onderzoek naar de invloed van golven op het gedrag van de caissons is wel gebleken dat er zulke golfklappen kunnen voorkomen dat de drijvende ingedraaide caisson op de ribben van de reeds geplaatste slaat. Omdat de ribben niet bestand zijn en ook niet kunnen zijn tegen dergelijke harde klappen, kan er bij het optreden van deze golfklappen niet gewerkt worden. De golfomstandigheden vormen derhalve een duidelijk criterium voor de plaatsingsoperaties. Om de ontgrondingen tot een minimum te beperken dient de gehele operatie zo snel mogelijk plaats te vinden. Bovendien is het gewenst dat het onvermijdelijk in de plaatsingsperiode vallende hoge springtij optreedt als de sluiting nog maar juist begonnen is. Daarna volgt een dooftij en een laag springtij, steeds met tussenpozen van ongeveer een week; op het volgende dooftij zijn alle caissons geplaatst.

Rekening houdend met bovenstaande eisen is een plaatsingsprogramma ontwikkeld dat vier weken zal duren. In de eerste week, tussen 5 en 10 april, zullen de beide landhoofdcaissons worden geplaatst; in de tweede week, tussen 12 en 17 april, volgen drie doorlaatcaissons en in de derde week van

19 tot 24 april nog eens vier. In de laatste week, tussen 26 april en 1 mei, zullen niet minder dan vijf doorlaatcaissons moeten worden afgezonken. Met de ervaring neemt dus het aantal plaatsingen per week toe. In de weekeinden en gedurende de paasdagen worden, bijzondere omstandigheden daargelaten, geen caissons afgezonken, met uitzondering van de laatste manoeuvre, die op een zaterdag valt. In het gehele schema zijn, afgezien van de weekeinden en de feestdagen, drie reservedagen opgenomen. Bovendien is er enige vrijheid gelaten ten aanzien van het tijdstip van plaatsing van de laatste caisson; daar zijn namelijk twee dagen voor beschikbaar.

Aan de plaatsing van een caisson kunnen in beginsel twee soorten manoeuvres voorafgaan. De caisson kan op het laatst van de eb in het sluitgat op zijn plaats worden gebracht, en wel zo dat caisson en sleepboten met de stroom mee afzakken naar de drempel, maar de caisson kan ook in zijn plaats worden getrokken tegen de afnemende ebstroom in. In dat geval moet het convooi eerst met stroom mee door het sluitgat naar zee varen, daar omkeren en terugvaren om de caisson voor of op de laagwaterkentering te plaatsen. Bij beide methodes kunnen de drijfschotten verwijderd en de schuiven geheven worden bij lage stroomsnelheden vlak na de kentering. De volgens de eerste methode uitgevoerde manoeuvre, die kort zal duren, heeft als groot bezwaar dat de sleepboten de caisson zeer moeilijk met de stroom mee onder controle kunnen houden. Ze is daarom verworpen. De tweede methode, waarbij dit bezwaar niet bestaat, heeft als nadeel dat de caisson eerst door het sluitgat moet worden gebracht. Wanneer dit geschiedt bij lage snelheden, dus omstreeks de hoogwaterkentering, zal de gehele manoeuvre veel tijd in beslag nemen, terwijl er dan ongeveer 4 uur op zee geparkeerd moet worden. Besloten is dan ook om gedurende de tijd dat de opening tussen de geplaatste caissons in het sluitgat groot genoeg is, eerst zo laat mogelijk en dus bij vrij hoge snelheden, met de stroom mee door het sluitgat te varen, zo kort mogelijk op zee te parkeren en de caisson vervolgens van buiten naar binnen in te draaien en af te zinken. De laatste twee caissons zullen als gevolg van de toegenomen ebsnelheden en om goede manoeuvreermogelijkheden in het overgebleven nauwe gat te houden, rond hoogwater naar buiten moeten worden gebracht; de lange parkeertijd op zee moet dan maar voor lief genomen worden. Bij de plaatsingsmanoeuvres zijn ten minste zes grote

Foto op p. 254-255
De caissons voor de afsluiting
van de Kous in het geïnun-
deerde bouwdok te Zonnemaire

1

Caisson van binnen

sleepboten betrokken. De landhoofdcaissons worden juist vóór of op de hoogwaterkentering geplaatst en daartoe tegen het laatst van de vloed in de juiste positie getrokken en afgezonken.

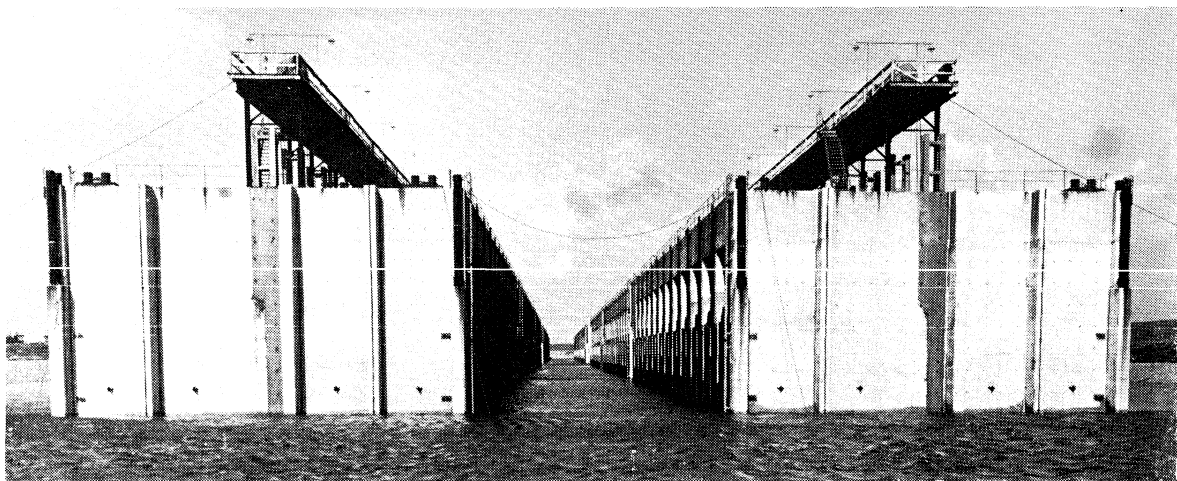
De caissons die aan de grond staan in het bouwdok nabij Zonnemaire zullen één voor één leeggepompt en wanneer ze zijn gaan drijven in het dok versleept worden naar een daarvoor ingerichte ponton met een hoge steiger 3 waar zij verder gereed worden gemaakt voor de overtocht en het afzinken. Er worden generatoren, lekpompen, schijnwerpers, gereedschappen en reddingsmiddelen aan boord gebracht. Ook worden er acht drukschotten tegen de zijkanten van de caisson gehangen, waar de sleepboten indien nodig tegen kunnen duwen zonder de drijfschotten te beschadigen. Sleepdraden voor

1



het wegslepen van de schotten en sleepstroppen en ander hulpmateriaal completeren de uitrusting. Dan maken de sleepboten vast en ongeveer 6 uur voor de plaatsing verlaat de caisson het dok. De sleep volgt eerst over 7 km de zuidelijke geul van het Brouwershavense Gat en vaart dan de Hompelgeul binnen. Deze geul werd speciaal voor de vaartocht met de caissons gegraven dwars door de zandbank Hompelvoet. Om op een diepte van N.A.P. – 10 m een bodembreedte van tenminste 50 m te verkrijgen werd uit de 2 km lange geul 2.000.000 m³ zand gezogen, die werd opgeslagen in een depot ten behoeve van de Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland, die het werk ook liet uitvoeren. De laatste 2 km van het traject wordt gevaren door bestaande geulen. De caissons worden vervolgens doorgeloodst, ingedraaid en ge-

geopend, waarop de caisson op de drempel zinkt. Daarna worden de drijfschotten verwijderd, de sleep- en langsdraden losgemaakt en de schuiven geheven. Dan kan ook de naad tussen de juist geplaatste en de vorige caisson worden opgevuld met loodslakken en steen 10-300 kg. Om onderloopsheid van de caisson na de uiteindelijke sluiting van alle schuiven te vermijden wordt aan de binnenzijde van de caissonrij een aanstorting van steen aangebracht. Dan kunnen ook de ballastbakken, die de caisson nog eens extra gewicht en daarmee weerstand tegen afschuiven moeten geven, gevuld worden met zand en worden afgedekt met een rijbaanverharding van hoogovenslakken. Via houten naadoverbruggingen wordt zo een provisorische rijweg over de caissons gemaakt. Mocht op het laatste moment als gevolg van de weers-



zonken. Voor en na het passeren van de drempel wordt de caisson enige tijd geparkeerd om in de gehele manoeuvre reservetijd beschikbaar te hebben. Een uur voor de plaatsing trekken de sleepers de caisson in de richting van het sluitgat. De eerste verbinding wordt gemaakt met een nabij het scharnierpunt opgestelde lier met krachtbegrenzer. De boten draaien de caisson in, waarbij de lier ervoor zorgt dat het contact met het scharnierpunt gehandhaafd blijft. Lig de caisson éénmaal ingedraaid, dan worden de drukschotten en de vergrendeling van de drijfschotten verwijderd. De caisson wordt dan op zijn plaats gehouden door de boten en door twee langsdraden van de caisson naar twee lieren die op de aangrenzende eerder geplaatste caisson zijn opgesteld. Even voor de kentering worden alle afsluiters

omstandigheden een plaatsing niet door kunnen gaan, dan wordt de caisson de werkhaven nabij het damvak Springersdiep ingevaren, die daartoe op voldoende diepte is gebracht.

Tijdens het aankleden van de caisson in het bouwdok – werk dat ook 's nachts moet kunnen plaatsvinden – kan daar een verlichting worden ontstoken. Ook de uitgang van het dok is voorzien van twee lichtmasten. De geulen tot het sluitgat zijn voorzien van een betonning, terwijl nabij de monding van de Hompelgeul in de Kous een vaste radarpost op een ponton ligt afgemeerd, van waaruit de sleepers tijdens het transport geholpen kunnen worden bij het navigeren. Daarnaast vaart voor het convooi uit een peilvlet als begeleider, die de vaargeulen aangeeft. Om na de plaatsing over voldoende elektrische energie op

de caissons te kunnen beschikken voor het normaal en eventueel plotseling en tegelijk bedienen van de schuiven in onverwachte omstandigheden, worden er verspreid over de lengte van het sluitgat negen generatoren geïnstalleerd, met een vermogen van 125 kVA per stuk.

De landhoofdcaissons worden na het indraaien elk op hun plaats gehouden door vier elektrische lieren die worden opgesteld op de kop van het damvak dat aansluit op het landhoofd. Ook voor het op de plaats houden van de laatste caisson zullen die lieren gebruikt worden. Mocht het noodzakelijk blijken bij het afzinken van de overige caissons kruisdraden toe te passen dan kunnen behalve de twee eerder genoemde lieren ook die twee andere worden gebruikt, die dan reeds op het werk aanwezig zijn.

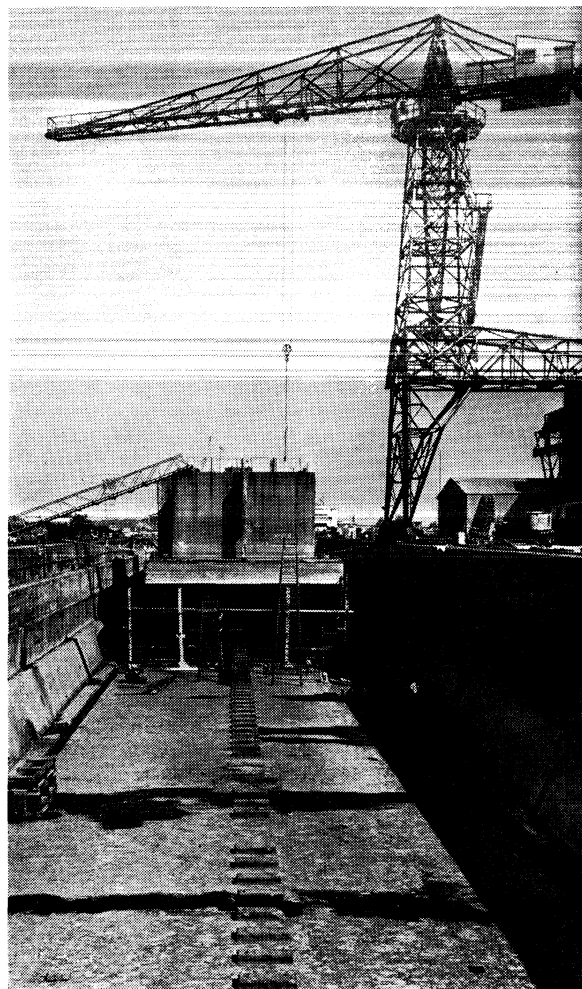
1
Caissons wachten in het bouw-
dok

2
Een Phoenix-caisson wordt te
Vlissingen gereed gemaakt als
reserve-caisson

Allereerst zullen de twee landhoofdcaissons geplaatst worden. Begonnen wordt met die aan de zijde van het damvak Kabbelaarsbank. Vervolgens worden de caissons beurtelings aan de zuid- en aan de noordzijde van het sluitgat afgezonken. De openingen die aan weerszijden van de laatste caisson overblijven worden gedicht met stortsteen 10-300 kg die wordt gestort tussen twee kettingnetten die gehangen kunnen worden in daarvoor in de kopribben van de caisson aangebrachte sponningen. Mocht tijdens de sluiting een caisson, door wat voor oorzaak dan ook, verloren gaan, dan is er een reservecaisson beschikbaar. Deze caisson, van het uit de Tweede Wereldoorlog stammende type 'Phoenix', die zolang aan de grond gezet was in het Veerse Meer, is voor deze functie geschikt gemaakt in een droogdok te Vlissingen. Vroeg in de

sluitingsperiode zal hij worden overgebracht naar de omgeving van het sluitgat, om indien nodig als laatste in het sluitgat afgezonken te worden. De openingen die dan tussen de voorlaatste doorlaatcaissons en de Phoenix-caisson overblijven zullen worden gevuld met steen. Boven over de Phoenix-caisson, die 4 m lager is dan de doorlaatcaissons, zal eventueel een Baileybrug worden opgebouwd om toch een vaste oeververbinding tot stand te brengen.

Zodra dat toelaatbaar is in verband met de sluiting van de zuidelijke geul zullen de schuiven van de doorlaatcaissons worden neergelaten, waarmee de afsluiting een feit wordt.



In het komende voorjaar zal een aanvang worden gemaakt met de bouw van het werkeiland Noordland, het derde en laatste van de steunpunten in open water met behulp waarvan de afsluiting van de Oosterschelde moet worden gerealiseerd.

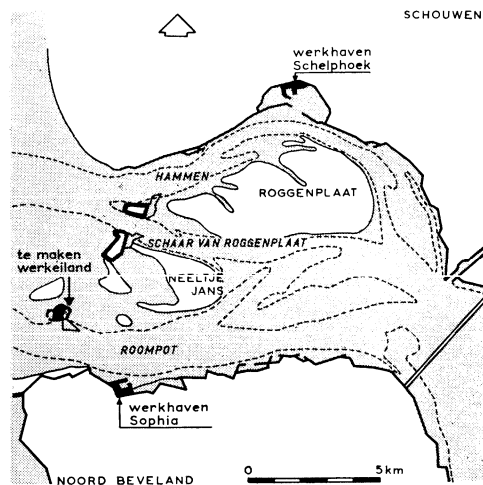
Het werkeiland Noordland in de Oosterschelde

Het eerste werkeiland, Roggenplaat, kwam in het voorjaar van 1970 gereed; het tweede, Neeltje Jans, zal begin 1971 worden voltooid, samen met een erop aansluitend damvak van 700 m lengte. Beschrijvingen van deze twee werkeilanden met hun havens kan men vinden in Bericht 47 (februari 1969) en Bericht 51 (februari 1970).

Het werkeiland Noordland, zo genoemd naar de plaat in de omgeving, is gesitueerd in het tracé van de toekomstige afsluitdam; het komt te liggen in het platengebied onmiddellijk ten noorden van de Roompot. In noordwaartse richting diende het eiland niet te ver op het platengebied te worden uitgebouwd. Tussen het nieuwe werkeiland en het eiland Neeltje Jans loopt het damtracé door een tamelijk ondiep platengebied van 1,5 km lengte, dat doorsneden wordt door de Geul, een stroomgeul van ongeveer 10 m diep.

Men is van zins dit gedeelte van het tracé in 1972 af te sluiten; de sluiting kan vermoedelijk op eenvoudige wijze worden voltrokken, namelijk door het spuiten van zand. Om de kosten van die operatie zoveel mogelijk te beperken moet men het stroomprofiel van het platengebied niet te zeer en ook niet in een te vroeg stadium vernauwen.

Nemen de snelheden toe, dan betekent dit een groter zandverlies bij het dichtspuiten. De laatste fase van de sluiting moet plaatsvinden in een ondiep gedeelte van het tracé. Daartoe is het gedeelte dat overblijft tussen Noordland en de Geul, mits men het eiland niet te noordelijk beëindigt, zeer geschikt. De zuidelijke begrenzing van het werkeiland moest op niet te ondiepe grondslag worden gelegd, omdat ze meteen dient als begrenzing van het sluitgat in de diepe Roompot. Dat

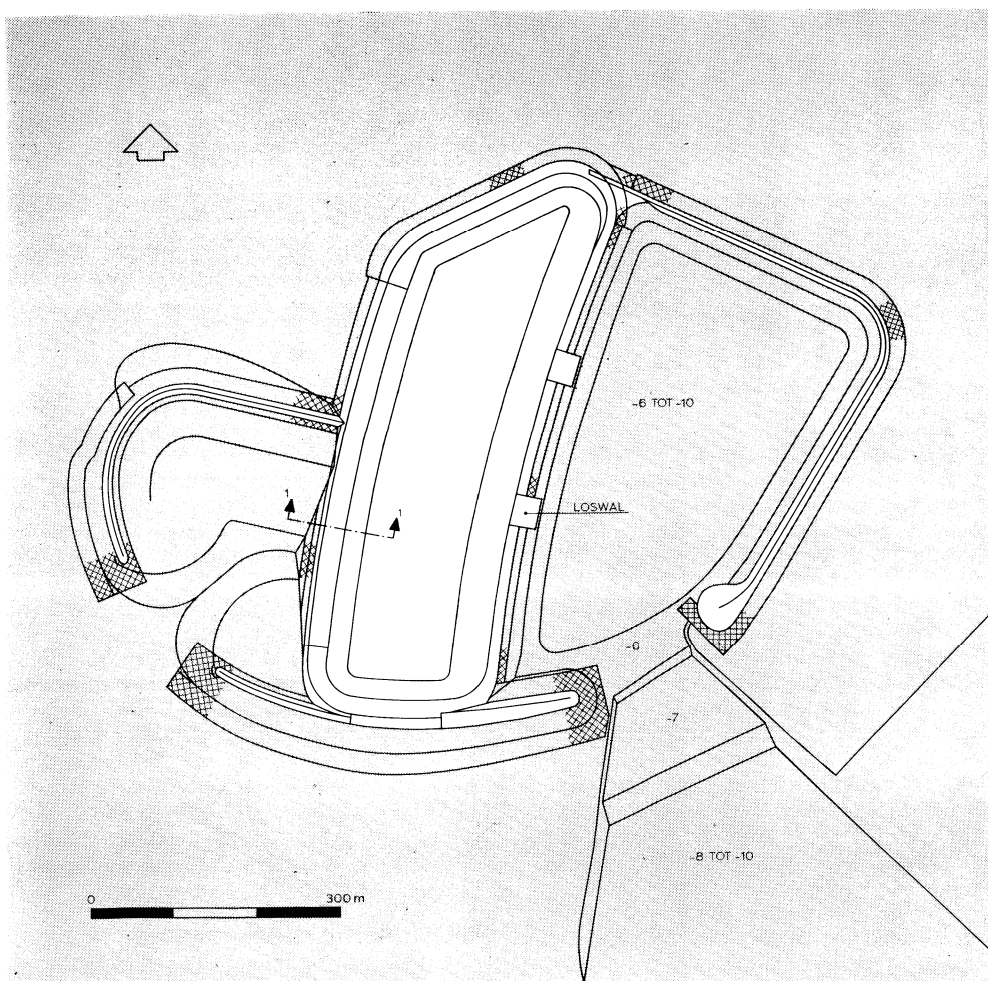


sluitgat zou anders onnodig breed, en de afsluitingskosten onnodig hoog worden. Dit geldt vooral bij een caissonsluiting, waarbij veelal nabij de sluitgatbegrenzing inbaggeringen nodig zijn tot op grote diepte, ten behoeve van de aanleg van een horizontale drempel. Deze inbaggeringen zijn des te duurder naarmate de grondslag hoger ligt en de breedte van het sluitgat groter is. Bovendien neemt in het algemeen de kans op hinderlijke zandafzetting in de as van het sluitgat vóór de kop van een kunstmatig eiland toe naarmate dat eiland verder op een ondiep platengebied ligt. Anderzijds moet het werkeiland ook weer niet te ver in de diepe Roompot reiken, omdat dan een deel van de stroom door de Roompot in een te vroeg stadium in zijn loop zou worden gehinderd. Er kunnen dan wervelstraten en moeilijk te voorspellen

ontgrondingen in of achter de as van het toekomstige sluitgat optreden. Beide gevaarlijke extremen vermijgend heeft men een plaats gekozen voor het eiland waarbij de teen van de constructie ligt op ongeveer N.A.P. – 7,5 m. Nadat de situering van de begrenzingen van het werkeiland en de grootte van de benodigde haven en van de werkkerreinen waren vastgesteld, is in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst' de vorm van het werkeiland bepaald in het grote overzichtsmodel van de Oosterschelde. Uit het onderzoek in het laboratorium is gebleken dat ook voor het werkeiland Noordland, evenals voor het werkeiland Neeltje Jans, stroomgeleidingsdammen nodig zijn. Aan de oostzijde van het eiland zal de havendam tevens als stroomgeleidingsdam dienst kunnen doen; aan de westzijde moest een dam worden ontworpen

- 1
Situatie van het werk
- 2
Overzicht van het werkeiland

2



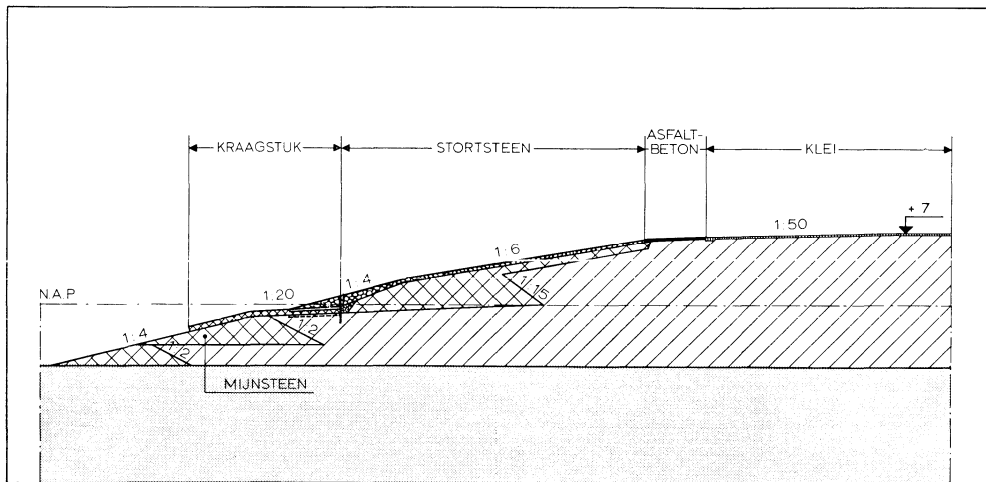
die voorlopig alleen een stroomgeleidende functie heeft.

Het is echter niet uitgesloten dat in de toekomst in het gebied binnen deze geleidingsdam een tweede haven zal worden gemaakt. Dat zou dan een vluchthaven kunnen zijn voor peilvletten en aannemersmaterieel dat na de dichting der sluitgaten bij de afbouw van de dam door de Oosterschelde aan de zeezijde zal moeten worden ingezet. Voor het maken van een haveningang in een later stadium is nu al een opening in de geleidedam uitgespaard. Voor het vaststellen van de grootte en de hoogte van de terreinen op het werkeiland werden dezelfde criteria aangehouden als bij het ontwerp van het werkeiland Neeltje Jans. Ook voor Noordland geldt de eis dat de breedte van de zuidelijke begrenzing van het eiland zo groot moet zijn dat een gunstige

aangebrachte zand in den droge afbouwen.

Het terrein moet vanaf de haven goed bereikbaar zijn. Daartoe zal er een werkweg omheen worden aangelegd van 6 m breed; aan de westzijde van het eiland komt die weg op N.A.P. + 6,5 m en maakt hij deel uit van de buitenberm van de toekomstige dam; aan de oostzijde komt hij op N.A.P. + 3 m, op gelijke hoogte met de bovenkant van de loswallen. Ter oriëntatie diene dat een waterstand van N.A.P. + 3 m in de mond van de Oosterschelde gemiddeld een keer in de vijf jaar wordt bereikt of overschreden.

De bekleding van het buitenbeloop wordt, wat het definitieve gedeelte betreft, net zo uitgevoerd als die van het werkeiland Neeltje Jans: boven N.A.P. + 1 m, achter de betonnen damwand, begint een met gietasfalt gepenetreerde stortsteenlaag van verlopende dikte;



opstelling van een eventuele kabelbaan mogelijk is. Voor de aanvoer van materialen en materieel is een werkhaven nodig, die voorzien dient te zijn van twee loswallen en een personensteiger. Het havenfront is om esthetische redenen evenwijdig aan de toekomstige recreatieweg ontworpen; tussen de weg en het havenfront is ten behoeve van recreatieve voorzieningen een extra terrein met een breedte van 50 m in het ontwerp opgenomen. In de omgeving van het sluitgat dient een voldoende groot terrein beschikbaar te zijn voor het opslaan van betonblokken die nodig zullen zijn als in de Roompot het systeem van de geleidelijke sluiting zou worden toegepast. Daarom wordt het boven N.A.P. + 7 m gelegen profiel van de dam voorlopig niet afgebouwd. Bij deze hoogte van het terrein kan men later het definitieve profiel met het reeds

tegen de damwand bedraagt ze 110 cm en op N.A.P. + 2,5 m en daarboven 35 cm. De dikte is gebaseerd op de te verwachten opwaartse drukken onder deze gesloten bekleding. Vóór de damwand zal een kraagstuk van 15 m breedte worden aangebracht, dat over 5 m voor de damwand extra zwaar bestort en met gietasfalt gepenetreerd zal worden.

Ter besparing van kosten zullen de havendam en waar mogelijk ook de geleidingsdam op een met zand verhoogde grondslag worden aangelegd. Uit grondmechanisch onderzoek is gebleken dat de stabiliteit van Noordland verzekerd is; er valt geen gevaar voor grote zettingen of afschuivingen te vrezen.

Enkele uitvoeringstechnische aspecten

Het werkgebied ligt ten zeerste blootgesteld aan de open zee. De diepte van de grondslag

varieert op de bouwplaats van N.A.P. – 7,5 m tot N.A.P. – 1 m, zodat niet overal gedurende het gehele getij met drijvend materieel kan worden gewerkt. Evenals bij de bouw van het werkeiland Neeltje Jans zal de bodemfiguratie de werkrichting bepalen: men zal steeds werken van diep naar ondiep. Het ligt voor de hand om de taluds op te bouwen met kaden van min of meer stroombestendig materiaal om daarna met het opklappen of persen van zand zo spoedig mogelijk tot een veilige hoogte te komen. Met rijdend materieel kan de uitvoering daarna verder worden voortgezet. Met het varend bedrijf zal vanuit de werkhaven Sophiapolder op Noord-Beveland worden geopereerd. Al in een vroeg stadium van het werk zullen verscheidene losplaatsen op het werk nodig zijn. Om de uitvoering te vergemakkelijken en om de zandverliezen te

Dwarsdoorsnede 1 – 1 van de ringdijk

beperken mag de stroomgeleidingsdam aan de zeezijde in een niet te late bouwfase van het werk worden aangelegd; deze dam zal worden gemaakt van noord naar zuid. Om een indruk te geven van de aard en omvang van het werk worden nu nog enkele belangrijke werkonderdelen besproken. De benodigde hoeveelheid zand, in totaal ca. 1,8 miljoen m³, kan voor ongeveer 75 % worden gewonnen uit de te maken haven aan de oostzijde van het eiland en uit de toegangsgeul tot deze haven. Verder is een zandwinplaats aangewezen grenzende aan de oostzijde van de toegangsgeul. Deze plaats is gekozen met het oog op de toekomstige tussentoestand, wanneer het damvak tussen de werkeilanden Neeltje Jans en Noordland is gereedgekomen. Een sterke ebstroom zal dan, naar men verwacht, langs het damvak

zand van de platen naar de Roompot transporteren. De gezogen put ter plaatse van het zandwingebied zou dit zand gedeeltelijk kunnen opvangen. De voor het werk gemiddelde vereiste zandproduktie bedraagt ongeveer 60.000 m³ per week; tijdelijk zal echter een 2 tot 3 maal grotere produktie nodig kunnen zijn.

Van de 328.500 ton, mijnsteen die verwerkt moet worden kan ongeveer 200.000 ton over water meteen in het werk worden gebracht. De rest zal na overslag op het eiland door vrachtauto's moeten worden uitgereden. Vooral in het begin van het werk zal een hoge capaciteit van het mijnsteenbedrijf noodzakelijk zijn.

Voor het bekleden van het buitenbeloop zal 15.000 ton stortsteen 10-60 kg na overslag op het eiland met vrachtauto's moeten worden aangevoerd. In de schermddammen van de haven moet 53.000 ton stortsteen 10-300 kg worden aangebracht. Het grootste gedeelte van deze steen, die vanuit een schip of vanaf een bak door een kraan rechtstreeks in het werk kan worden gebracht, zal voor 1 september 1971 verwerkt moeten zijn. De zeer zware stortsteen voor de geleidingsdammen, 11.000 ton 300-1000 kg, zal vanaf de haven voornamelijk per as moeten worden aangevoerd. Ook deze steen dient voor het grootste deel vóór het stormseizoen 1971-1972 te zijn verwerkt. In totaal moet 110.000 m² bezinking worden aangebracht; vier verschillende typen zinkstukken zullen worden toegepast. Op deze stukken komt een bestorting van 20.500 ton lichte steen 10-60 kg en 66.500 ton zware steen 100-300 kg. Een groot gedeelte van de bezinking moet worden aangebracht op plaatsen met een geringe diepte. Het zinkwerk zal daarom moeilijk zijn, temeer daar niet altijd in de stroomrichting kan worden gewerkt. Tenslotte kan nog worden opgemerkt dat de verhouding tussen de te verwerken hoeveelheden zand en mijnsteen ongunstiger ligt dan bij de bouw van het werkeiland Neeltje Jans; nog meer dan daar zullen mijnsteen- en glooiingsbedrijf de voortgang van het gehele werk bepalen.

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

De Margarethapolder ligt aan de Westerschelde in oostelijk Zeeuws-Vlaanderen op ongeveer 3 km ten oosten van Terneuzen. In 1870, bij het in werking treden van de Wet op de Calamiteuze Polders in Zeeland, werd de Margarethapolder calamiteus verklaard, evenals de twee iets meer oostelijk gelegen polders Kleine Huissens en Eendragt. De drie polders werden bij die gelegenheid samengebracht in één waterschap, waaraan in 1924 nog de calamiteuze polders Ser Lippens en Nieuw Othene worden toegevoegd.

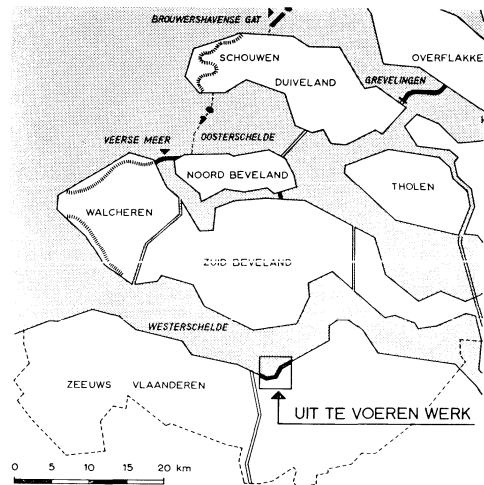
De verhoging en verzwaring van de zeedijk van de Margarethapolder ingevolge de Delta-wet komt op de urgentielijst voor de verbetering van de hoogwaterkeringen langs de Westerschelde voor onder de voorzieningen van het zogenaamde 'tweede tijdvak', 1964–1968. De zeedijken van de Ser Lippens en Nieuw Othenepolder, die vielen in de categorie van de hoogste urgentie, zijn al eerder voorlopig verhoogd.

De te verzwaren dijk van de Margarethapolder is ongeveer 2 km lang. De hoogte van de kruin ligt thans op N.A.P. + 6,00 tot 6,40 m; de breedte ervan is vrijwel overal 1,50 m. De helling van het beloop aan de zeezijde is begrepen tussen 1 : 3 en 1 : 4. Het beloop wordt op een hoogte van 3,00 of 3,50 m onderbroken door een buitenberm van variërende breedte; op de meeste plaatsen bedraagt de breedte 5 m, maar in het vrijwel noord-zuid gerichte deel van de dijk dat het meest geëxposeerd ligt aan de golfaanval, is de breedte van de buitenberm hier en daar wel 9,5 m. Het talud aan de landzijde staat onder een helling van 1 : 2. De 5 tot 6 m brede binnenberm op N.A.P. + 2,25 m is gedeeltelijk voorzien van een wegverharding. Het voorland bestaat voor een deel uit slikken. Voor een gedeelte van de dijk zijn daarop strandhoofden uitgebouwd; op een ander deel, dat vrijwel oost-west verloopt, is in de vorige eeuw een aaneengesloten oeververdediging van zinkstukken en bestortingen aangebracht.

De nieuwe dijk

De verhoging en verzwaring van de zeedijk

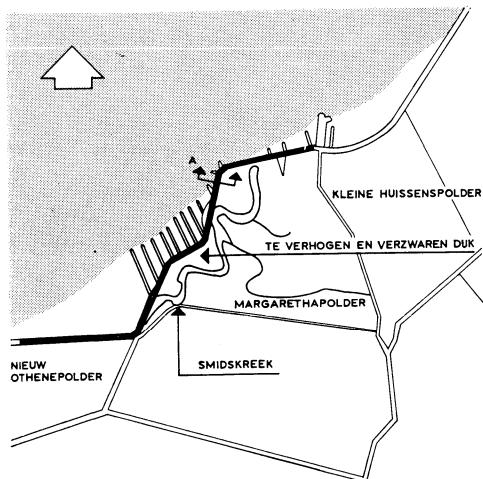
Verhoging en verzwaring van de zeedijk van de Margarethapolder



wordt uitgevoerd aan de landzijde van de bestaande dijk. Daarbij wordt in grote lijnen het bestaande tracé gevolgd, zij het dat er terwille van een zekere stroomlijning hier en daar van wordt afgeweken; ook worden op twee plaatsen bochten verruimd. De hoogte van de kruin van de nieuwe dijk zal variëren van N.A.P. + 10,25 tot 11,75 m, zulks afhankelijk van de ligging van een dijkvak ten opzichte van de overheersende windrichting. De breedte bedraagt overal 2,50 m. De belopen aan de buitenzijde worden aangelegd onder een helling van 1 : 4. De buitenberm helt onder een hoek van 1 : 15 af naar N.A.P. + 5,70 m.

Wat bij de oude dijk bijna de maximale breedte van de buitenberm was, wordt nu de minimale breedte: 9 m. Het binnenbeloop krijgt een helling van 1 : 3. De binnenberm

1



1

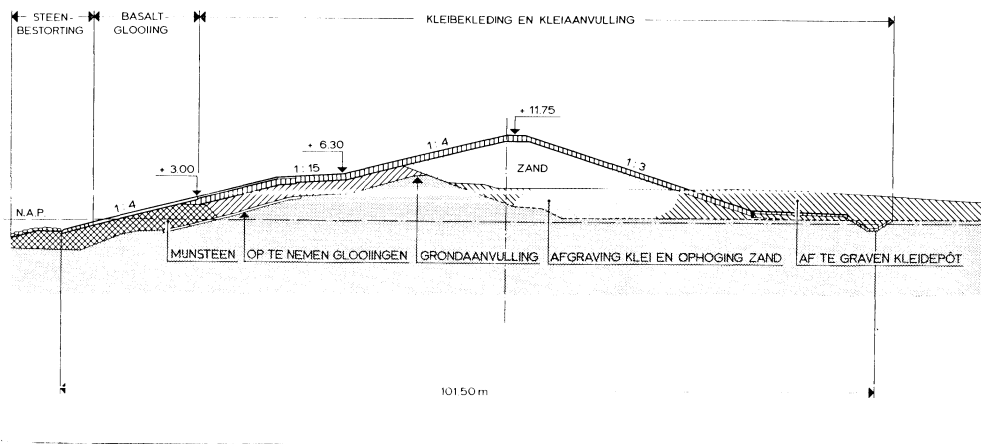
Overzicht van de dijkverhoging

2

De dijkverhogingswerkzaamheden, gezien van west naar oost

2





Dwarsdoorsnede A

wordt 10 m breed, en grenst aan een berm-sloot op N.A.P. + 1,40 m. Op deze berm komt een wegverharding van 4 m breed. In het noord-zuid gerichte gedeelte van de dijk, waarvan het tracé wordt rechtgetrokken, neemt men de bestaande glooiing van basalt en Doornikse bloksteen op, en gebruikt die voor de aanleg van nieuwe glooiingen tot N.A.P. + 3 m.

Daarboven, tot N.A.P. + 5,70 m, gebruikt men langs de gehele dijk betonblokken van 25 cm dikte. Deze verdediging wordt nog over een breedte van 2,50 m voortgezet op de buitenberm, en vormt daar meteen een onderhoudsweg. Om deze rijstrook met de weg op de binnenberm te verbinden wordt op één punt een dubbele dijkovergang aangelegd; aan de zeezijde wordt daartoe tot en met de kruin

een wegverharding aangebracht van 20 cm dikke betonblokken, en aan de landzijde een zelfde wegverharding als op de binnenberm. Op vier plaatsen reikt de Smidskreek die achter de oude dijk langs slingert, tot in het tracé van de nieuwe dijk. Op die plaatsen wordt buiten de nieuw te maken berm-sloot een 20 m brede strook van de kreek gedicht ter versteviging van de nieuwe dijk. Eerst wordt de modder van de kreek ter plaatse eruit gebaggerd, en daarna brengt men een kleikade aan. Om afkalving van de oevers te voorkomen wordt een boordvoorziening gemaakt van vrijkomende Vilvoordse steen.

De klei voor de bekleding onder de glooiingen op het buitenbeloop, de buitenberm en de kruin wordt ontleend aan een eerder aangelegd kleidepot. De klei voor het binnenbeloop komt van de bestaande dijk en van de voor het verzwaren van de dijk aangekochte gronden. De dikte van de kleibekleding zal aan de buitenzijde en op de kruin overal 80 cm bedragen, en op het binnenbeloop 60 cm. Aan het oostelijk einde van de dijk van de Margarethapolder wordt op een nieuw aan te leggen materialenplein een magazijn gebouwd ter vervanging van het tegenwoordige, dat in het tracé staat van de nieuwe dijk, en dat derhalve gesloopt moet worden.

Het hiervoor omschreven werk werd door het waterschapsbestuur op 3 april 1969 voor een bedrag van ruim 3,5 miljoen gulden opgedragen aan de Aann. Mij. Jac. G. van Oord n.v. te Utrecht.

Met de uitvoering van het werk, dat uiterlijk 24 maanden na de datum van aanvang voor de eerste maal voltooid moet worden opgeleverd, werd op 10 april 1969 begonnen.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Sluiting van het Rak van Scheelhoek

In de verslagperiode werd met behulp van één zandzuiger verder gewerkt aan het opspuiten van de dam; de dam is verdeeld in verschillende vakken die achtereenvolgens worden volgeperst. Het eerste vak aan de Voorse zijde is nu op hoogte zodat daar met profileren kan worden begonnen. In het laatste kwartaal werd 1.600.000 m³ zand in het werk gebracht. Eind november werd het laatste kraagstuk gezonken en afge-stort; het natte werk aan de dam was daarmee beëindigd. Aan de zeezijde werd verder ge-werkt aan de opbouw van de glooiing. Hiermee is men nu zover gevorderd, dat de steen-koffer op N.A.P. + 5,60 m over een lengte van 250 m kan wor-den gepenetreerd met gietasfalt. Aan de rivierzijde werd een be-gin gemaakt met de talud-verdediging. Op het zandasfalt dat diende als afdichting van de blokkendam, werd onder een helling van 1 : 3 een laag grind aangebracht en afgedekt met stortsteen.

De staalconstructie van de ka-belbaan werd geheel gedemon-teerd. De constructies aan de beide einden van de baan wer-den uiteengenomen en afge-voerd naar de werkhaven Schelphoek op Schouwen. De stalen bovenstukken van de drie pylonen werden met een drij-vende bok in hun geheel van de betonnen onderbouw gelicht en per bak afgevoerd. De gondels werden per vrachtauto naar Schelphoek gebracht en daar in een loods opgeslagen.

Wegen ten zuiden van de uitwateringssluizen

Het secundaire wegennet van het haven- en sluizencomplex is uitgebreid met een asfaltweg van de insteekhaven aan de binnenhaven naar Goedereede – Havenhoofd, waar hij aansluit op de hoofdstraat van de woon-kern.

Het zuidelijk buitenhaventerrein, waar de nieuwe gemeentelijke vismijn is ontworpen, werd ont-sloten door de aanleg van twee afritten. Daarmee worden tevens de in aanbouw zijnde steiger voor de reddingboot bij het uit-wateringssluisje van het Zuider-diep en de steiger bij het bui-tenhoofd van de schutsluis be-reikbaar.

Het centrale bedieningsgebouw van de uitwateringssluizen is aangesloten op de weg tussen de uitwateringssluizen en de schutsluis. In de nabijheid wordt een groot parkeerterrein aan-gelegd.

Enkele kleine kunstwerken

Op 25 september 1970 vond de aanbesteding plaats van een inlaatsluis, een verkeerskoker en een voetgangerstunnel, alle in of nabij de Dammenweg. De inlaatsluis wordt gebouwd bij de voormalige mond van de haven van Dirksland; hij dient tot het inlaten van zoet water uit het Haringvliet in de Zuiderdiep-boezem.

De Dammenweg zal tussen de schutsluis en het complex uit-wateringssluizen worden onder-tunneld door een verkeerskoker waarlangs het afslaand verkeer van Voorne naar de vissers-haven, en ook het overige dwarsverkeer, de Dammenweg kan kruisen.

De voetgangerstunnel komt nabij het Voorne strand en biedt aan recreanten de mogelijkheid de Dammenweg te passeren zonder het verkeer te hinderen. In voorkomende gevallen kan van deze onderdoorgang gebruik worden gemaakt door het werk-verkeer voor het onderhoud van de zeekering. Het werk is ge-gund aan de N.V. Aannemings-maatschappij W. C. van Dijk te Hardinxveld-Giessendam voor een bedrag van f 1.862.000,—. Met de voorbereidende werk-zaamheden, zoals het plaatsen van keten, het inrichten van werkerreinen, het grondwerk en de bronbemaling is inmiddels aangevangen. Voor de verkeers-koker werd begin december al het eerste beton gestort.

Duinverzwarend op Goeree

Begin november is begonnen met de verzwarend van de binnen-duinregel tussen Goedereede-Havenhoofd en de Oostduinen nabij de Kwade Hoek. Het zand voor deze verzwarend komt uit depots die een paar jaar ge-leden zijn opgesponen en die nu zodanig ontzilt zijn, dat het uit-komende zand zonder bezwaar in de duinverzwarend verwerkt kan worden. De aard van het werk laat toe dat het gehele grondverzet wordt uitgevoerd met scrapers, hetgeen een snelle voortgang van het werk verzekert.

Volkerak

Bouwput voor een spui- en een jachtensluis in de Volkerakdam

Het ligt in het voornemen in de jaren 1971 t/m 1974 de onvolgende gebieden capaciteit van de Volkeraksluizen te vergroten door naast de beide reeds bestaande schutsluizen een derde schutsluis te bouwen en de recreatievaart en de beroepsvaart – die bij het schutten hinder van elkaar ondervinden – te scheiden door de bouw van een afzonderlijke jachtensluis. Bovendien zal in dezelfde periode een spuisluis worden gebouwd om het door het schutbedrijf veroorzaakte zoutbezwaar op het noordelijke Deltabekken tegen te gaan.

De jachtensluis en de spuisluis zullen gezamenlijk in dezelfde bouwput worden gebouwd. Het maken van deze bouwput is opgedragen aan de Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld voor de som van / 2.353.700,-.

Met het werk is op 1 december 1970 een aanvang gemaakt.

Brouwershavense Gat

Portaalkranen

Aan het eind van de verslagperiode zijn twee portaalkranen op het damvak Middelplaat en één op het opslagterrein Schouwen voor gebruik gereed gekomen. Inmiddels werd begonnen met het opleiden van kraanmachinisten, en het beproeven van de te gebruiken laadbalken voor de betonblokken.

Ook het frame waarin zes betonblokken passen en dat te zijner tijd op de transportauto's zal worden gemonteerd, werd beproefd en ingevolge de opgedane ervaringen aangepast.

De kabelbaan

Eind oktober werden de twee

draagkabels voor de kabelbaan over het sluitgat getrokken. Het overtrekken van één kabel ter lengte van 1750 m nam ongeveer een week in beslag.

Eind december werd de draagkabel door tussenkomst van vijzels uit de tijdelijke rol-opleggingen gelicht en neergelaten in de kabelgoot, die is gemonteerd op de pyloonkoppen.

Voortgegaan werd met het monteren van het vaste railgedeelte van de kabelbaan en het installeren van de draaischijven op beide oevers. De eerste vier gondels zijn aangevoerd en door een mobiele kraan aan het vaste railgedeelte van het garagespoor te Schouwen gehangen.

De vervaardiging van betonblokken

De betonblokkenproductie overtrof in deze periode de afvoermogelijkheden. Pas door het inzetten van nog meer zelfvarende transportschepen werd

De fabricage van betonblokken voor de afsluiting van het Brouwershavense Gat

1

Grof grind voor de betonfabricage wordt aangevoerd naar de betonmolen

2

Overzicht van de betonfabriek

3

Plaatsing van een serie gietmallen, met beton gevuld

4

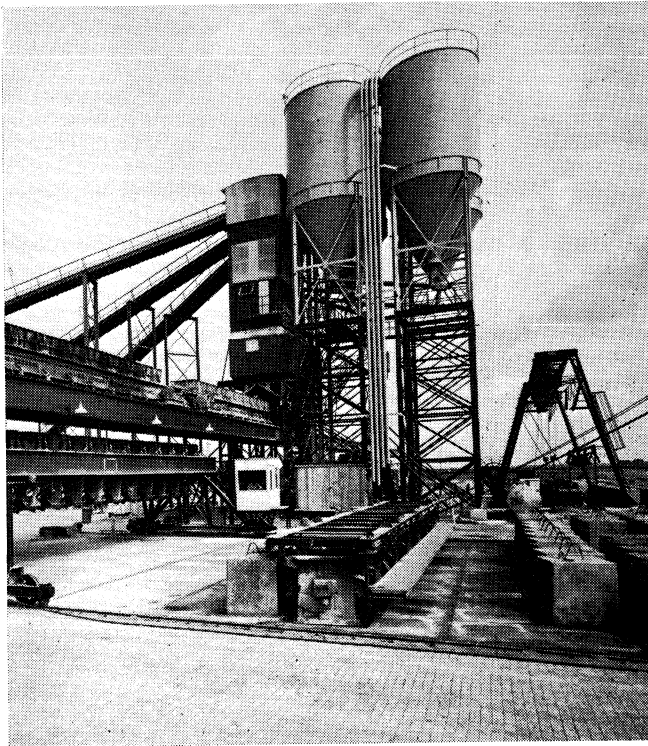
Lossen van de gietvorm

5

De gereedgekomen betonblokken worden afgevoerd.

1





de afvoercapaciteit voldoende vergroot. Het aantal gestapelde betonblokken kwam de 20e november op 98.000. Eind december waren te Dintelmond 170.000 blokken gefabriceerd. Op Schouwen waren toen 90.000 en op de Middelpaalt 55.000 blokken in de depots gestapeld.

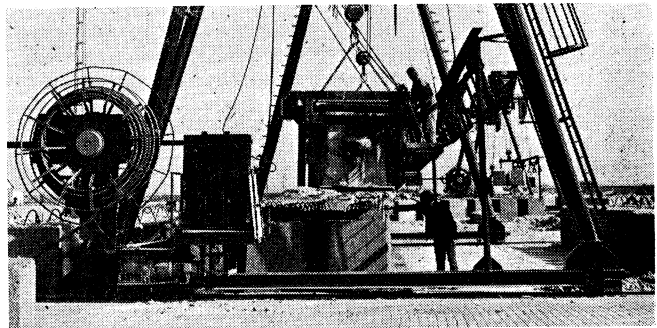
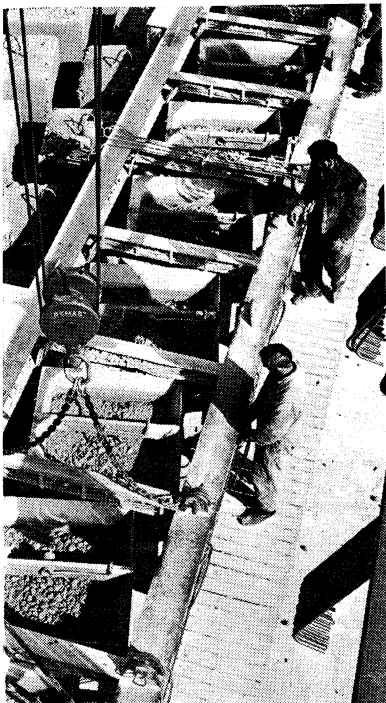
Verlenging van het damvak Kabbelaarsbank

Het kopplateau van het damvak Kabbelaarsbank werd voorzien van een 17 cm dikke verharding van zandcementstabilisatie. Er werd een kleibekleding aangebracht en de grindsleuven werden gevuld met fijn en grof grind. Het talud van de tot N.A.P. + 11 m reikende kruin werd met asfaltbeton bekleed. Daarna werd een gedeelte van de parallelweg voorzien van een verharding van grindasfaltbeton; de asfaltwerken waren begin november voltooid.

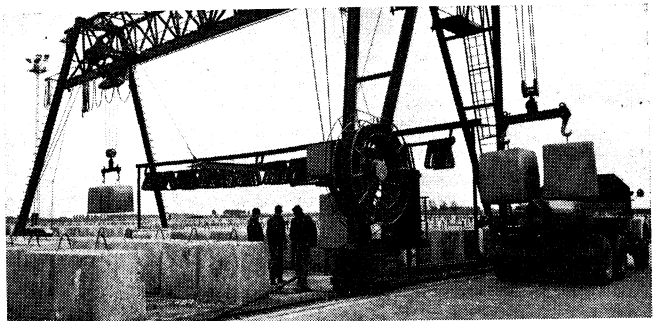
Noordelijk sluitgat

Voortgegaan werd met het aan-

2
3



4
5



leggen van een bodembescher-
ming bestaande uit zinkstukken
afgestort met stortsteen 10/300
kg.

Het zinken werd vertraagd door-
dat er eerst veelvuldig moest
worden gebaggeld om de op-
getreden aanzandingen op te
ruimen. Door het late tijdstip
van het gereedkomen van het
zinkwerk, eind december, zal
een klein deel van de nabe-
storting op de zinkstukken nog
in 1971 moeten worden uitge-
voerd.

Het storten van grind werd met
kracht voortgezet, zodat dit
onderdeel van de caissondrem-
pel begin december gereed
kwam.

Vanaf 22 oktober werd de stort-
steenkap van de drempel aan-
gebracht in vijf lagen, elk onge-
veer 30 cm dik. Dit werk is nog
niet geheel voltooid. Getracht
wordt de vijfde laag zo nauw-
keurig aan te brengen dat de
vereiste hoogteligging van
N.A.P. 10 m op 30 cm benaderd
wordt. Voor het steenstorten in
de drempel werden ingezet de
verhaalpontoon 'Drukker' en de
steenstorters 'Lauwerszee',
'Noordzee' en 'Steenstortter 1'.
De stortsteen werd geladen uit
depots of met drijvende kranen
overgeslagen uit aanvoer-
schepen. Er werd gestort tijdens
de hoog- en laagwaterkente-
ringen zowel bij dag als bij
nacht. De maximale weekpro-
duktie bedroeg 15.000 ton.
Het maken van de Hompelgeul,
die een gedeelte vormt van de
aanvoerroute van de doorlaat-
caissons door de zandplaat
Hompelvoet, werd met kracht
voortgezet. Er is inmiddels een
doorgaande geul gegraven tus-
sen het Brouwershavense Gat
in het zuiden en de Kous in het
noorden. In de maanden die nog
resten voor de sluiting zal die
geul worden verbreed. Totaal is
nu 1.500.000 m³ zand verwijderd
en opgeslagen in een zanddepot
voor wegenaanleg door de
Provinciale Waterstaat van Zuid-
Holland.

Zuidelijk sluitgat

Een deel van de betonblokken
die waren overgebleven na de
sluiting van het Haringvliet,

werden met een drijvende kraan
in het zuidelijk sluitgat gestort.

Op 16 oktober moest dit werk
worden gestaakt, en moesten de
overige blokken in het depot
Middelplaat worden opgeslagen,
omdat begonnen werd met het
aanbrengen van de draagkabels
van de kabelbaan. Totaal wer-
den 47.000 blokken gestort.

Hergebruik van een gesloten caisson

Eind november kwam men ge-
reed met de werkzaamheden
aan de gesloten caisson waar-
over in het vorige nummer werd
bericht. Hij ligt nu opgeslagen
in het Verbreed Kanaal te Vlis-
singen en zal te zijner tijd wor-
den versleept van Vlissingen
naar de werkhaven Springers-
diep, om bij de afsluiting van de
Kous te kunnen dienstdoen als
reserve-caisson, indien de om-
standigheden dat vereisen.

Caissonbouw

Bij het beproeven van de cais-
sons werden gebreken gecon-
stateerd in de voegdichting tus-
sen de balken en de drijfschot-
ten. Besloten werd, de bouwput
leeg te pompen en de drijf-
schotten te bekleden met buthy-
leen rubber. Deze werkzaam-
heden zijn inmiddels voltooid.
Begin januari werd een aanvang
gemaakt met de inundatie van
de bouwput. De caissons kun-
nen daarna opnieuw worden be-
proefd. Het proefzinken met één
caisson zal door deze vertraging
nu plaatsvinden in de laatste
week van januari.
De toegangsgemaal aan de noord-
zijde van het bouwdoek is
inmiddels met behulp van een
cutterzuiger op diepte gebracht.

Eenhediscaissons voor het Brouwershavense Gat en de Oosterschelde

De werkzaamheden kwamen in
de verslagperiode gereed. De
laatste zes caissons werden half
december naar het Veerse Meer
versleept en daar opgeslagen.
Het werk werd op 28 december
opgeleverd.

Oosterschelde

Werkhaven Sophia-Polder

Ten behoeve van de aanleg van
het werkeiland Noordland in
1971 werden 50.000 bossen rijs-
hout aangevoerd en nabij de
zate in de haven opgescheld.

Werkhaven Schelphoek

Er werden 40.000 bossen rijshout
aangevoerd en ten behoeve van
het werkeiland Neeltje Jans in
kraagstukken verwerkt. Op de
oostelijke havendam werd een
begin gemaakt met de opslag
van stalen onderdelen die vrij-
komen bij het afbreken van de
kabelbaan over het Rak van
Schelphoek.

Ten behoeve van de sluiting
van het Brouwershavense Gat
in het voorjaar van 1971 werden
betonblokken vanaf het fabrieks-
terrein te Dintelmond per schip
naar de werkhaven Schelphoek
getransporteerd, daar overge-
slagen en per auto naar de
depots te West-Repart vervoerd.

Werkeiland Neeltje Jans

Begin december kon het zand-
winbedrijf worden beëindigd.
Vanaf medio april 1970 werd in
totaal 5.000.000 m³ zand recht-
streeks in het werk geperst.
Dank zij hun rubberen drijvende
leidingen konden de winzuigers
ook bij slechte weersomstandig-
heden in oktober en november
ononderbroken doorwerken. De
winzuiger Haringvliet bijvoor-
beeld zette zijn werk in het
geheel onbesocht gelegen win-
gebied aan de zeezijde van het
eiland op 3 november 1970
'gewoon' voort, hoewel een
N.W.wind van 8 à 9 Beaufort de
golven opjoeg tot hoogten van
ongeveer twee meter.

In deze verslagperiode werd
55.000 ton mijnsteen verwerkt en
kon ca. 20.000 m² kraagstuk
worden aangebracht. Het aan-
brengen van de taludbekledin-
gen ondervond veel vertraging
door de slechte weersomstan-

digheden. Gereedgekomen is de van N.A.P. + 1 tot + 6,5 m reikende met gietasfalt gepenetreerde stortsteenglooing aan de zeezijde van het eiland en het damvak. Aan de zuid-westkop van het damvak werd een betonblokkenglooing aangebracht vanaf N.A.P. tot N.A.P. + 3 m, op de voet gevolgd door een asfaltbetonbekleding tot N.A.P. + 6,5 m. In de haven werd een koper-slaktegeloing aangebracht. Hierop aansluitend werd een aanvang gemaakt met een betonblokkenglooing aan de oostzijde van het damvak. In een schermadam aan de zeezijde van het werk werden in een eerder stadium bij wijze van proef grote betonblokken verwerkt. Na de stormperiode kan de proef op de stabiliteit van dit materiaal geslaagd genoemd worden.

Oeververdedigingswerken langs de Grevelingendam

Na de afsluiting van het Volkerak zijn zoals bekend de stroomsnelheden in het zuidelijk Deltabekken gemiddeld met 5 % toegenomen; bovendien verandert het stromingspatroon. Thans bocht de ebstroom door de Krammer uit in de richting van de Grevelingendam. Om aantasting van de Plaat van Oude Tonge en daarmee bedreiging van de stabiliteit van de Grevelingendam te voorkomen, worden op drie plaatsen van het onderzeese beloop van de Plaat van Oude Tonge bodembeschermingen aangebracht. In totaal moet 94.000 m² bodemverdediging worden gelegd, af te storten met 39.000 ton stortsteen. Voorts dient een stortsteendam ter plaatse van de voormalige werkhaven te worden verhoogd. Op 5 oktober 1970 werd dit werk voor een bedrag van ruim anderhalf miljoen gulden opgedragen aan de Aannemers Combinatie Zinkwerken te Gorinchem. Het zinkwerk kwam in december 1970 gereed en ook werd een deel van de stortsteendam nabij de voormalige oostkop voltooid. Het werk dient vóór 1 augustus 1971 te worden opgeleverd.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Ingevolge de Deltawet wordt thans de Helderse Zeewering op Deltahoogte gebracht. Deze zeedijk heeft een lengte van 4,5 km. Hij loopt van de havenmond tot aan Huisduinen, alwaar hij aansluit op de Verlengde Helderse Zeewering. De tegenwoordige dijk heeft een tamelijk flauw beloop tot N.A.P. + 5 m; daarop staat een keermuur waarvan de bovenkant ligt op N.A.P. + 7,5 m. Uitgaande van het ter plaatse geldende basispeil zal een nieuwe dijk worden gelegd, met de kruin op N.A.P. + 10,60 m.

Van deze dijk is inmiddels een 1200 m lang gedeelte aan weerszijden van het zogenaamde Kaaphoofd gereedgekomen.

Thans is men bezig aan een oostelijker gelegen gedeelte, ter lengte van 1100 m. Om de zeer kostbare amovatie van de pal achter de zeewering gelegen bebouwing te voorkomen, is besloten de zeewering zeewaarts uit te bouwen, een oplossing die als het ware aangereikt werd door de in dit opzicht zeer gunstige geografische ligging van de dijk. De aanleg van een teenkade voor deze nieuwe zeewering is over twee bestekken verdeeld. Aan de bovenbouw zal een derde bestek gewijd zijn.

Volgens de bestekken wordt thans op de onderzeese oever een perskade aangebracht, die als volgt is opgebouwd: op een bodembezinking, afgestort met 0,5 ton natuursteen per m² wordt een kade van mijnsteen gemaakt, met bezinkingen op het binnen- en het buitentalud. Vanwege het tijdelijk karakter van het talud aan de binnenzijde wordt daar kunststof toegepast. Beide bezinkingen worden afgedekt met 0,5 ton natuursteen per m². De kruin van de kade wordt ter verdediging tegen golfaanval extra zwaar afgedekt, namelijk met 1,2 ton natuursteen per m². De eerste helft van het beschreven werk is voltooid; het tweede is zojuist aanbesteed.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

De uitbreiding van de vissershaven te Lauwersoog is vrijwel voltooid. Thans is men bezig de haven in te richten, voor een deel met drijvende steigers; daartoe werden in de verslagperiode palen geheid en kunststofdrijvers en hardhout aangevoerd. Aan de zuidelijke oever van de haven wordt een kade-wand gemaakt.

Ook met het inrichten van de veerhaven te Lauwersoog is men begonnen. Daar zijn de geleidepalen voor de drijvende steiger en de meerstoelen geheid; men is bezig kunststofdrijvers aan te voeren en het hardhouten raamwerk van de steiger op te bouwen. Binnenkort wordt begonnen met de aanleg van het landhoofd voor de brug naar de drijvende steiger en het heien van stalen damwand voor de veerstoeper. Ten behoeve van terreinophogingen ter plaatse van de nieuwe woonkern wordt zand gewonnen op de 'Rug'; tegelijkertijd legt men zanddepots aan, nodig voor latere inrichtingswerken op drooggevallen gronden. Voortgegaan wordt met de aanleg van een proefpolder in een gedeelte van de Marnewaard; in deze polder wordt een onderzoek ingesteld naar de in het Lauwersmeer best bruikbare vormen van drainage, begreppeling, enzovoort.

Aanpassingswerken worden nog uitgevoerd aan de oude sluisen te Dokkumer Nieuwe Zijen. Aanpassing en reconstructie van de sluis te Munnekezijl is in voorbereiding. Dergelijke werken moeten hier en daar op het oude land worden uitgevoerd, ter aanpassing aan de nieuwe waterhuishoudelijke toestand die door de afsluiting van de Lauwerszee is opgeroepen. Het beheer van de hier bedoelde objecten zal na uitvoering van het aanpassingswerk weer worden overgedragen aan de provinciale waterstaatsdiensten van Friesland en Groningen.

Verantwoording van de foto's

Aerocarto 222

Hofmeester 219 248 254

Oorthuys 224 225

Rijkswaterstaat 243 244 245

246 251 253 257 258 259

268 269

Slagboom 265

Inhoud

De afsluiting van het Brouwershavense Gat
274

Klimatologisch onderzoek in het Deltagebied
277

Duinbemestingsproeven 283

Het biologisch station 'Weevers' Duin'
te Oostvoorne 289

Contacten van het Delta Instituut voor Hydro-
logisch Onderzoek met de Rijkswaterstaat
294

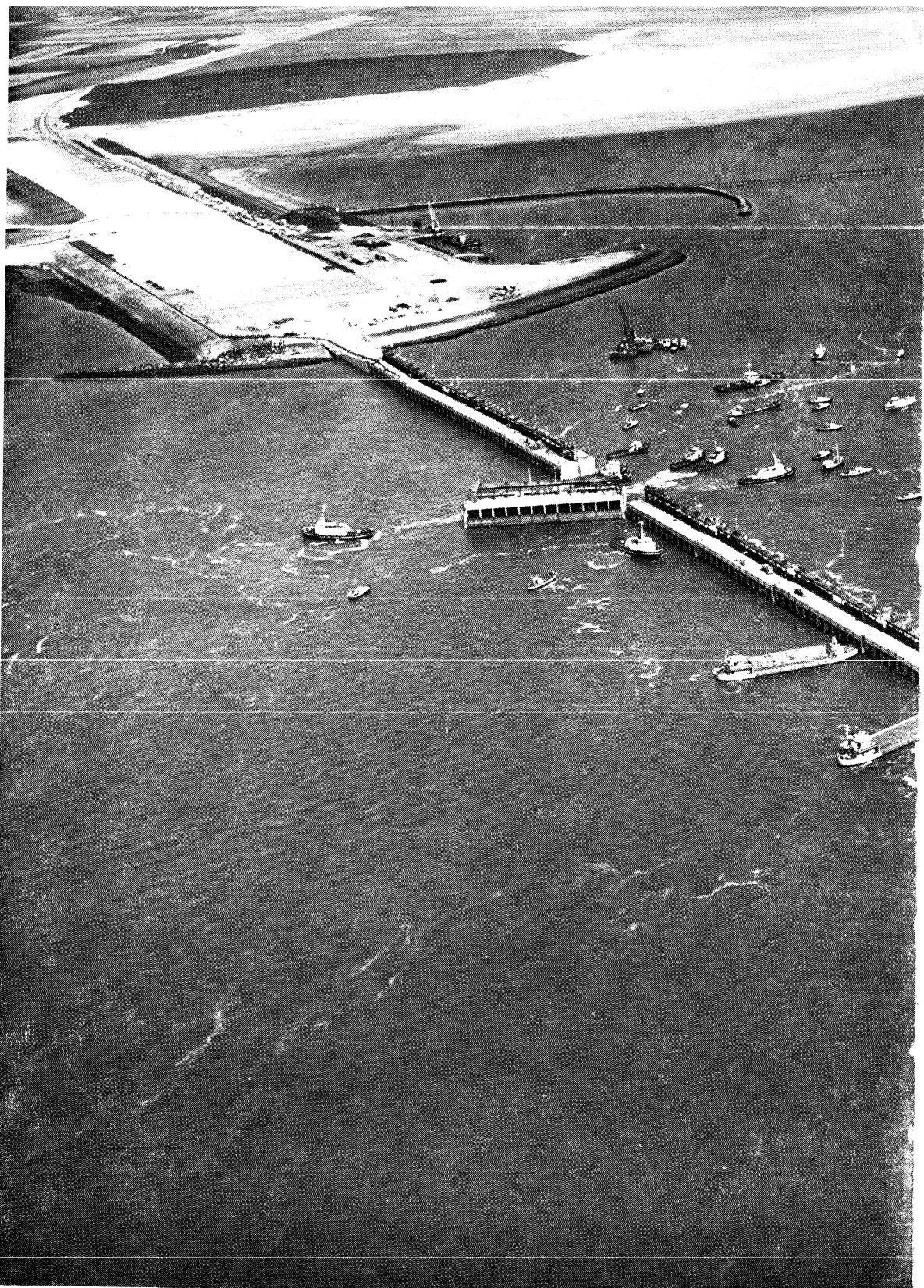
Waterwinning in de Biesbosch 297

Waterkwaliteit 307

A. De werken van het Deltaplan

Grondmechanische aspecten van de afslui-
ting van het Brouwershavense Gat 312

Vorderingen 317

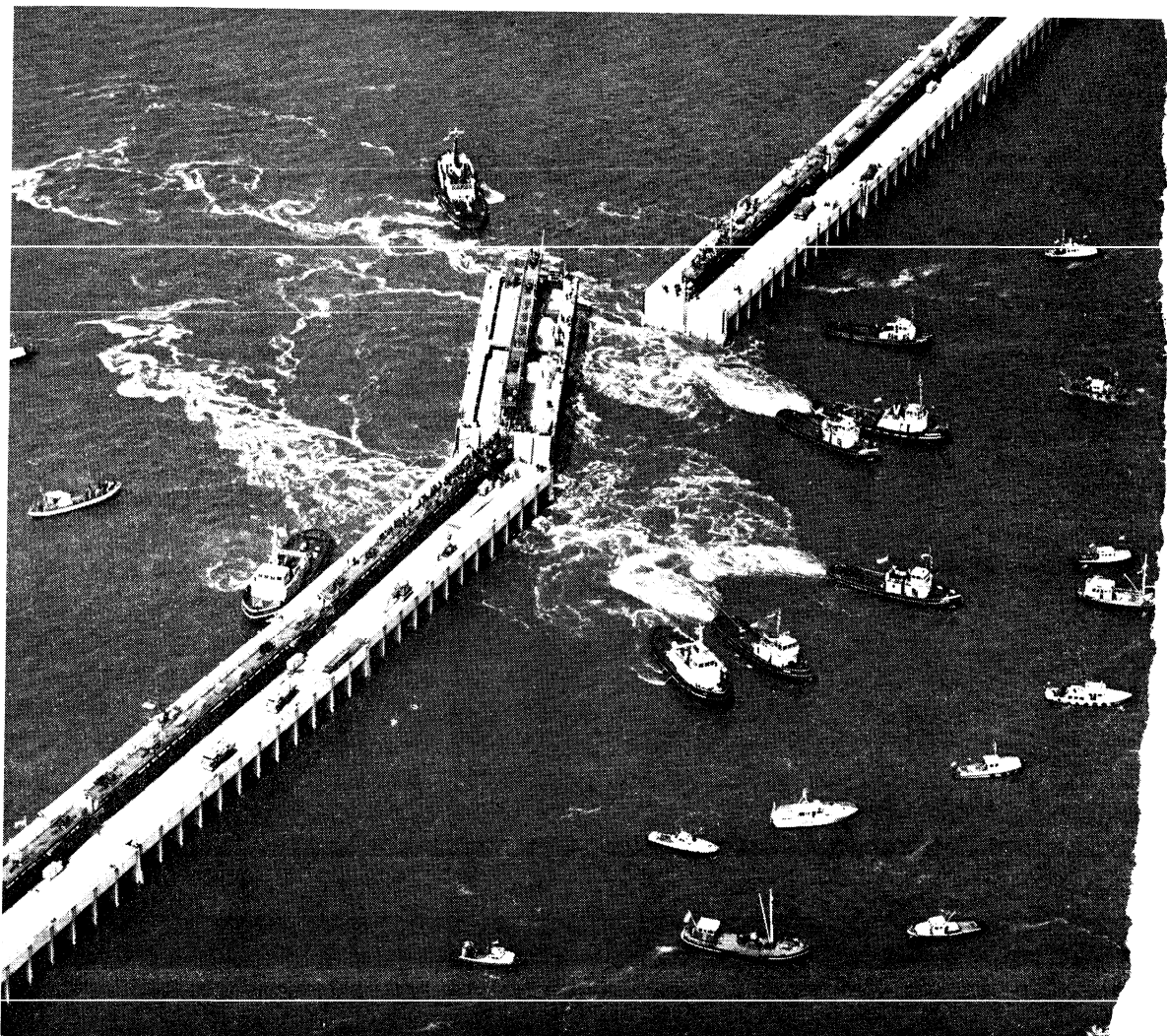




Dit jaar wordt de afsluiting voltrokken van het Brouwershavense Gat, het middelste van de drie grote getijwateren die ingevolge het Deltaplan van de zee worden afgesneden. Niet alleen in letterlijke zin ligt het Brouwershavense Gat in tussen het Haringvliet en de Oosterschelde, ook naar grootte van het getijvolume is het zo: het vermogen van het Haringvliet bedroeg 260 miljoen m^3 , en dat van de Oosterschelde is 1100 miljoen m^3 ; het Brouwershavense Gat houdt daartussen het midden met een getijvolume van 360 miljoen m^3 .

Vanaf voorjaar 1965 zijn de afsluitingswerkzaamheden in het Brouwershavense Gat aan de gang. Eerst werden dijkvakken aangelegd op twee zandplaten middenin het zeegat; daarna werden die twee dijkvakken met elkaar

verbonden. Men hield toen twee sluitgaten over, waarvan het noordelijke nu met caissons is dichtgezet, en het zuidelijke geleidelijk gesloten met behulp van een kabelbaan. Beide sluitingen verkeerden op het moment dat dit Bericht ter perse ging, in een ver gevorderd stadium. Op 1 mei werd de laatste caisson in het noordelijk sluitgat geplaatst. Op die datum waren in het zuidelijk sluitgat 91 000 blokken gestort, en was de beteuglingsdam gekomen op N.A.P. - 1 m.



De uitvoering der Deltawerken zal een zekere invloed hebben op het klimaat in Zuidwest-Nederland. Om de problemen die daarmee in verband staan nader te bestuderen hebben de Rijkswaterstaat, het K.N.M.I. en het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding in 1957 gezamenlijk een werkommissie gevormd voor klimatologisch onderzoek in het Deltagebied.

Klimatologisch onderzoek in het Deltagebied

Het waren aanvankelijk vooral de belangen van de scheepvaart en de landbouw in het Deltagebied, die het wenselijk maakten bijtijds te kunnen beschikken over een redelijk gefundeerde verwachting omtrent de aard en de grootte van de eventuele klimatologische veranderingen. Voor wat de scheepvaart betreft, die vooral in het oostelijk deel van de Deltawateren belangrijk is, werd vooral gedacht aan een mogelijk grotere kans op mistvorming en op ijs hinder; ten aanzien van de land- en tuinbouw was het voornamelijk de nachtvorst waarnaar de belangstelling uitging. Het voor haar taakvervulling onontbeerlijke materiaal verkrijgt de commissie zowel uit de waarnemingsgegevens van de in Zuidwest-Nederland oude en nieuw opgerichte meteorostations als uit de resultaten van kortlopende meetcampagnes met een plaatselijk sterk verdicht net van registrerende instrumenten. In deze bijdrage wordt een overzicht gegeven van verschillende waarnemingen en onderzoeken op klimatologisch gebied in de zuidwestelijke Delta, alsmede van de conclusies die de commissie daar tot op heden aan heeft kunnen verbinden.

De watertemperatuur

Als gevolg van de aanleg van de primaire Deltadammen worden de grote watermassa's der zeearmen van de zee afgesneden; ze ondergaan daardoor fysische veranderingen. Door het wegvallen van de warmte-uitwisseling met de Noordzee zullen de watertemperaturen in de winter en in het voorjaar lager worden en in de zomer en de herfst hoger. Het verloop van de watertemperatuur van een afgesloten watermassa kan met behulp van een aantal meteorologische grootheden een-

voudig worden berekend, waarbij er ter wille van de schematisering van wordt uitgegaan dat er in de watermassa zelf geen verticale of horizontale temperatuurverschillen voorkomen en er zijdelings geen water wordt onttrokken of toegevoegd. Met behulp van een door Penman opgesteld model voor de energiehuishouding van een waterlaag is het temperatuurverloop in het Grevelingenbekken berekend voor de situatie na de afsluiting van dit bekken aan de zeezijde. Door het berekende verloop te vergelijken met het gemeten temperatuurverloop te Ouddorp nu het bekken nog open is, werd een inzicht verkregen in de temperatuurveranderingen als gevolg van de afsluiting van het bekken. De uit deze studie voortvloeiende prognose zegt dat de watertemperaturen in het bekken gedurende de winter en in het voorjaar gemiddeld $0,8^{\circ}\text{C}$ lager en in de zomer en het najaar gemiddeld $0,2^{\circ}\text{C}$ hoger zullen zijn dan vóór de afsluiting.

Op dezelfde wijze is getracht een warmtebalans op te stellen voor het Haringvliet vóór en na de afdamming, waarbij de betekenis blijkt van het advectieve warmtetransport als gevolg van het getij. Het noodzakelijke waarnemingsmateriaal werd ontleend aan temperatuurmetingen van enige jaren geleden in een tweetal dwarsraaien, één nabij de toenmalige bouwput van de Haringvlietstuizen en één nabij de oostpunt van Tiengemeten. Op grond van de verrichte temperatuur- en stroommetingen vóór de afsluiting zijn de warmtestromen gedurende de zomer en de winter berekend en weergegeven in de volgende tabel, waarbij de warmtestroom naar het vak tussen de twee raaien toe als positief is aangemerkt.

Tabel I

Warmtestroom in 10 ⁶ Mcal/getijde	Zomer	Winter
Warmtestroom (getij) door de raai bij de bouwput	-65	+45
Warmtestroom (getij) door de raai bij Tiengemeten	- 5	+ 5
Warmtestroom als gevolg van de doorvoer met rivierwater	+90	+10
Warmte-uitwisseling met de atmosfeer	-20	-60

Tabel II

Warmtestroom in 10 ⁶ Mcal/getijde	Zomer	Winter
Warmtestroom als gevolg van de doorvoer met rivierwater	+25	+50
Warmte-uitwisseling met de atmosfeer	-25	-50

Zou de rivierafvoerverdeling na de afsluiting van het Haringvliet dezelfde zijn als vóór de afsluiting, dan zouden de warmtestromen door het wegvallen van de getij-invalde een geheel ander beeld vertonen, en wel volgens tabel II. De watertemperatuur zal bij deze afvoerverdeling nabij de dam 's zomers 1,4° C hoger zijn dan voorheen en 's winters 0,7° C lager. Op enige afstand van de dam zullen de veranderingen belangrijk kleiner zijn. Ter hoogte van Hellevoetsluis zal de zomerse temperatuurverhoging slechts 0,4° C bedragen en de verlaging in de winter slechts 0,2° C. Wordt de afvoer van rivierwater door het Haringvliet geheel stopgezet, dan zal volgens de berekeningen de temperatuur nabij de dam 's zomers 0,9° C hoger zijn dan voorheen en 's winters 2° C lager. In het gedeelte tussen Hellevoetsluis en Numansdorp zal de temperatuur 's zomers 0,6–0,8° C en 's winters zelfs 2,3 à 2,4° C lager zijn dan vóór de afsluiting.

De absolute waarden van deze uitkomsten moeten thans aan de resultaten van metingen gedurende het eerste seizoen na de afsluiting worden getoetst. Nogmaals zij opgemerkt dat de gevolgde methode de fysische processen op sterk vereenvoudigde wijze weergeeft. De overgang tussen de rivier en de zee, de open verbinding met het Spui en de verbinding met het Volkerak vóór de afsluiting van die zeearm vormden bij de bestudering van het open Haringvliet even zovele complicaties, die echter niet in de berekening werden betrokken. Toetsing aan de resultaten van metingen die na de afsluiting van het Haringvliet worden verricht, zal leren in hoeverre de voorspellingen overeenkomen met deze metingen en op welke wijze de gevolgde

methode eventueel kan worden verbeterd. Dit is van belang, in het bijzonder omdat de veranderingen van het klimaat als gevolg van de afsluitingswerken nauw samenhangen met de wijzigingen van de watertemperaturen.

Samenhang tussen lucht- en watertemperaturen

Het temperatuurklimaat boven het wateroppervlak in het Deltagebied vertoont een duidelijk verschil met dat boven het land. Zo kan het 's zomers op een hoogte van 1,5 m boven land 3°, soms 4° C warmer zijn dan boven het water, terwijl het in koude nachten boven land 5° tot soms 7° C kouder kan zijn dan boven water. Vergelijkt men de resultaten van metingen op een hoogte van 1,5 m boven land of water met die op een hoogte van 5 m, dan blijkt de amplitude van de dagelijkse gang van de luchttemperatuur boven water op 5 m hoogte ongeveer 3% groter te zijn, terwijl de amplitude boven het land met de hoogte afneemt. Metingen boven enkele zandplaten die met laagwater droogvallen maar bij hoogwater onderlopen, tonen aan dat het temperatuurklimaat op een hoogte van 1,5 m boven de plaat praktisch overeenkomt met dat boven open water. Boven een plaat die bij hoogwater maar zelden onderloopt, is de amplitude van de dagelijkse gang van de luchttemperatuur duidelijk groter dan boven water. Is de plaat bovendien nog begroeid, dan wordt het verschil met de toestand boven open water nog groter. Het verschil der dagextremen van de luchttemperatuur verandert in al deze gevallen evenredig met de amplitude van de dagelijkse gang.

Het verschil der dagextremen is in het gehele Deltagebied duidelijk afhankelijk van maritieme invloeden. De geografische verdeling van deze grootheid is bijgevolg eenvoudig. Boven land, op enige afstand van de kusten, bereikt het verschil der dagextremen van dag op dag een hogere waarde dan boven de zeearmen. De uitersten worden gescheiden door een overgangszone van slechts enkele kilometers breed. Het hangt van de windrichting af of deze smalle overgangszone meer in de richting van het land of van het water ligt. Bepaalde empirisch gevonden wetmatigheden in het gedrag van de dagextremen zijn van groot belang, zowel voor het beschrijven van het klimaat in het Deltagebied als voor het opstellen van verwachtingen voor de veranderingen in het klimaat als gevolg van bepaalde ingrepen.

In de eerste plaats blijkt de onderlinge verhouding van het verschil der dagextremen midden boven een zeearm en dat midden boven een eiland betrekkelijk constant. Gecombineerd met het gemak waarmee men deze grootheid meten kan, is de geografische verdeling ervan snel en eenvoudig te verkennen.

In de tweede plaats blijkt deze geografische verdeling typerend te zijn voor die van vele andere grootheden. Kent men dus eenmaal genoeg details van de geografische verdeling van het verschil der dagextremen, dan kan men op grond van geschikte langjarige klimatologische gegevens voor een slechts gering aantal punten ook gedetailleerde kaartjes tekenen voor het verloop van die andere grootheden voor ieder gewenst tijdvak of weertype.



Weerwaarnemingsstations in het Deltagebied

In de derde plaats: de gevonden vaste verhouding blijkt eveneens te gelden voor de verhouding van het verschil van de lucht- en watertemperatuur op een boven water gelegen meetplaats tot het op dezelfde tijd waargenomen verschil van de luchttemperatuur boven land en de watertemperatuur bij de meetplaats boven water. Daar dit verband in alle jaargetijden en onder alle weersituaties lijkt op te gaan, volgt hier rechtstreeks uit dat men, uitgaande van een isothermenkaartje voor het verschil der dagextremen, invloedslijnen af kan leiden voor de verwachte verandering van de luchttemperatuur als gevolg van een verandering van de watertemperatuur van bij voorbeeld 1°C .

In de afgelopen jaren zijn een aantal grote Deltawerken voltooid, hetgeen de gelegenheid gaf tot het meten van de klimatologische



veranderingen die er het gevolg van waren. Met name hebben wij hier de afsluitingen op het oog van het Veerse Meer en de Lauwerszee.

Als gevolg van de afdamming van het Veerse Meer nam de amplitude van de jaarlijkse gang van de watertemperatuur duidelijk toe: voor de zomer werd een stijging van 0,5 à 1° C gemeten, naast een even grote daling in de winter. De verandering van de gemiddelde luchttemperatuur ter plaatse van de te Veere en te Wolphaartsdijkseveer opgerichte waarnemingsstations veranderde in dezelfde richting als die van de watertemperatuur, maar slechts in geringe mate: 0,1 à 0,2 C. De amplitude van de dagelijkse gang van de luchttemperatuur te Veere is in lente, zomer en herfst toegenomen met enkele tienden van een graad Celsius.

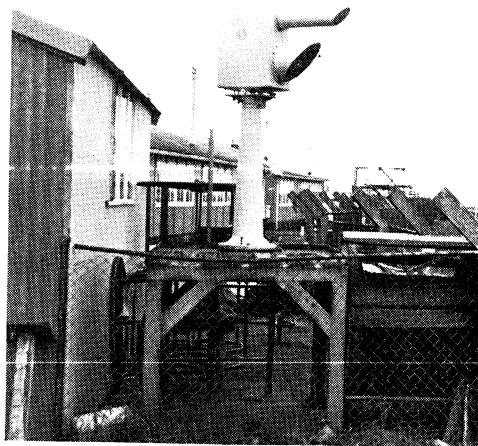
Men zou aan deze veranderingen van de luchttemperatuur direct de praktische vraag kunnen koppelen in hoeverre hierdoor de nachtvorst in de betreffende streek zal toenemen. Zoals algemeen bekend is, verkeert met name de fruitteelt op de Zeeuwse eilanden in een relatief gunstige positie door de geringe mate waarin tot dusverre nachtvorstschade optrad. Wat dit betreft is het nu een gunstige omstandigheid dat de veranderingen in luchttemperatuur klein zijn, terwijl bovendien de periode waarin de fruitteelt en de tuinbouw gevoelig zijn voor nachtvorst, valt in de tijd waarin de overgang van temperatuurverlaging naar temperatuurverhoging plaatsvindt; van een nadelige beïnvloeding zal dan ook nauwelijks sprake zijn.

Sedert 1969, het jaar van de afsluiting van de Lauwerszee, worden bij het in detail uit-

Gemiddeld dagverschil in oppervlaktetemperaturen in de periode 29 augustus–27 september 1967

werken van de plannen voor op handen zijnde metingen ook prognosen opgesteld voor de uitkomsten daarvan. Het sindsdien uitgevoerde onderzoek is hier zeer mee geëind geweest. Blijkt na de meting dat de verwachting niet is bevestigd, dan zet dit in ieder geval een duidelijk vraagteken achter de prognose; lukt de prognose wel, dan put men daar een veel sprekender bevestiging uit dan zonder die, en kan men op de ingeslagen weg voortgaan. Op grond van ervaringen in het Deltagebied en Zuid-Flevoland werd verwacht dat het verschil der dag-extremen in het midden van de Lauwerszee ongeveer 40% zou zijn van dat te Eelde en dat deze verhouding direct na de afsluiting zou toenemen tot rond 65%. Bij open Lauwerszee bleek de verhouding echter reeds ongeveer 15% hoger te liggen dan verwacht





was, zodat de vergroting ervan als gevolg van de afsluiting van de Lauwerszee zeer beneden de verwachting bleef. Blijkbaar wordt de correlatie behalve door de verdeling land–water mede door andere factoren bepaald; welke factoren dat zijn, vormt thans een onderwerp van nadere studie.

Mistverschijnselen

Met behulp van zichtwaarnemingen op negen K.N.M.I.-stations en zes stations van het Loodswezen is voor de winters 1959/60 en 1960/61 een statistische vergelijking gemaakt tussen de zichtafstanden in het kustgebied en in het binnenland. Voor zichtafstanden beneden 1000 m blijken er geen significante verschillen te bestaan tussen de kust en het binnenland. Bij zichtafstanden boven 1000 m

is de kuststrook belangrijk helderder dan het binnenland. De conclusie uit dit onderzoek is dat de zichtafstanden beneden 1000 m ten gevolge van de afsluitingen van de zeearmen weinig zullen veranderen.

Met het doel meer gedetailleerde gegevens van de invloed van de mist in het Deltagebied te verzamelen, staat thans langs het Zijpe, de drukst bevaren scheepvaartweg in het af te sluiten Deltagebied, een registrerende zichtmeter opgesteld. Het onderzoek naar het zicht in het Deltagebied moet met kracht worden voortgezet, aangezien verwacht wordt dat verdere kunstmatige verandering van de watertemperaturen, die zou kunnen ontstaan als gevolg van de vestiging van elektrische centrales, mede van invloed zal kunnen zijn op het optreden van mistverschijnselen.

Vrijwel over de gehele lengte van onze voor het overgrote deel uit beweeglijk zand opgebouwde duinkust wordt van oudsher getracht de natuurlijke zeewering te versterken door daarop plantengroei tot ontwikkeling te brengen. Niet slechts wordt het zand op deze wijze gestabiliseerd maar, doordat het plantenkleed als 'zandvang' werkt, wordt ook de groei van de duinen zelf erdoor bevorderd, terwijl de hinder die het stuivende zand teweeg kan brengen, wordt tegengegaan. Ook kunstmatige zeeweringen van zand, zoals de stuifdijk op het eiland Texel of het kunstmatig duin bij Westkapelle op Walcheren, trachten op deze wijze te beschermen en te doen aangroeien.

In de nabije toekomst zullen in samenhang met de omvangrijke waterbouwkundige werken die in de kuststrook worden uitgevoerd, grote gebieden tegen aan- en overstuivend zand beschermd moeten worden. Het tracé van de Deltadammen kruist op een aantal plaatsen droogvallende zandplaten en kustvlakten, en in deze gebieden kan over de dammen stuivend zand hinder opleveren voor de achter de dammen gelegen verkeerswegen en andere voorzieningen; bij de dam door het Veerse Gat is dat al duidelijk gebleken. Ook kan er ernstig stuifzandbezwaar optreden daar waar de dammen aansluiten op de duingebieden van de eilanden en waar de bestaande duinvegetatie bij de uitvoering van de werken wordt verstoord. Hetzelfde geldt voor die zeewerende duingebieden waar op grond van de Deltawet duinverhogingen en -verzwaringen moeten worden aangebracht. Op een aantal plaatsen in het Deltagebied, bij voorbeeld bij de aanzet van de zuidelijke havendam van Europoort en in het noordelijk deel van de dam door het

Brouwershavense Gat, zijn of worden zanddammen opgeworpen, die eveneens zo goed mogelijk tegen ver- en overstuiving dienen te worden beschermd. Daarnaast kan het uit het oogpunt van kustverdediging of landschapsontwikkeling wenselijk zijn op bepaalde platen stuifzand te doen accumuleren en duinvorming te stimuleren. Tenslotte komt ook in de bestaande duingebieden ongewenste uitstuiving voor, met name daar waar een te arme duinvegetatie aanwezig is, waar jonge aanplant onvoldoende tot ontwikkeling komt, of waar de duintaluds te veel worden belopen. Het uitstuiven van onbegroeide zandlichamen kan worden voorkomen door het inzaaien van grassen met een sterk horizontale wortelstructuur. Deze methode kan echter niet worden toegepast in gebieden met aan- en overstuivend zand, zoals op de zeereep, op de taluds van zanddammen en in duingebieden, aangezien deze grassen reeds bij geringe zandbedekking verstikken. In dergelijke gebieden wordt vaak een beplanting aangebracht van duinvormende planten, die de eigenschap hebben met het geaccumuleerde zand mee in de hoogte te groeien, en die daardoor een min of meer blijvende zandvangende werking hebben. Bovendien houdt het wortelstelsel het zand vast.

De ontwikkeling van de duinvormende vegetatie verloopt wanneer er geen bodemverbetering wordt toegepast, slechts langzaam. Dit wordt gedeeltelijk veroorzaakt door het lage voedselniveau van de bodem en door het blootwaaien van wortels, waardoor de planten vaak afsterven. De meeste duinvormende planten bereiken pas na 3 à 4 jaar hun optimale zandvangcapaciteit. Veelal is het echter gewenst om de zandstabiliteit reeds tijdens of

direct na het gereedkomen van een werk te verzekeren. Er bestaat dan ook behoefte aan een effectieve en goedkope methode om de ontwikkeling van duinvormende planten te versnellen. Hierbij kan gedacht worden aan verhoging van het voedselniveau door toediening van kunstmest en aan vergroting van de samenhang van het bodemmateriaal met kiemruggen, waardoor het blootwaaien van wortels wordt voorkomen.

Om een overzicht te krijgen van de invloed van verschillende kunstmeststoffen en kitmiddelen op de duinvormende planten in relatie tot de kosten ervan, is in 1965 een werkgroep samengesteld, bestaande uit medewerkers van het Biologisch station 'Weevers' Duin', het Instituut voor Oecologisch Onderzoek, het Bureau Gemeenschappelijke Diensten van het Ministerie van Landbouw en van

de Rijkswaterstaat. Deze werkgroep heeft een aantal proefvelden doen aanleggen op de zanddam door het Brielse Gat ter plaatse van de Westplaat. Daar werden proeven genomen met de grassen helm, Noorse helm, zandhaver en biestarwegras.

Het was bekend dat reeds een geringe stikstofbemesting de groei van duinplanten sterk stimuleert. Als stikstofmeststof werd kalkammonsalpeter gekozen, omdat dit stikstof bevat in twee vormen: nitraat, dat direct door de wortels kan worden opgenomen, en ammonium, dat over een langere termijn geleidelijk ter beschikking komt. Uit vroegere onderzoeken was ook bekend, dat de groei van duinplanten soms gestimuleerd kan worden door fosfor en kalium. Daarom werd ook bemest met superfosfaat en kalizout. Ook werden combinaties van de verschillende



Groei van zandhaver, onbemest (links) en bemest (rechts) respectievelijk in de vroege zomer en de herfst



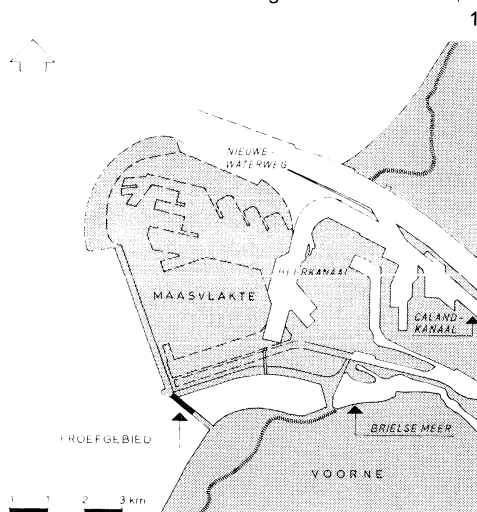
meststoffen in verschillende verhoudingen geprobeerd.

Als kitmiddelen werden emulsies gebruikt op basis van bitumen, olie of synthetische rubber, die de eigenschap hebben de zandkorrels aan het bodemoppervlak zodanig te binden, dat ze niet meer door de wind worden meegenomen. De emulsies werden zowel toegepast op al dan niet bemeste velden die waren ingeplant met de verschillende duingrassen, alsook op velden die met biestarwegras en helm waren ingezaaid. Tussen de proefvelden werden controlevelden aangelegd, die op gelijke wijze waren beplant of ingezaaid, maar die geen bemesting of kitmiddelen toegediend kregen. De biestarwegrasvelden werden op het strand aangelegd ongeveer tot aan de lijn van gemiddeld H.W. bij springtij. De velden met helm, Noorse helm en zandhaver lagen



op het talud en gedeeltelijk op de kruin van de zanddam. Het resultaat van de bemesting en van de kitmiddelen werd gemeten in vakken van 4 m², die midden in elk proefveld waren afgepaald. Gemeten werden het gemiddeld aantal bladeren van 16 willekeurige pollens in elk vlak, de bedekkingsgraad ofwel het oppervlak van de projectie van de bladeren op de grond, de hoogte van de vegetatie boven de grond, de diepte van de beworteling in de grond, de gemiddelde bladbreedte, de fertiliteit, ofwel het aantal aren per vak, en de groenkleuring. Bovendien werden de proefvelden regelmatig gewaterpast om de uitwerking van de bemesting op de zandafzetting in de velden te kunnen vaststellen.

De proeven hebben uitgewezen dat de groei van duinplanten in belangrijke mate kan worden bevorderd door een geschikte meststof,



toegepast in de juiste dosering. Dit geldt zowel voor geplant als voor gezaaid materiaal. Het is echter van belang niet te veel of te lang achtereen te bemesten omdat de planten dan door excessieve groei kunnen verstikken en verdorren.

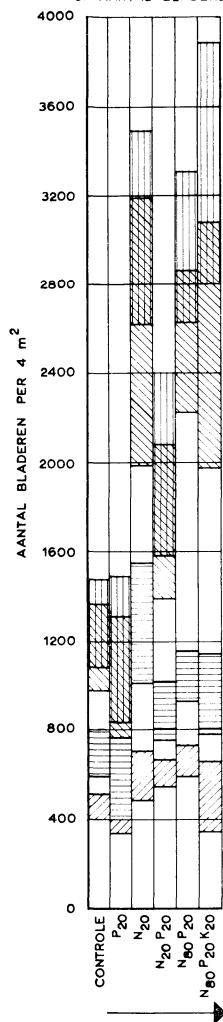
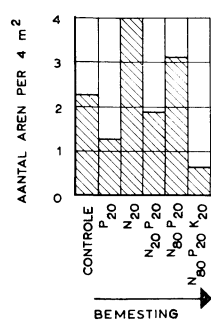
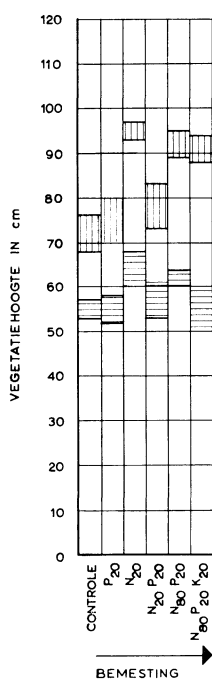
Om te kunnen bepalen welke bemesting men moet toepassen is het noodzakelijk vooraf een onderzoek in te stellen naar de geaardheid en het gehalte aan voedingsstoffen in de grond en te weten om welke planten het gaat. Een armeterige duinbegroeiing kan door bemesting belangrijk worden bevorderd, met name op de zeereep bij de overgang van helmbegroeiing naar een duinstruikbegroeiing. Helm en biestarwegras blijken met succes te kunnen worden gezaaid. Bij juiste bemesting kan het zaaigoed in één jaar tijds tot volle wasdom komen. Zonder bemesting duurt dat

2 Meetresultaten van geplante helm

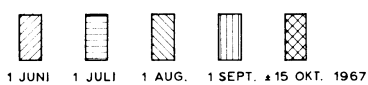
P ₂₀	FOSFOR
N ₂₀	STIKSTOF
N ₂₀ P ₂₀	STIKSTOF + FOSFOR
N ₈₀ P ₂₀	STIKSTOF (4 x HOGERE CONCENTRATIE) + FOSFOR
N ₈₀ P ₂₀ K ₂₀	STIKSTOF (4 x HOGERE CONCENTRATIE) + FOSFOR + KALIUM

1 Ligging van het proefgebied

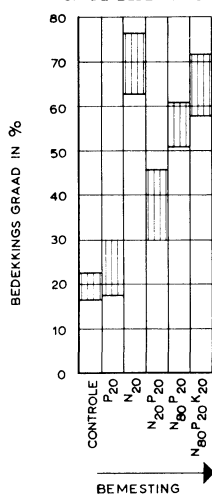
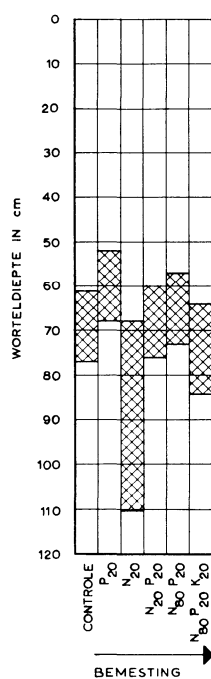
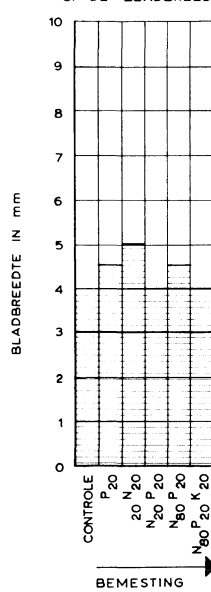
wel 3 tot 4 jaar. Gezien de aard van het zaai-goed kan men biestarwegras alleen uit de hand zaaien. Helm leent zich uitstekend voor machinaal zaaien, mits het terrein geen dwarshellingen vertoont steiler dan 1 : 5. Zaaïen heeft alleen dan succes als er in de eerste zes maanden geen uitstuiwing en ook geen aanzanding van enige betekenis optreedt. Men kan de bodem tegen uitstuiwing stabiliseren door het aanbrengen van kitmiddelen; door het in-eggen van stro in vlak terrein, of het zetten van stro-, en/of rietpoten in hellend of geaccidenteerd terrein; tenslotte ook door het plaatsen van schermen of door de grond met takken af te dekken. Een bezaaid perceel kan tegen aanzanding worden beschermd door het stuifzand buiten het perceel met schermen of stropoten op te vangen. Behalve door het tegengaan van niveauveranderingen kan men de groei van de kiemplant nog door andere ingrepen in de milieuomstandigheden bevorderen. Men kan de uitdroging van bodem en gewas verminderen door het in-eggen van stro of door het meezaaien van een zogenaamde dekvrucht, dat is een gewas dat sneller en vroeger ontkiemt dan de blijvende plant en die haar in de eerste ontwikkelingsfase beschermt. Helm, Noorse helm, biestarwegras en zandhaver blijken te kunnen worden gekweekt. Uit in het voorjaar geplant materiaal is bij optimale bemesting reeds hetzelfde najaar nieuw materiaal te steken. Hierdoor zijn belangrijke besparingen op de transportkosten mogelijk, als nieuw plantmateriaal uit andere kustgebieden zou moeten worden aangevoerd. Met het planten van zandhaver zijn geen onverdeelde gunstige ervaringen opgedaan, noch tijdens de proeven noch elders. Deze

INVLOED BEMESTING
OP AANTAL BLADERENINVLOED BEMESTING
OP DE FERTILITEITINVLOED BEMESTING
OP DE VEGETATIEHOOGTE

DATUM VAN WAARNEMING



HOOGTE VAN HET BLOKJE GEEFT DE SPREIDING
IN DE WAARNEMINGSUITKOMSTEN

INVLOED BEMESTING
OP DE BEDEKKINGSGRAADINVLOED BEMESTING
OP DE WORTELDEPTIEINVLOED BEMESTING
OP DE BLADBREEDTE

plant verliest 's winters zijn bladeren, waardoor er slechts een geringe bedekkingsgraad overblijft en uitstuiving gemakkelijk kan optreden. Bovendien wordt zandhaver veelal aangevreten door konijnen. Wel moet worden opgemerkt dat op sommige plaatsen langs de kust, met name in Zeeuws-Vlaanderen, zandhaver tussen de helmbegroeiing voorkomt en uitstekend gedijt.

Verouderde en deels afgestorven, ook te weelderig opgegroeide en daardoor weer ten dele verstikte duingrassbegroeiing kan gemaaid worden, al moet gezegd worden dat het een lastig karwei is. Het maaien dient in het voorjaar te geschieden; spruitvorming en -ontwikkeling worden er namelijk door gestimuleerd, zodat tegen het stormseizoen weer voldoende opslag aanwezig is om verstuiwing te voorkomen. Bij juiste bemesting kan in een halfjaar tijds weer een verjongde vitale vegetatie van voldoende hoogte verkregen worden.

De beproefde kitmiddelen blijken indien toegepast tussen een reeds bestaande vegetatie geen duidelijk positieve maar eerder een negatieve invloed te hebben op de groei van helm en Noorse helm. Bij toepassing op zaai-goed zijn deze negatieve effecten bij bepaalde middelen niet geconstateerd. Bij zanddammen langs de kust kunnen de taluds waar zand kan aanstuiven op dezelfde manier behandeld worden als de zeereep. Ook is het raadzaam in de overgangszone van de taluds naar de kruin een strook met duingrassen te bezaaien of te beplanten tot op de kruin om eventueel verstuiwend zand op te vangen. De kruin van de dam kan tegen ver- en uitstuiven beschermd worden door een begroeiing, echter niet eerder dan dat het zoutgehalte van het bodemvocht voldoende verlaagd is. In het algemeen kan gesteld worden dat tenminste 6 cm neerslag op de zanddam moet zijn gevallen. Daarom zal het aanbeveling verdienen om direct na het onder profiel brengen van de zanddam het zand vast te leggen door het in-eggen van stro. Nadat het zoutgehalte voldoende gedaald is kunnen dan mengsels van bepaalde zaden worden gezaaid, waarna bemesting kan volgen. Is de begroeiing eenmaal aangeslagen en het zoutgehalte nog verder verminderd, dan kunnen ook duinstruiken zoals duindoorn en vlier op daarvoor geschikte plaatsen worden geplant of gezaaid. Het zaaien van duindoorn is namelijk niet aan te raden op plaatsen waar veel stuifzand wordt verwacht, aangezien de kleine plantjes door dit stuifzand sterk worden aangetast. Op zulke plaatsen kan de duindoorn alleen geplant worden, nadat eerst

een gras- of helmbegroeiing tot ontwikkeling gekomen is ter stabilisatie van de bodem. Op meer beschut terrein met weinig zandverstuiving zijn op Goeree goede resultaten met zaaien van duindoorn verkregen.

Uit de proeven kan geconcludeerd worden, dat de begroeiing op het meest zeewaartse deel van de zeereep met relatief geringe kosten nog belangrijk kan worden gestimuleerd, voornamelijk door bemesting. Toch dient een dergelijke ingreep in de natuurlijke levensomstandigheden van de vegetatie met de grootste voorzichtigheid te geschieden. Immers de allerwegen optredende vervuiling van ons milieu is voor een gedeelte terug te voeren tot overmatige verrijking van water en bodem met plantenvoedingsstoffen. Uit experimenten blijkt, dat toevoeging van kunstmest aan de bodem van voedselarme, min of meer stabiele levensgemeenschappen op korte termijn reeds een drastische vermindering van soorten ten gevolge heeft, in feite dus een verarming van de levensgemeenschap, en een vermindering van stabiliteit van de vegetatie. Het gevaar voor bodemerosie neemt daardoor toe, en aldus kan het middel erger zijn dan de kwaal.

Aan het strand en op het voorduin hebben we te maken met een pioniersvegetatie in een instabiel milieu. Hier ligt de tolerantie van bemesting op de natuurlijke begroeiing anders dan in de meer gestabiliseerde levensgemeenschappen. Immers op het voorduin behoort instabiliteit tot de essentiële kenmerken van het milieu. Verandering van één milieufactor, bij voorbeeld het fosfor- of nitraatgehalte van de bodem binnen de grenzen van deze instabiliteit, komt daar ook binnen de natuurlijke variaties in het milieu voor. Het is om deze reden dat de werkgroep zich bij haar onderzoek nadrukkelijk beperkte tot pionierplanten van strand en zeereep. De hier verkregen resultaten zijn echter uitdrukkelijk niet van toepassing op duinterreinen die achter de eigenlijke zeereep liggen.

In het vorige nummer werd onder meer aandacht geschonken aan het milieu-onderzoek in het Deltagebied. In het desbetreffende artikel is gewezen op de contacten die de Rijkswaterstaat daarbij onderhoudt met een aantal instituten, waarvan er aan het slot twee met name werden genoemd, te weten het Biologisch Station 'Weevers' Duin' en het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek. Deze beide instituten worden in dit nummer middels een korte bijdrage bij de lezers geïntroduceerd.

In 1954 werd door de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen het 'Instituut voor Oecologisch Onderzoek' opgericht, met als taak het onderzoek naar de betrekkingen tussen hetzij levensgemeenschappen hetzij plant- of diersoorten en hun omgeving. Het Instituut kreeg twee vestigingen, een te Arnhem en een te Oostvoorne.

In Arnhem werden de centrale directie, het dierkundig oecologisch onderzoek, het vogel-onderzoek en het onderzoek naar de verspreiding van planten en dieren in de IJssel-meerpolders gevestigd. Het Biologisch Station 'Weevers' Duin' te Oostvoorne kreeg als opdracht het verrichten van botanisch-oecologisch onderzoek. Juist met het oog op dat onderzoek had men een situering gezocht in de onmiddellijke nabijheid van de natuurreservaten op Voorne. Deze terreinen hebben namelijk een zeer hoge waarde voor de natuurwetenschap. Sedert 1968 beschikt 'Weevers' Duin' over een modern geoutilleerd laboratorium, waar de verschillende onderdelen van de botanische oecologie tot hun recht kunnen komen. Op het ogenblik wordt 'Weevers' Duin' bemand door 16 personeelsleden, waaronder 6 academici. Volgens het ontwikkelingsplan van het Station zal het personeelsbestand over enkele jaren zijn opgelopen tot 25 man.

De mogelijkheden tot fundamenteel onderzoek zijn door de inrichting en de ligging van 'Weevers' Duin' uitzonderlijk groot. Door de uitvoering van een systematisch onderzoeksprogramma op floristisch, vegetatiekundig en milieukundig gebied ontstond een rijk gedetailleerd overzicht van het oecosysteem van het Voorne duin als geheel, en van de elementen waaruit het is

Het Biologisch Station 'Weevers' Duin' te Oostvoorne

opgebouwd. Het feit dat dit duingebied zones van verschillende ouderdom omvat, maakt het de onderzoekers mogelijk de dynamiek van de vegetatie- en bodemontwikkeling te bestuderen en een inzicht te verkrijgen in het verloop van de rijping van zowel de bodem als de vegetatie. Deze ontwikkeling wordt gekenmerkt enerzijds door toeneming van het aantal dier- en plantesoorten dat aan de levensgemeenschappen deelneemt, door groei en toenemende stabilisering van de structuur, anderzijds door veranderingen in de bodem die daarmee samengaan. In de bodem neemt met de ouderdom het gehalte aan organisch materiaal toe, wat tegelijk een toeneming betekent van daaraan gebonden voor de plantengroei belangrijke elementen als kalium, stikstof en fosfor. Daarentegen spoelt kalk uit. Zo ontstaat in de latere stadia een bodem die in lagen is opgebouwd, waarbij die lagen min of meer rijk zijn aan organisch materiaal, terwijl ze bovendien onderling verschillen naar hun scheikundige samenstelling.

Op basis van dit algemeen overzicht kunnen vragen worden geformuleerd voor nader onderzoek. Daarnaast verschaft een terrein als het Voorne duin met zijn grote structurele en oecologische verscheidenheid een unieke mogelijkheid om de toepasbaarheid van theoretische biologische mogelijkheden in de praktijk te toetsen. De reële kansen van een op grond van simulatiemodellen geopperde mogelijkheid hangen immers af van de mate waarin ze past in de reeds bestaande betrekkingen tussen de levensgemeenschappen.

De problemen die zich bij het oecologisch onderzoek voordoen, kan men op uiteen-

lopende wijze benaderen. In de loop der jaren is het onderzoek op 'Weevers' Duin' uitgegroeid tot een vrij groot aantal verschillende, doch samenhangende probleemstellingen, waarvan hierna de belangrijkste worden genoemd en omschreven.

Het onderzoek en de kartering van flora en vegetatie van het onderzoeksgebied wordt nog steeds voortgezet ten behoeve van het al eerder genoemde totaalbeeld van het oecosysteem dat, gegeven het zeer dynamische karakter van het duinlandschap op Voorne, voortdurend aan wijzigingen onderhevig is. Door de uitvoering van diep in het milieu ingrijpende waterstaatswerken, zoals de aanleg van de Maasvlakte, de afdamming van het Haringvliet, de duinverzwaringen uit een oogpunt van beveiliging, treden bovendien belangrijke veranderingen op die niet

Ten gevolge van de grillige geomorfologische structuur van het Voornse kustgebied wordt het natuurterrein gekenmerkt door een bont patroon van uiteenlopende voor de plantengroei belangrijke bodemfactoren. Verloopt de intensiteit van dergelijke factoren min of meer geleidelijk, dan spreekt men van gradiënten. Voorne is zeer rijk aan gradiënten, van bij voorbeeld kalkrijk naar kalkarm, van alkalisch naar zuur, van hoog naar laag, van droog naar nat, van zout naar zoet, en van klei naar zand. Het samenspel van deze gradiënten, dat natuurlijk van plaats tot plaats verschilt, is in belangrijke mate bepalend voor de vegetatie. Het onderzoek van ecologisch belangrijke bodemeigenschappen draagt bij tot inzicht in de samenhang tussen bodem en vegetatie. Het is opvallend dat de in het onderhavige gebied optredende ver-



liggen in de lijn van de natuurlijke ontwikkeling. Het vegetatiekundig onderzoek zal zich verder vooral richten op de relatie tussen structuur en floristische samenstelling enerzijds en een aantal milieufactoren anderzijds. De ordinatiemethodiek, die momenteel op 'Weevers' Duin' wordt toegepast in aansluiting op de vegetatietypologie, leidt tot aanwijzingen omtrent de eisen die de betrokken soorten aan het milieu stellen. Deze aanwijzingen vragen om een experimentele toetsing.

Er wordt voorts een onderzoek ingesteld naar de invloed van bodemverdichting – die tot stand kan komen door de bodem te beweiden met vee, dan wel door er recreatiegasten op toe te laten – op de samenstelling van de vegetatie. Ook deze vraagstelling kan door experimenten worden verdergeholpen.

Helmduin op het eiland Voorne



Vleeskleurige orchis, een plant van de vochtige valleien

Blauwe zeedistel, een thans op Voorne in aantal achteruitlopende buitenduinplant

Herminium Monorchis, een zeldzame plant van grote gevoeligheid voor verschuivingen van het milieu



meerdering van organisch materiaal, bijvoorbeeld in de vorm van humus, samengaat met verhoging van onder meer de gehalten aan fosfaten en gebonden stikstof. Door parallele fosfaatbepalingen in bodem en plantesoort in de opeenvolgende fasen van ontwikkeling van het duingebied tracht men vast te stellen in hoeverre duinplanten kunnen profiteren van het op hoger niveau geraken van de fosfaatkringloop. Sedert enige jaren wordt ook de stikstofbinding onderzocht, onder meer door onderzoek naar de betekenis van wortelknolletjes bij duindoorn en els.

Het Biologisch Station verricht ook micro-meteorologisch onderzoek, en tracht zo inzicht te krijgen in het milieu van plant en dier voor zover het bepaald wordt door meteorologische factoren, als temperatuur en



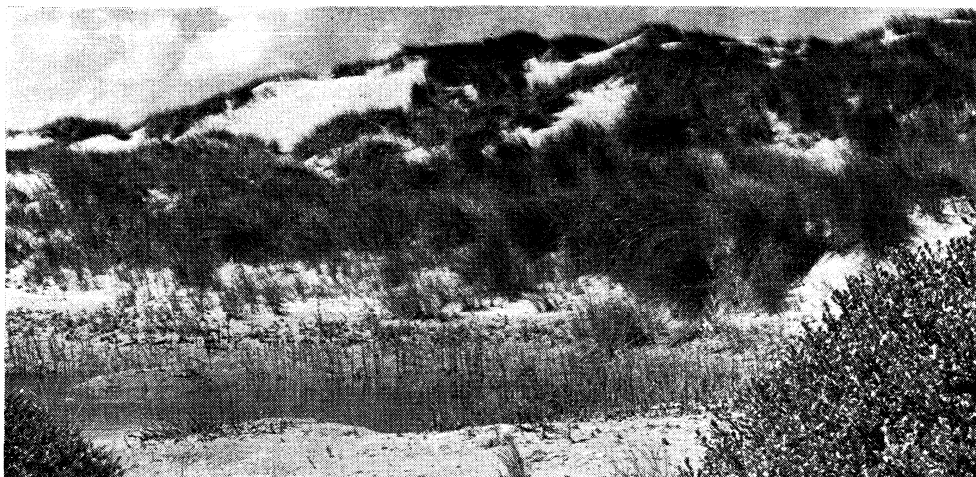
vochtigheid van de lucht, windsnelheid, zonnestraling en warmtestraling. In de vegetatie heersen in dit opzicht heel andere, vaak meer extreme omstandigheden dan op grotere hoogte, waar de gewone meteorologische waarnemingen worden gedaan. De vegetatie speelt een grote rol bij het tot stand komen van dit microklimaat. Vooral de structuur van de begroeiing en de waterhuishouding blijken daarbij belangrijke factoren te zijn. Kan het klimaat nabij de grond dus sterk verschillen van dat op grotere hoogte, ook in horizontale zin treden in dit microklimaat grote variaties op, met name in natuurlijke vegetaties. Van decimeter tot decimeter kunnen verrassend grote verschillen optreden tussen plekken met en zonder mos, aan de noord- en zuidzijde van graspollen en op een hellend terrein. Naarmate men subtieler meet

of, anders gezegd, zich interesseert voor het milieu van kleinere planten en dieren, merkt men een grotere diversiteit op in het milieu. Deze metingen stellen bijzondere eisen aan de apparatuur, die daarom dikwijls speciaal voor dit doel ontwikkeld moest worden. Gebleken is dat processen die micro-klimaten doen ontstaan dezelfde zijn als die welke de warmtehuishouding van het aardoppervlak bepalen. Werkend in het micro-klimaat komt men zo ook tot vraagstellingen betreffende de invloed van de vegetatie, of van de vernietiging ervan, op het macro-klimaat. In 1969 is op 'Weevers' Duin' een aanvang gemaakt met oeco-fysiologisch onderzoek, waarbij men ontkiemings- en kweekproeven uitvoert met een aantal kustplanten. De relatieve groeisnelheid en de spruit/wortel-verhouding van de gekweekte planten wordt

1 Het Quackjeswater bij Rockanje

2 Jonge duinvallei, die in het voorjaar onder water staat





2

gemeten. Ook wordt er chemische analyse verricht op gedroogd plantemateriaal. Voor dit onderzoek is een kas beschikbaar, waarvan de temperatuur in de winter regelbaar is. In de zomermaanden kan de kas gekoeld worden door er lucht van buiten in te blazen. De planten zijn tot nu toe veelal gekweekt in plastic potten, gevuld met duinzand. Het ligt in de bedoeling in de toekomst meer te gaan kweken op voedingsoplossingen. De gehaltes van alle belangrijke ionen en van organische stikstof in het planteweefsel kunnen in het laboratorium van 'Weevers' Duin' bepaald worden.

Bij het experimenteel-oecologisch veldonderzoek wordt de invloed op de vegetatie-ontwikkeling nagegaan van afplaggen en van maaien; de invloed van konijnevraat, die men vaststelt door de vegetatie-ontwikkeling te vergelijken op wel en niet omrasterde gedeelten; de invloed van veranderingen in de bodemstructuur op de vegetatiesamenstelling, alsmede de uitwerking van kunstmest op duingrasland en op duinvalleivegetaties.

Veldproeven met duinvormende planten, en een onderzoek naar de invloed van kunstmest en kitmiddelen daarbij, hebben geleid tot een advies inzake vragen die bij het uitvoeren van de Deltawerken rezen omtrent de vastlegging van zanddammen door middel van een natuurlijke begroeiing. Bedoelde proeven worden in dit Bericht nader omschreven in het artikel 'Duinbemestingsproeven'.

Het Biologisch Station heeft zijn aandacht ook gericht op de uitzonderlijk rijke insectenfauna van het onderzoeksgebied. De inventarisatie van de entomofauna werd bewerkt met faunistische en oecologische doelstelling. In het bijzonder werden de relaties nagegaan

tussen vlinder- en plantesoorten.

Aan de experimentele kant van het onderzoek ligt de simulatie van biologische problemen. Aan de hand van waarnemingen in het veld wordt getracht, mede op basis van experimenten in het laboratorium, een model te bouwen van een bepaald biologisch proces. Experimenteren met dit model geeft de mogelijkheid een beter inzicht te krijgen in de werking van dit proces, in de factoren die er een rol in spelen en in de mate waarin ze bij het proces betrokken zijn.

Vóór de afsluitdammen die in het Delta-gebied gereedkomen, wordt een aanmerkelijke kustaanwas verwacht; er wordt bovendien rekening gehouden met de waarschijnlijkheid dat voor de kust op den duur een aantal zandplaten boven water zullen komen. 'Weevers' Duin' zal, als botanisch-oecologisch instituut dat gespecialiseerd is op duinonderzoek in Zuidwest-Nederland, ook deze terreinen in zijn onderzoek betrekken, en de mogelijkheid aangrijpen om deze eenmalige veranderingen tegemoet te treden met een breed onderzoeksprogramma. De rondom de afgesloten zeearmen gelegen terrestrische natuurterreinen bieden daarnaast een overvloed van onderzoeksmogelijkheden.

Dank zij een zo zorgvuldig mogelijke inbreng in het planologisch overleg betreffende behoud en opbouw van natuurwetenschappelijke waarden bij de inrichting der Deltawerken door het Delta Instituut voor Hydrologisch Onderzoek te Yerseke en door het Biologisch Station 'Weevers' Duin' mag hier gerekend worden op ruime mogelijkheden voor botanisch-oecologisch onderzoek.

Bijdrage verzorgd door het Biologisch Station 'Weevers' Duin'.

Het in 1957 opgerichte Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek van de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen heeft tot taak een beschrijving en een analyse te geven van de veranderingen in flora en fauna die zich voordoen en mogelijk zullen voordoen als gevolg van de uitvoering van waterstaatswerken in het Deltagebied. Bij de uitvoering van deze taak werkt het Instituut al jaren samen met verscheidene overheidsdiensten, onder meer met de Deltadienst.

De taken op het gebied van de experimentele en de beschrijvende biologie die het Instituut op zich genomen heeft, worden thans uitgevoerd door 30 personeelsleden, waarvan 9 academici. Het Instituut heeft afzonderlijke afdelingen voor de bestudering van plankton, algen, hogere planten en dieren, gesteund door een chemisch laboratorium. Binnenkort, wanneer de ruimtelijke accommodatie te Yerseke zal zijn uitgebreid, worden nog enkele biologen-academici aangetrokken, onder anderen een experimenteel botanicus en een milieubioloog.

Voor het vormen van inzicht in het leven van waterorganismen in het Deltagebied is elementaire kennis nodig van de huidige en toekomstige waterloopkundige toestand in de getijwateren. Voor het verkrijgen van zulke gegevens heeft het Delta Instituut in een vroeg stadium contact gezocht met de in het Deltagebied opererende Rijkswaterstaatsdiensten, waar het grootste fonds aan kennis dien-aangaande mocht worden verondersteld. De gezochte gegevens werden in ruime mate beschikbaar gesteld, en bovendien werden in het belang van het onderzoek meer dan eens programma's gecoördineerd, veelal in die zin dat de voor de Rijkswaterstaat werkzame meetvaartuigen tijdens het uitvoeren van hun meetprogramma's ook monsters namen ten dienste van het Instituut. Een aantal voorbeelden kunnen de samenwerkingsvormen wellicht nader illustreren.

In 1965 werden, na de afsluiting van de Grevelingen, vanwege de Deltadienst stroommetingen gedaan in de mond van het Brouwershavense Gat; bij die gelegenheid werden voor het Instituut watermonsters getrokken

Contacten van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek met de Rijkswaterstaat

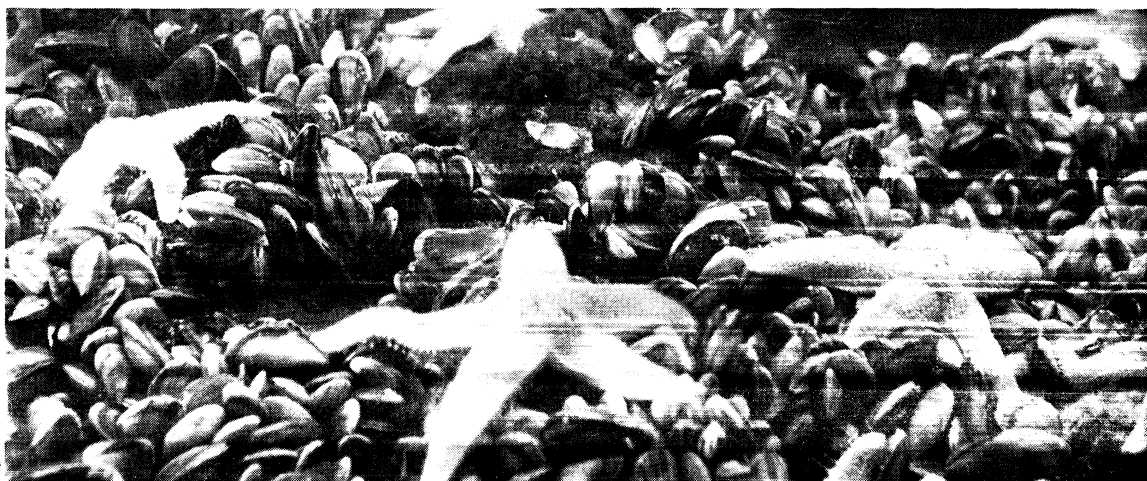
waarin levende cellen bleken voor te komen van het kiezelwier *Asterionella formosa*, hetgeen erop duidde dat zeer onlangs uit de rivieren afkomstig water het Brouwershavense Gat was ingestuwd. In een zout milieu kan dit kiezelwier immers niet lang in leven blijven. Het voorkomen ervan in het Brouwershavense Gat werd verklaard uit de waarneming dat water uit het Haringvliet om de kop van Goeree heen naar het Springersdiep werd gevoerd, waarbij de hoeveelheid van het Haringvlietwater in het Brouwershavense Gat rechtstreeks afhankelijk bleek van de bovenwaterafvoer.

Ook het voorkomen van mariene organismen in een brak milieu kan soms worden verklaard door de hydrografische toestand. Sedert 1965 maakte de dam door de Grevelingen de rechtstreekse afvoer van zoet bovenwater door de Grevelingen naar zee onmogelijk; het rivierwater werd sindsdien, vóór de afsluiting van het Volkerak, gedwongen een zuidelijker weg te nemen, en af te vloeien door de Oosterschelde. Deze zoete afvoer voltrok zich echter vooral in de oppervlakkige waterlagen. Door diepe geulen in de getijwateren vond een stroom plaats in omgekeerde richting, die zout water en daarin levende organismen aanvoerde van de Oosterschelde naar het Haringvliet. Dat verklaart de vondst van mariene kiezelwieren zoals *Biddulphia sinensis* in het Haringvliet. De vondst bevestigde op haar beurt de juistheid van de waarnemingen van tegengesteld gerichte zoute stromen op grote diepte in het tracé Oosterschelde-Haringvliet.

Een intensieve samenwerking met de afdeling Hydrometrie van de Deltadienst werd bereikt bij de bestudering van de veranderende zout-

gehalten in de Oosterschelde. In de winter 1965/66 daalde het zoutgehalte tot een minimale waarde van 9 g Cl'/l tegen de tot dan toe normale waarde van 16 g Cl'/l. De kreeftenparken en de kweekplaatsen van oesters en mosselen ondervonden van deze scherpe daling onmiddellijk nadeel; de kwekers probeerden de nadelige invloed te verhelpen door zakken zout aan de bewaarbassins toe te voegen. Vanwege hun gemeenschappelijke belangstelling voor het verschijnsel werd door het Delta Instituut en de Deltadienst gezamenlijk een breed meetprogramma opgezet, dat op 10 januari 1966 werd uitgevoerd door een groot aantal waarnemers in dienst van het Instituut, die vanaf de waterkant observaties uitvoerden, en een aantal meetvaartuigen van de Deltadienst. Zo werd een omvattende indruk van het verschijnsel ver-

kregen. Als gevolg van de buitengewoon hoge rivierafvoeren, die in Oost-Nederland en in Duitsland op vele plaatsen tot overstromingen hadden geleid, kwam water met een uitzonderlijk laag zoutgehalte door het Keeten de Oosterschelde binnen. Over grote gebieden trad tot aan de bodem menging op tussen dit vele oppervlaktewater en de met de vloed binnentrekkende zoutwatermassa's van de zee. De oostelijke kom van de Oosterschelde werd door de verlaging van het zoutgehalte in mindere mate getroffen dan de rest van die zeearm, maar wel over een langere periode. Pas in juni werd te Yerseke weer 15 g Cl'/l gemeten, en in oktober pas 16 g Cl'/l. De in het voorjaar gebruikelijke bloei van fytoplankton bleef in 1966 geheel achterwege, omdat het zoutgehalte toen nog niet hoger was dan 12 g Cl'/l. Pas in mei en juni kwam



Onderwateropname van mosselen en hun doods-vijanden, zeesterren

het fytoplankton weer op normaal peil. Het onderzoek naar deze grote milieuveranderingen illustreert hoe vruchtbaar en van hoeveel belang voor de deelnemende partijen de samenwerking kan zijn tussen het Instituut en de Rijkswaterstaatsdiensten. Soortgelijke samenwerking als met de Deltadienst kwam naderhand ook tot stand met het Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding. Als gevolg van het contact begon men op het chemisch laboratorium van het Delta Instituut analyses te verrichten van in tijwater gesuspendeerd slib. Andere contacten groeiden nog met het Arrondissement Rotterdamse Waterweg. Stafleden van het Instituut werden uitgenodigd om zitting te nemen in een commissie ter bestudering van de problemen die rezen bij de uitgraving van het Brielse Gat en in verband met de slibberging in dat gebied. Inzake

de Westerschelde kwam een intensief contact tot stand met de studiedienst Vlissingen. Een Belgisch hydrobioloog kreeg in het raam van deze samenwerking gelegenheid zijn onderzoek naar de chemische, bacteriologische en planktonologische eigenschappen van de Schelde gedurende drie jaar ook over de Nederlandse Schelde uit te strekken. Het gehele onderzoek interesseerde het Hydrobiologisch Instituut in hoge mate, zodat het na afsluiting van het Belgische promotie-onderzoek de maandelijkse bemonsteringen vanuit Yerseke voortzette. De botanische afdeling van het Instituut vervult een adviserende rol in de Commissie Inrichting Deltawateren, met name ten aanzien van de ecologische aspecten van de inrichting der toekomstige Deltameren en van de dan buitendijks gelegen gebieden. In verband met deze laatste gebieden verdiept de botanische afdeling zich ook in problemen rond de stimulering van duinvormende middelen die kunnen worden aangewend om nieuwgevormde zandlichamen vast te leggen.

Er zijn dus tal van stimulerende en vruchtbare contacten op te sommen met de Rijkswaterstaatsdiensten in het Deltagebied. Toch zou men met recht kunnen stellen dat het tot nu toe vermelde nog maar de inleidende fase is van een samenwerking die in de toekomst veel verder zal kunnen gaan. Een voorbeeld van nauwere samenwerking kan worden gevonden in de proeven met kunstmatige verwijdering van water met een hoog zoutgehalte uit diepe stroomgeulen, verricht in 1966. De hydrobiologen van het Instituut vreesden dat het in de Deltameren praktisch tot stilstand komende slechte Rijn- en Maaswater mogelijk van nog mindere kwaliteit zou kunnen worden door onvoldoende circulatie juist in geulen en troggen, en zij maakten die vrees aan de Deltadienst bekend. Deze dienst had dat probleem reeds onderkend, en naar de mogelijkheden tot verzoeting van diepgelegen watermassa's in het Brielse Gat al een onderzoek laten instellen. Spoedig werd door het Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater, het Delta Instituut en de Deltadienst een gezamenlijk project op touw gezet, waarbij op grote diepte – 22,5 m – in het Veerse Meer de bruikbaarheid van een ontziltingsmethode met gecompriëerde lucht zou worden beproefd. De proef, die werd beschreven in Bericht nr. 37 (augustus 1966), leidde tot een zeer positief resultaat. De luchtbellenstroom die men op de geulbodem door geperforeerde buizen liet ontsnappen, zorgde voor voldoende menging; immers, 48 uur na het begin van de proef was 4,5 mil-

joen kg zout uit de diepe geul met meer oppervlakkig water vermengd.

Samenwerking in deze nauwere vorm zal ook nodig zijn bij het veel moeilijker probleem van het vervuilde rivierwater. Weliswaar heeft men in Duitsland ingezien dat aan de snel toenemende vervuiling van de Rijn paal en perk moest worden gesteld, maar het gevaar voor Nederland is daarmee nog niet geweken. Het resultaat van de talrijke getroffen maatregelen is geweest dat de vervuiling de afgelopen jaren minder snel is voortgeschreden, maar werkelijke verbetering van de kwaliteit van het Rijnwater, zodat het voor ons geen bezwaar meer oplevert, is nog niet in zicht. Met name het gehalte aan zware metalen, moeilijk afbreekbare organische bestrijdingsmiddelen en fosfaten blijft veel te hoog. Fosfaatrijkdom is de basis voor een grote algenproductie; afgestorven algen consumeren de zuurstof in hun omgeving, en speciaal in diep water kan dat gevaarlijke toestanden in het leven roepen. Er zijn wel methoden bekend om fosfaten uit het water te verwijderen, die ook in drinkwaterbekkens en reinigingsinstallaties voor afvalwater wel met succes zijn toegepast, maar die eigenlijk niet goed bruikbaar zijn op de grote schaal waarop men ze in de Deltabekkens zou moeten toepassen. Ook deze moeilijkheid heeft de Deltadienst volledig erkend en onder ogen gezien. Sinds 1960 is een drietal commissies bezig om deze problemen van verschillende kanten te bekijken. De ene commissie onderzoekt door experimenten in het Brielse Meer het vraagstuk van de directe chemische defosfatering. De tweede gaat na hoe de kwaliteit van praktisch stilstaand water in het Haringvliet zich zal ontwikkelen. De derde commissie onderzoekt in hoeverre compartimentering van de afgesloten Oosterschelde door middel van één of twee secundaire dammen kan bijdragen tot het verbeteren van de waterkwaliteit in het gehele bekken of in gedeelten ervan. In al deze commissies vindt een hechte samenwerking plaats tussen verschillende afdelingen van de Deltadienst, de biologen van het Delta Instituut, en verscheidene andere biologische onderzoeksinstituten.

Waterwinning in de Biesbosch

Toen het noordelijk Deltagebied nog vrij toegankelijk was voor vloeiden uit zee, vervulde de Biesbosch de functie van bergingsgebied voor een deel van het bij storm tot gevaarlijk hoge stand oplopende vloedwater. Door deze 'komberging' werd een belangrijke verlaging van het stormvloedpeil in de aangrenzende wateren verkregen en daarmee een vergroting van de veiligheid tegen verdere overstromingen. Zoals reeds beschreven in Bericht nr. 33 (augustus 1965) was daarom aan de bedijkte gebieden van de Biesbosch, waar de landbouw wordt beoefend, de 'overstromingsplicht' opgelegd; de dijken rond deze polders haalden een kruinhoogte van slechts 2,60 à 3,20 m boven N.A.P. Nu het Volkerak en het Haringvliet zijn afgesloten is deze kombergende functie van de Biesbosch komen te vervallen, d.w.z. behoeven de landbouwpolders hier niet meer voor noodberging van hoog vloedwater te worden gebruikt. Men is daardoor dus veel vrijer geworden voor wat betreft de bestemming van deze polders.

Over de aanpassing van de Biesbosch aan de nieuwe situatie en de nieuwe milieu-omstandigheden is reeds een en ander medegedeeld in Bericht nr. 34 (november 1965). En er werd in dit Bericht ook reeds mededeling gedaan van de ideeën van de gemeente Rotterdam om in het zuidelijk gedeelte van de Biesbosch spaarbekkens aan te leggen. Deze plannen kregen inmiddels vaste vorm en zijn thans ook reeds in uitvoering. Behalve de gemeente Rotterdam is ook de provincie Noord-Brabant bij deze werken ter verbetering van de watervoorziening belanghebbende geworden. De polders van de Zuidwaard

hebben zo opnieuw een bestemming als waterberging gekregen, thans echter met een geheel ander doel.

De drinkwaterleiding der gemeente Rotterdam, die sinds 1874 zorgt voor de drinkwatervoorziening van Rotterdam en omstreken, gebruikt als grondstof water uit de Rijn. Het grondwater in de omgeving is namelijk brak tot zout en als grondstof ongeschikt, terwijl het duinareaal in het Westland en op Voorne slechts zeer beperkt van omvang is en onvoldoende zoet water bevat.

Het rivierwater was aanvankelijk van goede kwaliteit en tevens in overvloed aanwezig. Lang heeft deze gunstige situatie niet geduurd, want reeds omstreeks de eeuwwisseling begon de kwaliteit van het oppervlaktewater achteruit te gaan ten gevolge van de industriële ontwikkeling in het stroomgebied van de Rijn. De vervuiling van de Rijn, die tot de huidige dag voortduurt, heeft de drinkwaterleiding genoopt haar zuivering steeds verder uit te breiden en te verbeteren. In de loop der tijden moest men overgaan van eenvoudige biologische filtratie tot volledige chemische zuivering. Naast de ontwikkeling in het achterland is ook de uitbreiding van Rotterdams havengebied van invloed geweest op de natuurlijke kwaliteiten van het Rijnwater. Nieuwe of uitgediepte havens en de voortdurende verdieping van de Nieuwe Waterweg veroorzaakten dat het zoute zee-water bij vloed steeds verder de rivier kon optrekken, zodat de inlaat van het drinkwaterbedrijf uiteindelijk nog slechts enkele uren per dag gebruikt kon worden.

Om in de sterk toenemende behoefte aan drinkwater te kunnen voorzien, werd in 1961 een begin gemaakt met de bouw van een

Zuiderklip

Oppervlakte spaarbekken: 402 ha
Nuttige inhoud: 67 600 000 m³
Bodemdiepte: N.A.P. - 13 à 15 m
Dijkhoogte: N.A.P. + 8,50 m
Omtrek bekken: 8,9 km

De Gijster

Oppervlakte spaarbekken: 320 ha
Nuttige inhoud: 40 700 000 m³
Bodemdiepte: N.A.P. - 9,00 m
Dijkhoogte: N.A.P. + 8,50 m
Omtrek bekken: 8,6 km

Honderd en Dertig

Oppervlakte spaarbekken: 219 ha
Max. inhoud: 34 200 000 m³
Bodemdiepte: N.A.P. - 10 à 15 m
Dijkhoogte: N.A.P. + 8,50 m
Omtrek bekken: 6,4 km

Petrusplaat

Oppervlakte spaarbekken: 105 ha
Max. inhoud: 15 300 000 m³
Bodemdiepte: N.A.P. - 13,00 m
Dijkhoogte: N.A.P. + 8,50 m
Omtrek bekken: 4,3 km



tweede zuiveringsbedrijf. Als vestigingsplaats werd het eiland Berenplaat gekozen, op het splitsingspunt van Spui en Oude Maas. Hier kon men een spaarbekken aanleggen van voldoende inhoud om een periode met kwalitatief slecht water te overbruggen. Tijdens de bouw van dit bedrijf ondervond de drinkwatervoorziening nogmaals grote moeilijkheden. Door een samenloop van klimatologische omstandigheden moest in januari 1963 vier dagen lang water worden geleverd dat vanwege het veel te hoog zoutgehalte nauwelijks drinkbaar was. Deze gebeurtenis, in het bedrijf bekend als 'de zoutinvasie', was voor B. en W. van Rotterdam aanleiding een commissie in te stellen die tot taak kreeg te adviseren over alle maatregelen die tot verbetering van de drinkwatervoorziening van Rotterdam zouden kunnen leiden.

In het door de commissie in juli 1965 uitgebrachte rapport wordt onder andere gesteld dat de drinkwatervoorziening van Rotterdam en omgeving ook in de toekomst, wanneer het verbruik zal stijgen tot 160 miljoen m³ (1980) en tot 250 miljoen m³ (2000), blijft aangewezen op oppervlaktewater. Deze grote hoeveelheden zullen alleen geleverd kunnen worden door de Rijn en de Maas en gezien de fluctuaties in de afvoer en de verontreiniging van deze rivieren kan aan constante wateronttrekking niet gedacht worden. Er zal derhalve gebruik gemaakt moeten worden van spaarbekken. Zoekend naar terreinen waar deze bekken aangelegd zouden kunnen worden, heeft de commissie achtereenvolgens onttrekking van water aan het IJsselmeer, infiltratie en winning op de Veluwe, aanleg van bekken in de Hoekse Waard en aanleg van spaarbekken in de Brabantse Biesbosch als mogelijkheden in beschouwing genomen. Tenslotte kon een duidelijke voorkeur voor aanleg van spaarbekken in de Zuidwaard van de Biesbosch worden uitgesproken, en wel op grond van deze overwegingen:

In plaats van Rijnwater kan in de Biesbosch het betere Maaswater worden ingenomen; aangezien de Maas niet steeds voldoende water leveren kan, moet overschakeling van onttrekking aan de Maas op onttrekking aan de Rijn mogelijk zijn. In de Biesbosch kan dat via de Nieuwe Merwede ten allen tijde gemakkelijk worden gerealiseerd. Het transport van water uit de Biesbosch naar Rotterdam is economisch aanvaardbaar. Later bleek bovendien nog dat de geologische situatie uiterst gunstig is; de Zuidwaard van de Biesbosch bevat een nagenoeg waterondoorlatende laag op een diepte variërend van 12 m tot 28 m beneden N.A.P. Deze

zogenaamde formatie van Kedichem kon voor de spaarbekken de functie van afsluitende bodem vervullen.

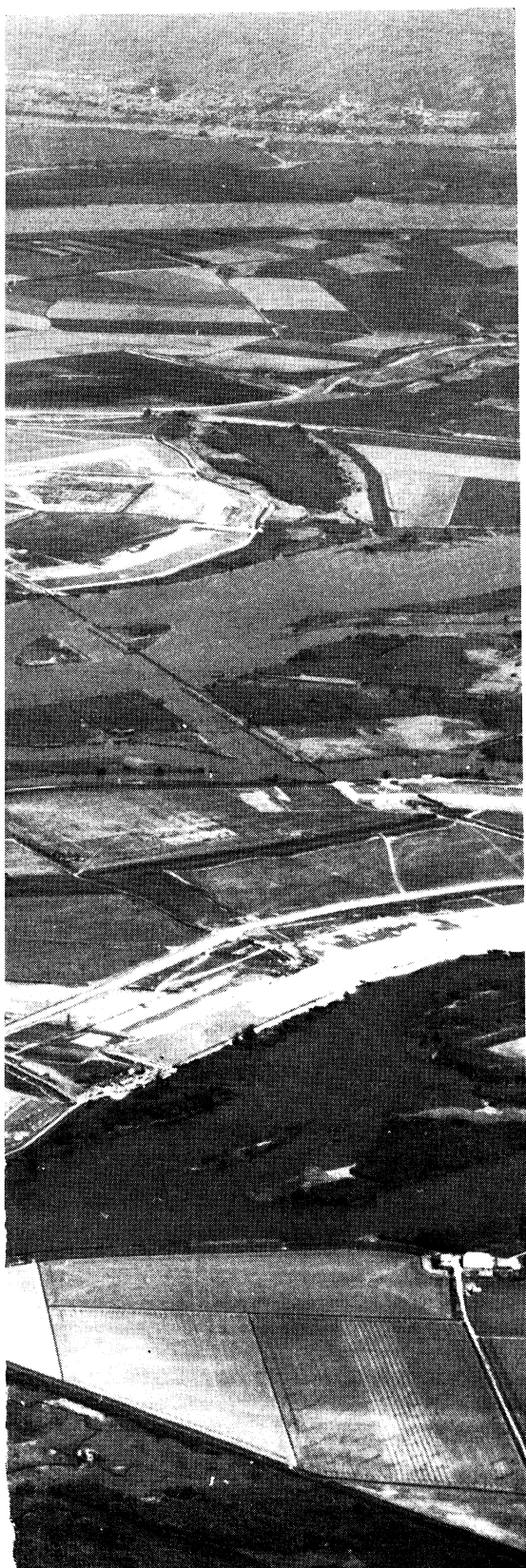
Het spaarbekkenplan

Na het gereedkomen van het eindrapport van de Commissie Drinkwatervoorziening Rotterdam is door de Drinkwaterleiding een begin gemaakt met een nadere bestudering en uitwerking van de in het rapport vermelde conclusies en aanbevelingen. Inmiddels had de Minister van Sociale Zaken en Volksgezondheid aan het Rijksinstituut voor de Drinkwatervoorziening opdracht gegeven voor geheel Nederland een basisplan op te stellen voor de watervoorziening tot het jaar 2000. Reeds spoedig bleek dat in westelijk Nederland op grote schaal oppervlaktewater zou moeten worden opgeslagen. Onder invloed van dit gegeven evolueerde het oorspronkelijke plan tot een nieuwe opzet, waarbij het leveringsvermogen opgevoerd kon worden tot 500 miljoen m³/jaar. De helft daarvan is bestemd voor Rotterdam en omgeving, de andere helft voor Zeeland, Noordwest-Brabant en mogelijk nog andere gebieden.

Het inpassen van de bekken in de landschappelijk zeer gevoelige omgeving die de Biesbosch met zijn grote recreatieve mogelijkheden nu eenmaal is, eiste veel zorg. Alle plannen werden daarom getoetst aan de inzichten van een begeleidingsgroep waarin deskundigen op waterstaatkundig, landschappelijk, recreatief, agrarisch en bestuurlijk niveau zitting hadden.

Het definitieve plan omvat drie bekken in de Zuidwaard, met de namen Zuiderklip, De Gijster en Honderd en Dertig, en in de Noordwaard het bekken Petrusplaat. De kruinhoogte van de ringdijken rond de bekken bedraagt N.A.P. + 8,50 m, de maximale waterstand in de bekken is bepaald op N.A.P. + 6,50 m. De bodemdiepte van de bekken varieert van N.A.P. - 9 m tot N.A.P. - 15 m, afhankelijk van de ligging van de waterondoorlatende laag in de ondergrond. Ten einde opbarsten van de bodem bij lage waterstanden in de bekken te voorkomen laat men bij de ontgraving een in dikte variërende zandlaag op de ondoorlatende laag achter. De bekken worden gevoed door een inlaatpompstation aan het Spijkerboor. Dit pompstation heeft als tweede functie het transport van water uit de Zuiderklip naar de De Gijster, telkens wanneer het peil in de bekken daalt tot beneden N.A.P. - 8 m. Het pompstation Kerkslot, aan de westzijde van de De Gijster, heeft eveneens twee functies. In de eerste plaats wordt het gebruikt om water uit de





Uitvoering van de spaarbekkens Honderd en Dertig en Petrusplaat (juni 1970).

In de polder Honderd en Dertig is een cutterzuiger bezig in een grondsluis zand te winnen en via een drijvende leiding in het dijkprofiel te persen.

Een tweede zuiger is in het Gat van de Kerksluut bezig zand te winnen en dat te spuiten in de onderslag van de zuidelijke dijk. In de polder Petrusplaat is reeds duidelijk de afscheiding te zien tussen spaarbekkenen en bedrijfsterrain, terwijl ook de cunetten voor de ringdijk reeds gegraven zijn. Tussen de beide bekkenen is de plaats te zien van de zinkersleuf en de persleiding voor het zandtransport.

De Gijster naar de Honderd en Dertig te pompen. Maar tevens kan dit pompstation direct water aan de rivier onttrekken. De waterlevering kan dank zij deze voorziening reeds beginnen vóór de beide oostelijke bekkenen gereed zijn, terwijl deze bekkenen ook later geheel of gedeeltelijk buiten bedrijf gesteld kunnen worden zonder de waterlevering te onderbreken. Verder zijn nog twee pompstations geprojecteerd met een eenvoudige functie, namelijk het pompstation Honderd en Dertig voor watertransport naar het bekken Petrusplaat en het inlaatpompstation op het bedrijfsterrain Petrusplaat voor de voeding van het halfzuiveringsbedrijf. De verbindingskokers tussen de verschillende bekkenen worden uitgevoerd als dubbele betonnen leidingen met een diameter van twee meter. Aangezien de bekkenen, met uitzondering van de Petrusplaat, niet over land bereikbaar zijn, is bij elk bekken een loskade ontworpen.

Door de bouw van een pompstation aan de Nieuwe Merwede zal het mogelijk zijn Rijnwater in te nemen en naar verkiezing te transporteren naar de Honderd en Dertig, de Petrusplaat of direct naar het halfzuiveringsbedrijf.

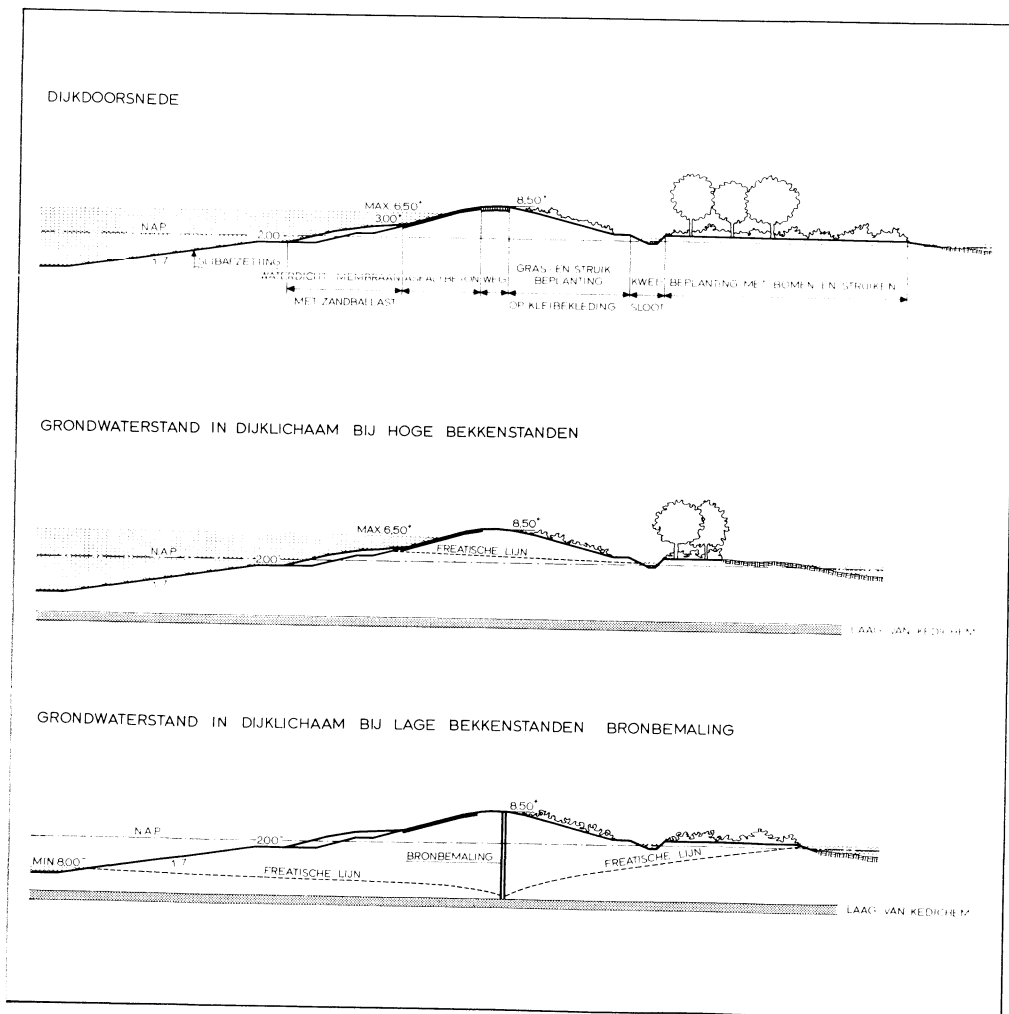
De ringdijken van de spaarbekkens worden opgespoten met het uit de bekkenen vrijkomende zand. De taluds krijgen een helling van 1 : 4. Het binnentalud zal van N.A.P. + 3 m tot N.A.P. + 8,50 m bekleed worden met asfaltbeton, van N.A.P. + 3 m tot N.A.P. - 2 m met een waterdicht membraan, afgedekt met zandballast. Beneden N.A.P. - 2 m krijgt het talud een helling van 1 : 7. Dit gedeelte zal niet voorzien worden van een waterdichte bekleding, maar worden afgedekt met een laag

slib, ten einde de kwel te verminderen. De buitentaluds worden ingezaaid met gras en plaatselijk beplant met struiken. Op de voorlanden wordt een hoger opgaande beplanting aangebracht.

Grondwaterstanden en bronbemaling in de ringdijken om de spaarbekkens

Functie en uitvoering van de verschillende bekkens

Naast de voorraadvorming is bij voldoende verblijftijd ook de kwaliteitsverbetering van het rivierwater in deze bekkens gegarandeerd. De verbeteringen zullen vooral bestaan in vermindering van het gehalte aan zwevende en organische stof, vergroting van het zuurstofgehalte, oxidatie van ammoniak en verbetering van de smaak van het water. De Zuiderklip en de De Gijster functioneren vooral als voorraadbekkens. In tijden met



normale rivierafvoeren zullen deze bekkens steeds geheel gevuld zijn. In een droge periode moet de aanwezige watervoorraad worden aangesproken. Onder extreme omstandigheden zullen deze bekkens zo'n laag niveau krijgen dat van verblijfsduur in het bekken geen sprake meer kan zijn. Om het zelfreinigend vermogen in bekkens tot zijn recht te laten komen is evenwel een minimaal verblijf van 3 weken benodigd. Deze verblijftijd wordt gewaarborgd door de Honderd en Dertig en de Petrusplaat. Die bekkens hebben namelijk geen voorraadfunctie; het zijn zogenaamde procesbekkens. Ze zullen vrijwel steeds gevuld zijn om aan het water de verblijftijd te geven die nodig is voor kwaliteitsverbetering.

Doordat de bekkenbekleding niet volledig waterdicht is, zal er in de dijklichamen een grondwaterstroom ontstaan. In de procesbekkens Honderd en Dertig en Petrusplaat zal die stroom ten gevolge van de permanente hoge bekkenstanden steeds de vorm hebben van een naar buiten gerichte kwel. In de beide andere bekkens zal dit in de meeste gevallen ook het geval zijn. In droge jaren echter zal het waterniveau daar kunnen dalen tot beneden de buitenwaterstand. De stroomrichting zal dan omgekeerd zijn. De slibafdekking op het binnentalud zou daardoor in gevaar kunnen komen omdat de grondwaterstroom de neiging heeft de sliblaag van het talud af te drukken. Om dit gevaar te keren wordt in de dijken van deze bekkens een bronbemaling aangebracht. De bemaling zal in werking worden gesteld zodra het waterniveau in de bekkens daalt beneden de buitenwaterstand. Hierdoor ontstaat een stroming naar het hart van de dijk toe, waardoor het aflichten van de sliblaag voorkomen kan worden. Het opgepompte water kan afhankelijk van de kwaliteit in het bekken worden gebracht of naar het buitenwater worden afgevoerd.

Om per eenheid van oppervlakte een zo groot mogelijke watervoorraad op te kunnen slaan is bij de aanleg van de bekkens gestreefd naar een zo groot mogelijke diepte. Ten gevolge van de grote diepte kan evenwel laagvorming of, zoals men in vakkringen zegt, stratificatie van het water optreden. Het water wordt dan gescheiden in lagen van verschillende temperatuur, dichtheid, viscositeit en chemische en/of biologische eigenschappen. Een dergelijke stratificatie ontstaat in het algemeen tijdens windstille perioden in het voorjaar of de zomer. Het water aan de oppervlakte wordt dan gedurende enkele dagen sterk verwarmd door de zonnestraling, terwijl

door de afwezigheid van wind geen menging optreedt met het water op grotere diepte. Uiteindelijk resulteert dit in een watermassa waarin drie lagen duidelijk kunnen worden onderscheiden: een warme oppervlaktelaag, het epilimnion, een koude onderlaag, het hypolimnion dat nog maar in zeer beperkte mate komt tot uitwisseling met de bovenliggende lagen, en daartussen een laag met een sterk temperatuurverloop, de zogenaamde spronglaag.

Wanneer een dergelijke stabiele stratificatie ontstaan is, heeft de wind alleen nog maar invloed op de circulatie in het epilimnion, terwijl het hypolimnion nauwelijks meer in beweging wordt gebracht. Doordat het diepe water niet meer aan de oppervlakte komt, wordt er geen zuurstof meer aan toegevoerd. Veel dierlijke en plantaardige organismen zoals algen, die aan de oppervlakte gevormd worden en die vervolgens bezinken, sterven juist op deze grotere diepten af, waardoor een groot zuurstofverbruik optreedt; het kan zelfs komen tot reductie van bepaalde bestanddelen in het water en het bodemslib. Het water in dit anaërobe milieu is ongeschikt voor de drinkwaterbereiding.

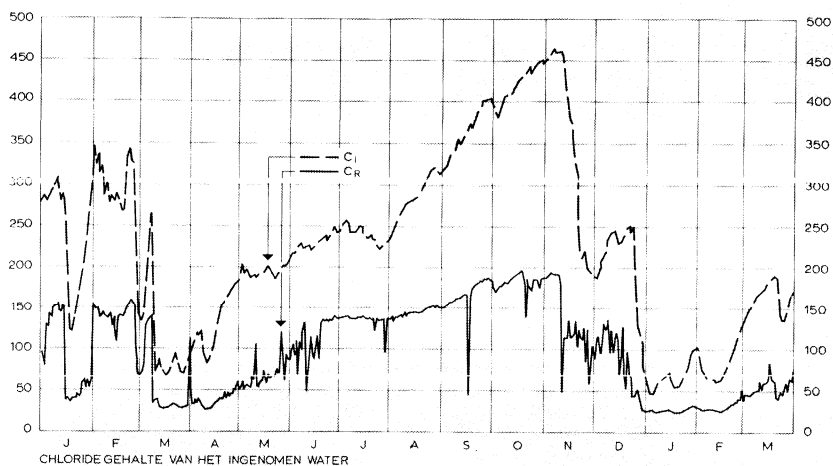
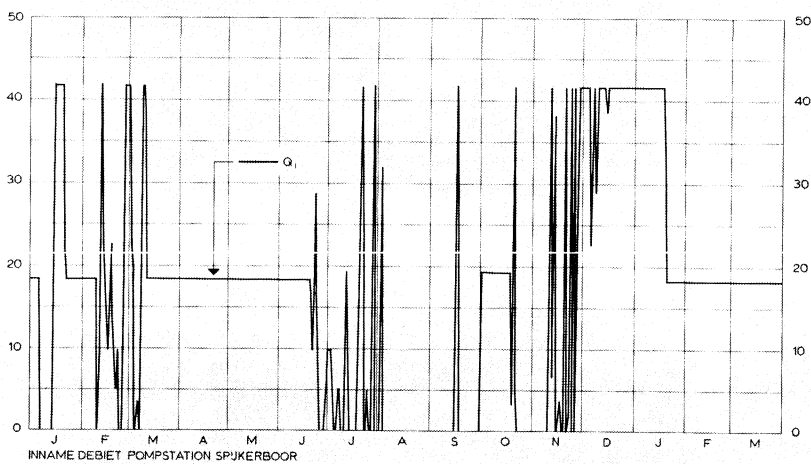
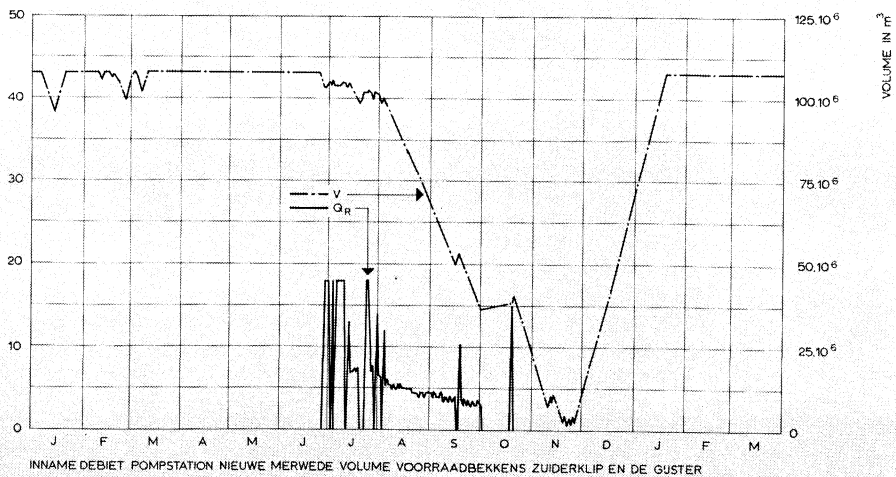
Het is derhalve noodzakelijk een volledige menging van het water in stand te houden gedurende het gehele jaar. Menginstallaties, in de vorm van luchtbellenschermen, zullen ervoor moeten zorgen dat het water goed gemengd blijft en dat voldoende zuurstoftransport tot op de bodem toe gewaarborgd is.

Bepaling van het leveringsvermogen

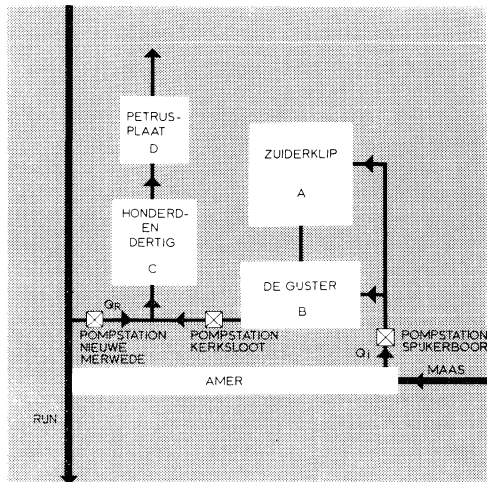
Het leveringsvermogen van de bekkens wordt bepaald door de beschikbaarheid van rivierwater en wel speciaal van Maaswater, en door de kwaliteitseisen die men aan het drinkwater stelt.

Kritisch met betrekking tot de beschikbaarheid van Maaswater zijn uiteraard de droge jaren, wanneer de grootste periode met de inhoud van de bekkens moet worden overbrugd. Aan de hand van de gemeten dagelijkse afvoeren van de Maas gedurende de laatste 60 jaar zijn enige kritische afvoerpatronen gezocht en is de kans van voorkomen ervan statistisch bepaald. Om een nauwkeurig beeld te krijgen zijn in deze afvoergegevens de reeds plaatsvindende en nog te verwachten onttrekkingen en suppleties bovenstrooms van de Biesbosch verwerkt. Voorts is ervan uitgegaan dat bij Maasafvoeren beneden de 25 m³/sec geen water voor de bekkens meer kan worden onttrokken. Bij afvoeren groter dan 25 m³/sec zal

Cl in mg/l

INNAMEDEBIET in m^3/sec INNAMEDEBIET in m^3/sec 

- 1 Capaciteitsberekening voor het ongunstige jaar 1947-1948
- 2 Schema van het zuiveringscircuit



2

de onttrekking steeds zodanig zijn dat er minstens $25 \text{ m}^3/\text{sec}$ resteert.

Van de eisen die aan het drinkwater moeten worden gesteld is er tot nu toe maar één die zich leent voor een mathematische bewerking, en wel het gehalte aan chloride-ionen. Dit gehalte kan eenvoudig gerelateerd worden aan de afvoer van de rivier. Gebleken is echter dat aan de overige criteria kan worden voldaan, indien aan het chloridegehalte een scherpe grens wordt gesteld. De produktie van zuiver drinkwater is afhankelijk van een groot aantal wisselende factoren. Allereerst van het feit dat zowel water uit de Maas als uit de Rijn in de bekkens ingenomen kan worden; een volgende onzekere factor is dat het chloridegehalte van deze rivieren sterk verschilt, maar dat ze elkaar via menging in de Amer nog kunnen beïnvloeden; verder

C_D = CHLORIDE GEHALTE RUN

C_1 = " " " " SPUKERBOOR

C_{A+B} = " " " " BEKKENS ZUIDERKLIP + DE GUSTER

C_C = " " " " BEKKEN HONDERD EN DERTIG

C_D = " " " " BEKKEN PETRUSPLAAT

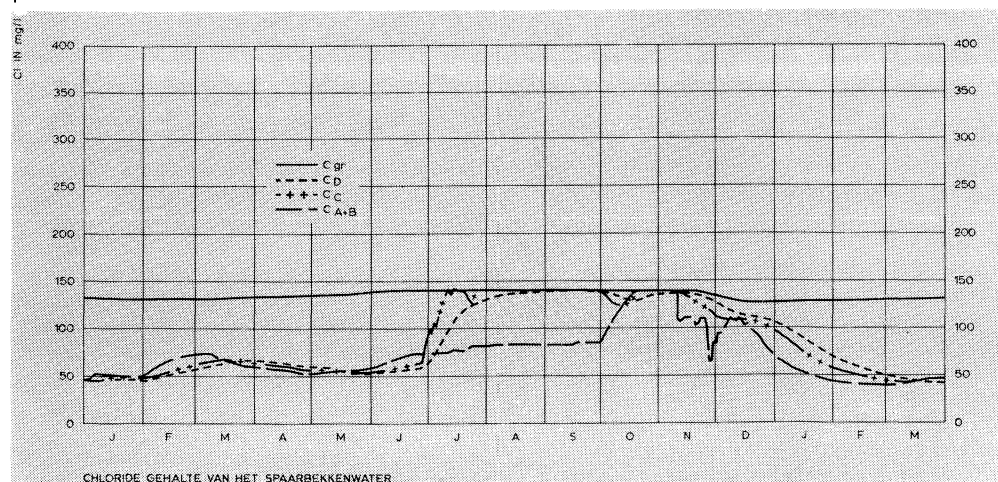
C_{gr} = MAX TOELAATBAAR CHLORIDE GEHALTE BEKKEN PETRUSPLAAT

Q_R = INNAME DEBIET POMPSTATION NIEUWE MERWEDE (MAX. $18 \text{ m}^3/\text{sec}$)

Q_1 = " " " " SPUKERBOOR (MAX. $42 \text{ m}^3/\text{sec}$)

V = VOLUME BEKKENS ZUIDERKLIP + DE GUSTER

1



moet er rekening mee gehouden worden dat in het zuiveringsproces een toename van het chloridegehalte plaatsvindt ten gevolge van een chloordosering voor desinfectie en afbraak van resterend organisch materiaal en ammoniak, waarbij de temperatuur van het spaarbekkenwater ook nog een rol speelt. De berekening van het leveringsvermogen is derhalve zeer gecompliceerd, vanwege de veelheid der bepalende factoren wordt dit rekenwerk uitgevoerd op een computer. Een veilig leveringsvermogen van 500 000 m³ per jaar kon worden berekend op grond van de gegevens over het droge jaar 1947. Dit is een verdubbeling van wat men in eerste instantie met het spaarbekkenplan, zoals dat in de Commissie Drinkwatervoorziening Rotterdam in 1965 was vastgesteld, gedacht had te kunnen bereiken. De inhoud van de spaarbekkens is bij de herziening nauwelijks toegenomen en er is ook geen afbreuk gedaan aan de kwaliteitseisen. Voorwaarde is wel dat het ingenomen water direct gemengd wordt met de aanwezige inhoud, waardoor een egalisering van de kwaliteit van het ingenomen water bereikt wordt.

Uitvoering

In december 1969 is een aanvang gemaakt met de aanleg van de bekkens Honderd en Dertig en Petrusplaat met bijbehorende pompstations, loskaden, verbindingsskokers en zuiveringswerken. In 1973 moet dit deel van het werk gereedkomen, waarna met de waterlevering begonnen kan worden. Bij de aanleg van de ringdijken wordt globaal de volgende werkwijze gevolgd. Ter plaatse van de ringdijken wordt de aanwezige klei tot op de zandlaag ontgraven. De vrijkomende specie wordt deels gebruikt als perskade aan de binnenzijde van het toekomstige dijkprofiel, deels buitendijks in depot gebracht. Tussen perskade en bestaande bandijk wordt zand geperst tot N.A.P. + 5 m. Een deel van het opgespoten zand wordt vervolgens in den droge onder profiel gebracht tot de uiteindelijke hoogte bereikt wordt. Op het buitentalud van de dijk wordt in depot opgeslagen klei aangebracht. Op het binnenbeloop van de ringdijken wordt vervolgens een asfaltbekleding aangebracht. Deze werkzaamheden moeten uitgevoerd worden terwijl in de bekkens de zandwinning in volle gang is en het buitenwater in de polders staat. Om deze werken, die in den droge uitgevoerd moeten worden, mogelijk te maken, wordt op een afstand van 55 meter uit de perskade een tweede kade gelegd. Tussen deze hulpkade

en de ringdijk kunnen dan de asfaltbekledingen worden aangebracht. Steeds wanneer de asfaltbekleding over een bepaalde lengte gereedgekomen is, wordt een dwarsdam tussen ringdijk en hulpkade aangebracht en de tijdelijke kade over deze afstand verwijderd. Hierna kan begonnen worden met het cutteren van het onderwatertalud, waarbij er voor gezorgd wordt dat de specie die bij het laden over de bakken stroomt op het onderwatertalud terecht komt, zodat de gewenste sliblaag ontstaat.

Het zand voor de ringdijken van beide bekkens komt van de zandwinning in de Honderd en Dertig. Het zand uit deze polder is namelijk van betere kwaliteit dan het zand uit de Petrusplaat. Voor het zandtransport naar de Petrusplaat is daartoe, naast de zinkersleuf door het Gat van Van Kampen en het Gat van Honderd en Dertig, een steiger gebouwd waarop twee persleidingen zijn aangebracht. In deze leiding zijn twee zinkers aangebracht om de scheepvaart in de geulen niet te belemmeren.

Behalve de hoeveelheden zand die verplaatst moeten worden ten behoeve van de aanleg van de ringdijken moet er nog een hoeveelheid van 23 miljoen m³ afgevoerd worden. Dit zand wordt gebruikt voor het bouwrijp maken van een industrieterrein in de gemeente Moerdijk. Om dit grote transport mogelijk te maken zijn verschillende vaargeulen in de Biesbosch aanzienlijk verbreed en verdiept.

De bouw van de overige bekkens en het pompstation Spijkerboor zal aangepast worden aan de afzet van het bedrijf. Het bekken De Gijster moet worden uitgevoerd in de periode 1973–1976, het bekken Zuiderklip omstreeks de jaren 1978–1982.

Naast de werken in de Biesbosch zelf is ook een begin gemaakt met de aanleg van de watertransportleidingen naar Rotterdam. Uiteindelijk zal dit transport plaatsvinden door drie leidingen: twee met een inwendige diameter van 1,4 m naar het productiebedrijf Kralingen en één met een diameter van 1,8 m naar het bedrijf op de Berenplaat. In eerste instantie zullen slechts twee leidingen aangelegd worden, namelijk één naar Kralingen en één naar de Berenplaat. Op een later tijdstip zal dan de tweede leiding naar Kralingen uitgevoerd worden. Van de grote zinkers in het leidingtracé is de zinker door de Nieuwe Merwede reeds aangebracht.

Bijdrage verzorgd door de Drinkwaterleiding der gemeente Rotterdam.

In ons sterk geïndustrialiseerde en dichtbevolkte land is de behoefte aan water thans zo groot dat de overheid behalve bij de beïnvloeding van de hydrologische kringloop ook een taak op zich moet nemen ten aanzien van de evenwichtige afweging van waterbehoefte in termen van kwaliteit zowel als van kwantiteit. Bij het milieu-onderzoek in het Deltagebied worden kwaliteit en kwantiteit van het water steeds in nauwe samenhang met elkaar onderzocht.

Hoe meer ons oppervlaktewater echter verontreinigd wordt, hoe meer de aandacht valt op de kwalitatieve aspecten.

Waterkwaliteit

Het begrip waterkwaliteit is eigenlijk te subjectief om in de praktijk te kunnen worden gebruikt voor de beoordeling van water, tenzij er meteen bij gezegd wordt welke bestemming van het water men op het oog heeft, en tenzij men de term door middel van normen of richtlijnen nader vastlegt.

Naast richtlijnen die afhankelijk zijn van de beoogde bestemming kunnen dan ook nog een aantal algemene normen voor 'gezond' oppervlaktewater worden vastgesteld. De memorie van toelichting bij de Wet inzake de verontreiniging van oppervlaktewateren zegt in dit verband: water moet geschikt zijn als grondstof voor de bereiding van drinkwater dat tegen redelijke kosten kan worden gedistribueerd; water moet als zodanig bruikbaar zijn voor industriële doeleinden; water moet geschikt zijn als grondstof voor de be-

reiding van industriewater waaraan niet zulke strenge eisen worden gesteld als aan leidingwater; het moet als zodanig geschikt zijn als drinkwater voor vee en als begietingswater voor land- en tuinbouw, zodanig van aanzien en samenstelling zijn dat recreatie erop mogelijk is zonder gevaar voor de volksgezondheid, en er moet een behoorlijke visstand in mogelijk zijn.

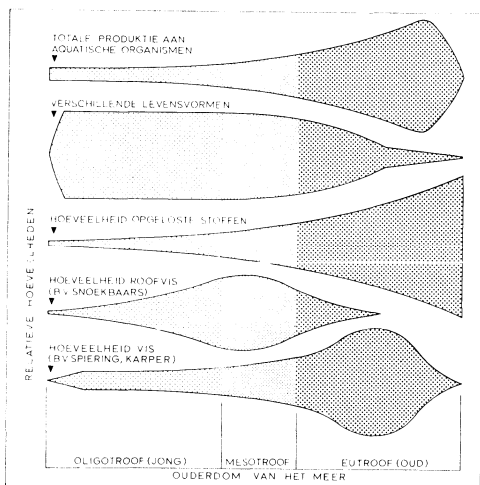
Deze normen zijn wel zeer algemeen, en de invloed van een specifieke verontreiniging op de opgesomde bestemmingen – drinkwatervoorziening, industriële watervoorziening, agrarische watervoorziening, recreatie en visserij – kan dan ook zeer uiteenlopen. De hierna volgende tabel geeft, bij wijze van voorbeeld, een verdeling van de bijzondere gevoeligheden.

In een inleidend artikel over milieu-onderzoek

Kwaliteitsindicator	Bijzondere gevoeligheid				
	Drinkwatervoorziening	Industriële watervoorziening	Agrarische watervoorziening	Recreatie	Visserij
Voedingsstoffen	X	X		X	X
Zuurstofgebrek					X
Opgeloste stoffen (Cl-)	X	X	X		
Temperatuur		X		X	X
Troebelheid	X	X		X	X
Reuk/Smaak	X			X	X
Radioactieve stoffen	X	X	X	X	X
Toxische stoffen (pesticiden, zware metalen)	X	X	X	X	X
Bacteriën	X			X	

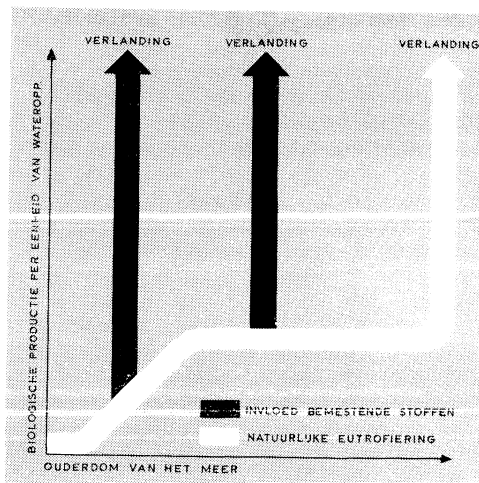
in het Deltagebied in het vorige Bericht werd reeds melding gemaakt van een der grootste gevaren die ons zoete water bedreigt: de eutrofiëring, een zodanige verrijking van het water met minerale voedingsstoffen, dat er een sterke vermeerdering in optreedt van plantaardige en dierlijke organismen, gepaard gaande met een vermindering van de soortenrijkdom.

Het natuurlijke eutrofiëringsproces kan duizenden jaren voortduren voordat als gevolg van bezinking der afgestorven organismen de bodem zover is opgeslibd dat uiteindelijk verlanding optreedt. Onder invloed van menselijke activiteiten kan de eutrofiëring zowel versneld als vertraagd worden; in het algemeen treedt een versnelling op, waarbij het tempo van de versnelling grotendeels bepaald wordt door de economische ontwikke-



1

ling. Bij een eenvoudige agrarische economie wordt de belasting aan minerale voedingsstoffen hoofdzakelijk veroorzaakt door uitspoeling van natuurlijke meststoffen. Treedt daarentegen een zekere urbanisatie op, dan wordt het grootste deel van deze voedingsstoffen via een centraal rioleringsstelsel aan de normale kringloop op het land onttrokken en aan die in het water toegevoegd. Het daardoor ontstane tekort aan meststoffen wordt dan weer door de toepassing van kunstmest aangevuld. Door de explosieve bevolkingsgroei, de industrialisatie en de toepassing van synthetische wasmiddelen, waarin onder meer polyfosfaten voorkomen, is thans een derde fase ingetreden: enorme hoeveelheden minerale voedingsstoffen worden nu op kunstmatige wijze door lozing aan de kringloop toegevoegd. De beschreven ont-



2

1 Indicatoren van het eutrofiëringsproces in een meer

2 Invloed van bemestende stoffen op het eutrofiëringsproces

wikkeling verklaart tevens waarom het gevaar van kunstmatig versnelde eutrofiëring pas in een zo laat stadium onderkend is. Reeds enkele jaren vormt dit probleem met betrekking tot het Deltagebied onderwerp van studie.

De gevolgen van de eutrofiëring, die zich voornamelijk in langzaam stromende of stilstaande wateren voordoen, zullen zich zeker aandienen in het zuidelijk Deltagebied, waar een aantal kunstmatige meren wordt gevormd, en wellicht in andere mate in het Haringvliet, waar het regime het midden gaat houden tussen een rivier en een meer.

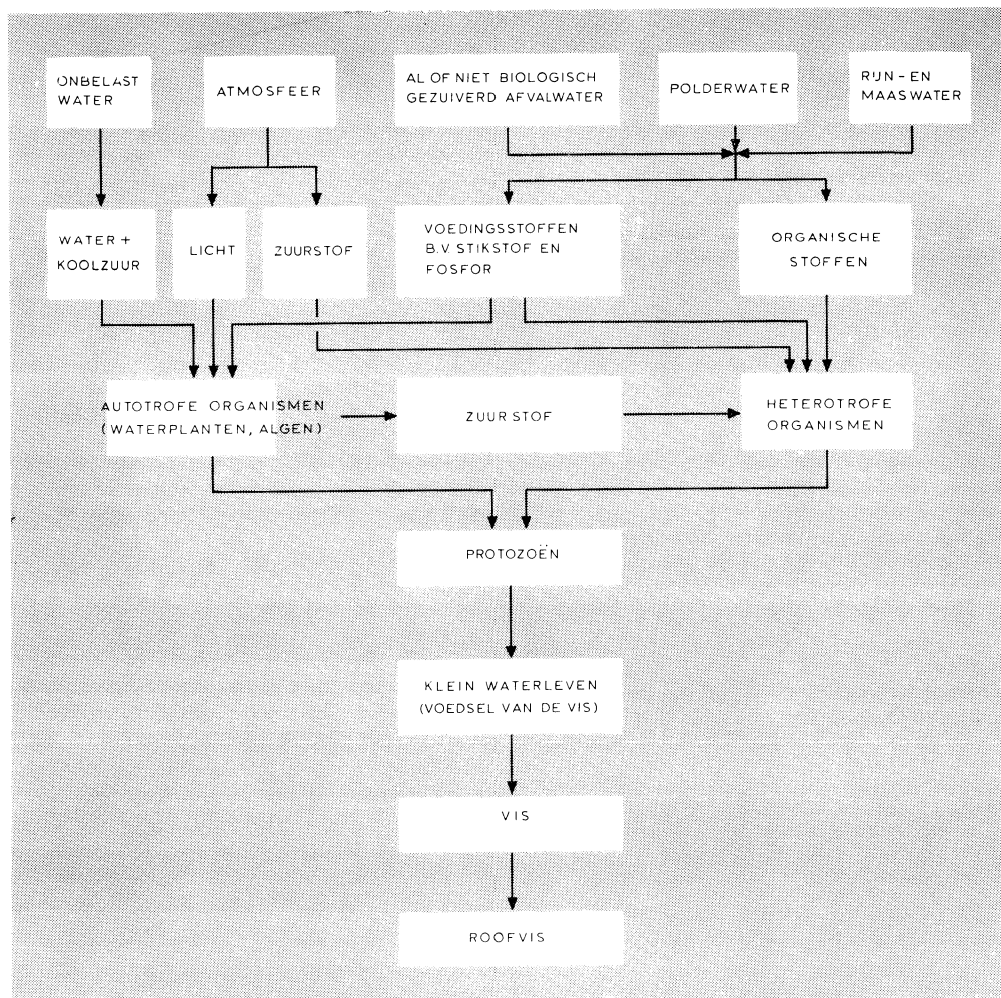
De voedingsstoffen kunnen in beginsel op vier manieren in de Deltawateren worden gebracht, en wel via grond- en regenwater, beide diffuse bronnen, of via oppervlaktewater. In dit laatste geval kan gedacht wor-

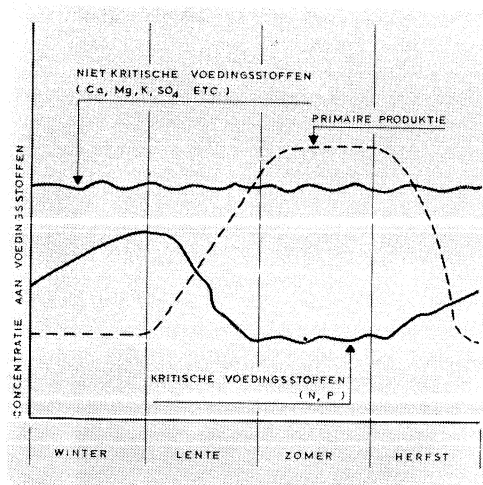
Schematisch overzicht van
aquatisch leven in een Delta-
meer

den aan lokaal uitgeslagen of afstromend water, dat is beïnvloed door de uitspoeling van landbouwgronden – al naar het geval een puntbron dan wel een diffuse bron – aan de aanvoer van Rijn- en Maaswater, en aan de lozing van al of niet biologisch gezuiverd afvalwater; de beide laatstgenoemde zijn altijd puntbronnen.

In vergelijking met de aanvoer van minerale voedingsstoffen door het oppervlaktewater valt die via neerslag en grondwater te verwaarlozen. De gelukkige omstandigheid doet zich dus voor, dat de belangrijkste bronnen van voedingsstoffen puntbronnen zijn, die veel effectiever bestreden kunnen worden dan diffuse bronnen.

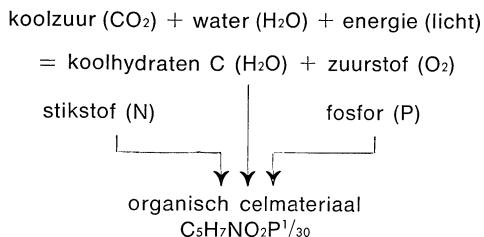
Het verband tussen bronnen, voedingsstoffen en de groei van autotrofe organismen als algen en waterplanten kan worden verduide-





Verband tussen kritieke voedingsstoffen en de productie van organisch celmateriaal

lijkt aan de hand van een geschematiseerd biologisch-procesverloop, zoals dat bij voorbeeld in de Deltawateren optreedt. Uit dit overzicht blijkt dat de groei van plant-aardige autotrofe aquatische organismen direct afhankelijk is van de lichtintensiteit, van koolzuur en van de beschikbare voedingsstoffen. Met name de macrovoedingsstoffen zuurstof (O), koolstof (C), waterstof (H), maar ook stikstof (N), kalium (K), natrium (Na), calcium (Ca), zwavel (S), magnesium (Mg) en fosfor (P) zijn onontbeerlijk voor de cel-opbouw, terwijl daarnaast ook de aanwezigheid van een aantal microvoedingsstoffen, onder meer ijzer, koper en mangaan, is vereist. Van de macrovoedingsstoffen vormen stikstof en fosfor de zogenaamde kritische, want groeibepalende voedingsstoffen, aangezien de overige genoemde stoffen ook onder natuurlijke omstandigheden reeds in overmaat aanwezig zijn. Bij de bestrijding van eutrofiëring is het dus zinvol om juist één van deze kritische voedingsstoffen zoveel mogelijk te beperken. In het algemeen gaat de voorkeur uit naar de fosfaatbeperking. Voor de elementen C, O, H, N en P ziet een schematisch overzicht van de celopbouw van de alg er als volgt uit:



De opbouw van een algcel – de zogeheten *primaire produktie* – vindt plaats door middel van fotosynthese; het proces speelt zich dan ook per definitie af in de lichtdoorlatende bovenste waterlaag. Vermindering van de lichtintensiteit gaat gepaard met afremming van de fotosynthese. Bij afwezigheid van licht gaat de alg meer zuurstof verbruiken dan produceren; dat leidt tot het optreden van lagere zuurstofgehalten in water gedurende de nachtelijke uren.

Na een paar uren, dagen of weken geleefd te hebben sterft een alg af en zinkt naar de bodem. Tijdens het afsterven komt het fosfaat, voor zover het niet als organisch gebonden fosfaat bezinkt, onmiddellijk vrij. Het wordt door ander fytoplankton opgenomen of blijft opgelost in het water aanwezig, wanneer door uitwendige oorzaken de planktongroei afgeremd wordt. Bij massaal afsterven van het fytoplankton komen grote hoeveelheden organische afbraakprodukten vrij, die ook weer grote hoeveelheden zuurstof nodig hebben voor hun mineralisatie. Het gevolg is, dat een zuurstofarm of zelfs zuurstofloos milieu kan ontstaan.

Door het afsterven van organismen en het bezinken van gebonden fosfaten treedt geleidelijk een fosfaataccumulatie in de bodem op, waarvan onder bepaalde omstandigheden weer een deel kan vrijkomen. Gaat deze accumulatie enige jaren door, dan kan alleen al deze interne belasting voldoende zijn om een uitbundige algengroei in te leiden. Een dergelijke situatie wordt vermoedelijk thans aangetroffen in de randmeren van de IJssel-meerpolders. Defosfatering van de externe belastingsbronnen geeft in een dergelijke situatie op korte termijn geen verbetering,

zodat het eutrofiëringsproces ondanks de geringe aanvoer van fosfaten een aanzienlijke invloed op de hoedanigheid van het water blijft uitoefenen. Deze invloed kan zich op velerlei wijzen manifesteren. Algen kunnen onder meer een zeer onaangename reuk en smaak aan het water meegeven. Ook leidt eutrofiëring ertoe dat het water kleur aanneemt en minder doorzichtig wordt. Bovendien zullen bij een overmatige algengroei binnen het tijdsbestek van één etmaal grote schommelingen in het zuurstofgehalte kunnen optreden, hetgeen de biologische gesteldheid van het water in ongunstige zin kan beïnvloeden. Tijdens het afstervingsproces van de algen, waarbij aanzienlijke hoeveelheden organisch materiaal vrijkomen, kan het zuurstofgehalte vooral in de diepere lagen sterk dalen, zodat zelfs vissterfte optreedt, namelijk wanneer het zuurstofgehalte daalt beneden 3 mg/l. Is er sprake van zuurstofloosheid of anaërobie, dan zal het mineralisatieproces zich in een gereduceerd milieu afspelen, wat gepaard kan gaan met stank en rotting.

Het zal na deze algemene beschrijving van het eutrofiëringsproces duidelijk zijn dat kunstmatig versnelde eutrofiëring met het oog op een optimaal gebruik van het oppervlaktewater voor verschillende doeleinden zoveel mogelijk dient te worden voorkomen. Bij de bestrijding en bestudering van dit verschijnsel kan nuttig gebruik worden gemaakt van de ervaringen met natuurlijke, en kunstmatige meren en spaarbekkens in binnen- en buitenland, hoewel het een feit blijft dat de verhoudingen elders soms geheel anders liggen wat betreft de factoren die het proces direct of indirect beïnvloeden. Met name de fysisch-chemische gesteldheid van het water alsmede de schaal waarop en het klimaat waarin de eutrofiëring in de Deltawateren optreedt, maken het noodzakelijk dat in sommige opzichten voor de bestrijding van het eutrofiëringsproces in onze Delta eigen wegen worden gezocht. Het tempo van de processen is hier veel gematigder dan in warme en zonnige gebieden, terwijl de relatief grote diepte van de Deltawateren in vergelijking met andere meren in Nederland een gunstige factor vormt bij het voorkomen van eutrofiëring.

Ter bestrijding van het eutrofiëringsproces komen verschillende methoden in aanmerking. Allereerst mechanische methoden, waarbij de algen op mechanische wijze uit het water worden verwijderd. Dan zijn er fysische methoden: met samengeperste lucht kan destratificatie tot stand gebracht worden, een

middel waarmee de algengroei in diepe bekens en meren aanzienlijk beperkt kan worden. Er zijn voorts chemische methoden, bestaande in toevoeging aan het water van chemicaliën die een toxische invloed uitoefenen op de algen. Men kan ook biologische methoden gebruiken, door bijvoorbeeld organismen aan het water toe te voegen die de celinhoud van algen voor hun stofwisseling gebruiken. Er is tenslotte ook een ecologische methode van bestrijding mogelijk; men beperkt dan één of meer factoren die de groeisnelheid van de algen bepalen.

Daar de resultaten van onderzoekingen elders niet rechtstreeks overgebracht kunnen worden in het Deltagebied, moet met behulp van de beschikbare ervaringen worden onderzocht of en in welke mate eutrofiëringsverschijnselen in de toekomstige Deltameren zijn te verwachten en welke hier de meest doelmatige bestrijdingsmethoden zijn. Vooral de ecologische methode lijkt gunstige perspectieven te bieden voor toepassing op grote schaal in het Deltagebied. Deze methode is gericht op fosfaatverwijdering door toevoeging van chemicaliën – aluminiumzouten, ijzerzouten of kalkverbindingen – aan het in te laten water. Gedurende het jaar 1971 zal aan het in het Brielse Meer in te laten water een oplossing van ijzerzouten worden toegevoegd. Het effect van deze maatregel zal nauwkeurig worden nagegaan, en te zijner tijd in deze Berichten worden besproken.

A. De werken van het Deltaplan

Als belangrijkste criterium voor de keuze van de afsluitmethode voor de zuidelijke geul van het Brouwershavense Gat heeft steeds gegolden de geringe stabiliteitsreserve van de Schouwense oever. Onder meer om het risico van zettingsvloeiingen in dit gebied tot het uiterste te beperken, werd besloten tot geleidelijke sluiting van deze geul, waarbij de ontgrondingen van het oeverprofiel zo klein mogelijk kunnen worden gehouden. Het was daarbij van groot belang zoveel mogelijk inzicht in het grondmechanische gedrag van de oever, van de randen langs de bodembescherming en van ontgrondingskuilen te verkrijgen.

Men kan de grondmechanische problemen in drie groepen indelen: grondwaterstromingsproblemen, zettingsproblemen en stabiliteitsproblemen.

Als zuivere grondwaterstromingsproblemen worden alleen kwel- of lekkageproblemen bij dijken en stuwdammen aangemerkt. Het gaat er bij deze problemen om, een filterlaag te ontwerpen van geschikte samenstelling en die zo te plaatsen dat de kwel of lekkage door de damconstructie er effectief door wordt tegengegaan. De dichting van de blokkendam in het zuidelijk sluitgat kan beschouwd worden als zo'n probleem. De samenstelling van het filter van de blokkendam is van bijzondere aard, omdat relatief fijne materialen tussen een reeds aanwezige grove stapeling van blokken aangebracht moeten worden, terwijl bij normale filters vooraf beter gesorteerde materialen worden samengevoegd voordat het filter als onderdeel van de dam wordt aangebracht. De best mogelijke samenstelling en de procedure van aanbrengen van het filtermateriaal in de blokkendam zijn in het Waterloopkundig Laboratorium onderzocht. De invloed van de plaats van het dichtingsmateriaal op de stabiliteit van de blokkendam is een grondmechanisch probleem dat de aandacht vraagt.

De tweede groep grondmechanische problemen is die der zakkings en verzakkingen, in de grondmechanica vaak aangeduid als zettingen en zettingsverschillen. Bij het bepalen van de hoogte der dammen dient men rekening te houden met zettingen zowel van de bodem als in de dammen zelf. Bij de dam door het Brouwershavense Gat kunnen de zettingen oplopen tot één meter, en wel in het diepste punt van de zuidelijke geul.

Grondmechanische aspecten van de afsluiting van het Brouwershavense Gat

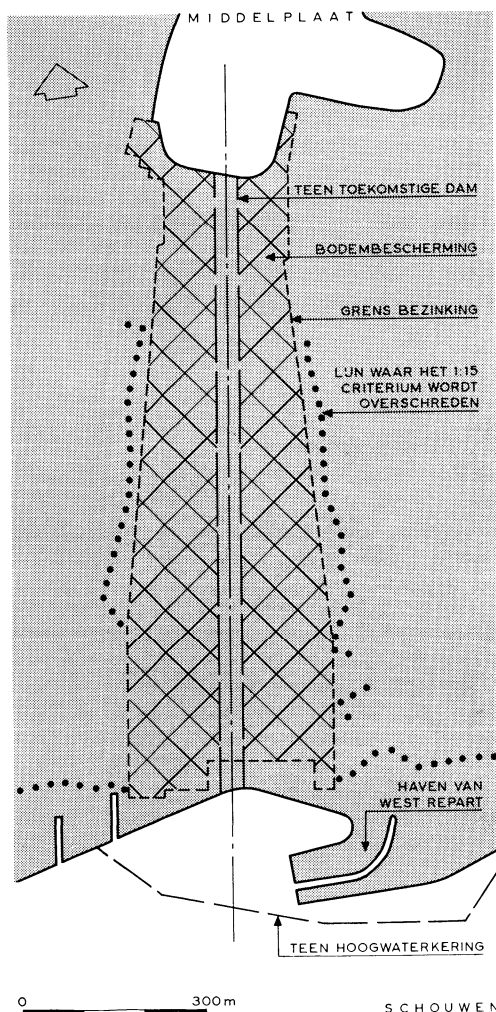
Verwacht wordt dat de zettingen van de ondergrond en de inklinking der dammen vrijwel geheel tijdens de constructie van de dam bereikt zullen worden. De resterende zettingen die na voltooiing der constructie nog tot omstreeks het jaar 2000 verwacht kunnen worden, moeten als overhoogte vooraf worden aangebracht om aan de door de Deltawet gestelde eisen te voldoen.

Het probleem der zettingsverschillen of verzakkingen speelde een rol bij de fundering van de kabelbaansteunpunten en bij de fundering van de blokkenopslagplaats op de Schouwense oever. Gelijkmatische zettingen van de palen of putten in de fundering der steunpunten en van de blokken in de opslag leveren geen grote moeilijkheden op. Zettingsverschillen zijn echter ontoelaatbaar, omdat die ertoe kunnen leiden dat de kabelbaansteunpunten scheef komen te staan of dat de blokkenstapeling haar regelmatige vorm verliest, hetgeen de gemechaniseerde verwerking zou belemmeren en daardoor de voortgang van het werk zou schaden. Bij de kabelbaansteunpunten worden zowel zettingen als zettingsverschillen tegengegaan door de putten op een zo diep mogelijk gelegen harde zandlaag te funderen. Bij de blokkenopslag werden alleen de zettingsverschillen tegengegaan door het opspuiten van een laag zand of door grondverbetering; doel was in beide gevallen het bereiken van een betere belastingspreiding. Zettingsverschillen in de fundering zelf, die kunnen optreden door stabiliteitsverlies langs de randen van de blokkenopslag, trachtte men te voorkomen door de bovenste zandlaag met cement te verstevigen.

Onder de derde groep van grondmechanische problemen, de stabiliteitsproblemen, zijn o.a. begrepen de zettingsvloeiingen die in de oevers en in de afsluitdammen kunnen optreden.

Met de zettingsvloeiingsproblematiek wordt men in het buitenland vooral geconfronteerd in aardbevingsgebieden. Men vermijdt daar angstvallig de bouw van constructies met opgespoten zand waarin zettingsvloeiingsgevaar aanwezig is, met name sinds de jaren vijftig, toen enkele zettingsvloeiingen zijn opgetreden in stuwdammen die gedeeltelijk met opgespoten zand waren opgebouwd. Bij de afsluitingswerken en bij de bouw van dijken in Zeeland is het echter niet mogelijk de constructies zo in te richten dat het gevaar voor zettingsvloeiingen geheel wordt vermeden. Dit gevaar is bij de afslui-

Overschrijding van het 1 : 15-criterium langs de bodembescherming van het zuidelijk sluisgat en langs de Schouwense oever



tingswerken slechts van tijdelijke aard; bij de dijkconstructies echter is het permanent aanwezig, zoals de vele oevervallen in de laatste eeuwen hebben uitgewezen. Tenslotte kunnen ook de vraagstukken van plaatselijke stabiliteit van belang zijn. Bij de afsluitingswerken kan lokaal stabiliteitsverlies optreden ter plaatse van de steile gedeelten der oevers, langs de ontgrondingskuilen, ter plaatse van de blokkendam en van de caissons. Plaatselijke stabiliteitsproblemen zijn vooral belangrijk als zij zettingsvloeiingen kunnen inleiden.

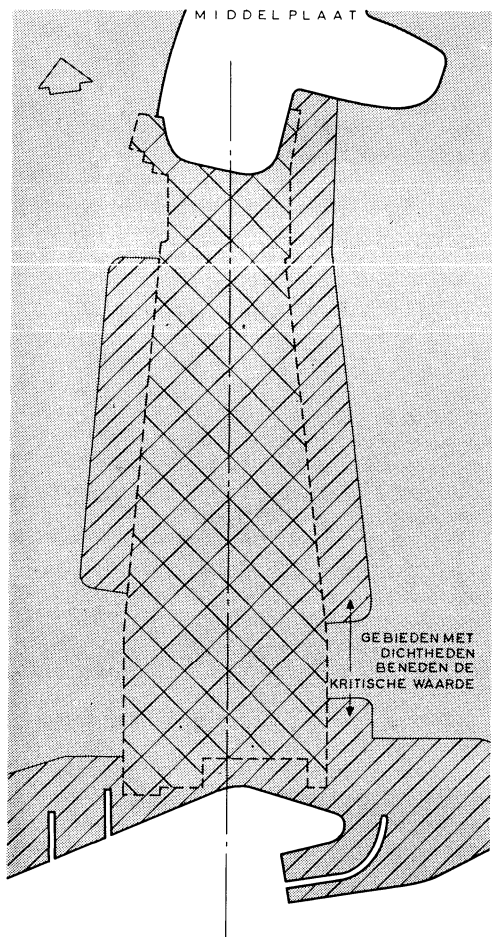
De grondmechanische inzichten in de aard van zettingsvloeiingen en onze kennis van de grenzen waarbinnen zettingsvloeiingen kunnen optreden, zijn tot op heden slechts gebaseerd op ondervinding. Drie van deze inzichten verdienen nadere toelichting. Het eerste van deze inzichten is beschreven in Bericht nr. 43 (februari 1968). Daar wordt aan de hand van een inventarisatie van opgemeten hellingen na het optreden van oevervallen langs de Noordbevelandse oever in de Oosterschelde geconcludeerd dat een hoogwaterkering in dat gebied een zeer grote mate van zekerheid heeft tegen aantasting door een zettingsvloeiing, als de teen van die hoogwaterkering ligt onder de lijn met een helling van 1 : 15, getrokken als raaklijn aan het geultalud in de richting van de hoogwaterkering. Hierbij dient rekening gehouden te worden met het bergend vermogen van de geul, ofwel met de verondieping van de geul na het optreden van de zettingsvloeiing. Voorts worden de hoogwaterkeringen die deze veiligheid niet bezitten toch veilig geacht als plaatselijke hellingen steiler dan 1 : 5

door bestortingen tegen verdere uitschuringen worden beschermd.

Een tweede inzicht is eerder uitvoerig beschreven in Bericht nr. 41 (augustus 1967). Daar wordt uiteengezet hoe het gevaar voor zettingsvloeiing kan worden gekoppeld aan de grootte van het poriënvolume of de mate van dichtheid van de bodem. Zettingsvloeiingen worden geacht op te kunnen treden indien het in het terrein gemeten poriënvolume van de bodem groter is dan een in het laboratorium vastgestelde kritieke waarde. Het zettingsvloeiingsgevaar kan worden geëlimineerd door het poriënvolume te verkleinen, hetgeen bereikt kan worden door de grond langs mechanische weg in trilling te brengen. Een en ander is beschreven in Bericht nr. 50 (november 1969); voor toepassing op zo grote schaal als in de sluitgaten vereist zou zijn is

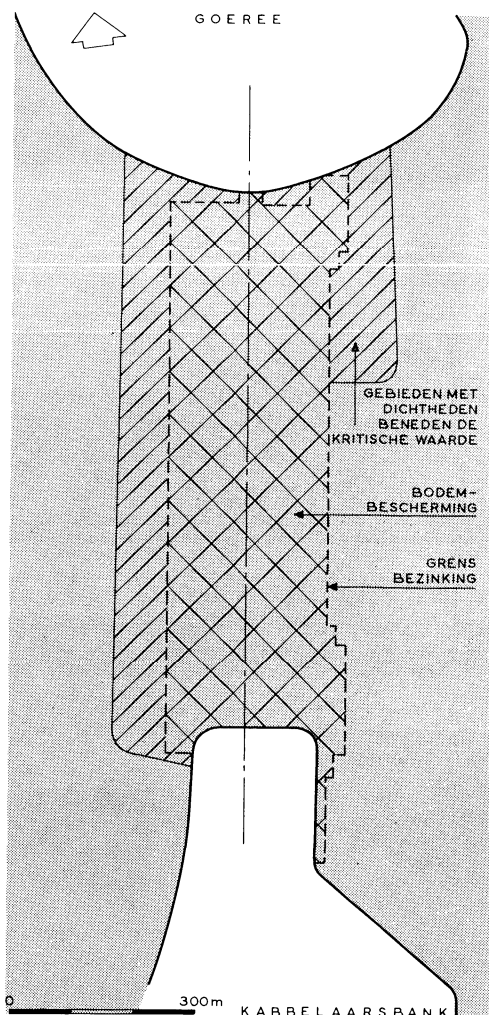
Gebieden met dichtheden beneden de kritieke waarde in het zuidelijk sluitgat

Gebieden met dichtheden beneden de kritieke waarde in het noordelijk sluitgat



0 300m

SCHOUWEN



0 300m

KABELLAARS BANK

deze methode echter nog niet geschikt. Het derde inzicht is in deze Berichten nog niet beschreven. Dit inzicht koppelt het zettingsvloeiingsgevaar direct aan het gevaar voor het optreden van een plaatselijk stabiliteitsverlies, en gaat ervan uit dat een zettingsvloeiing in vele gevallen zal optreden wanneer ze wordt ingeleid door een plaatselijk in het talud optredend stabiliteitsverlies. Naast eerder genoemd hellingscriterium van 1 : 15 kan dan tevens in beschouwing genomen worden een hellingscriterium voor plaatselijk stabiliteitsverlies van 1 : 5 of minder. Dit laatste hellingscriterium voor een begin van beweging kan veel beter op berekeningen gebaseerd worden dan het criterium voor de helling na het optreden van een zettingsvloeiing. Bij de afsluiting van het Brouwershavense Gat is er naar gestreefd om de ontgrondingen nabij de Schouwense oever zo klein mogelijk te houden door de hydraulische aanval op de oever zoveel mogelijk te beperken. De lengte van de bodembescherming is eveneens op hydraulische en ontgrondingsoverwegingen vastgesteld. De vraag is nu in hoeverre deze constructie veilig is tegen het optreden van zettingsvloeiingen, uitgaande van de genoemde inzichten, en, zo niet, of tijdens de sluiting maatregelen genomen kunnen worden.

Past men het 1 : 15-hellingscriterium toe op de Schouwense oever, dan blijkt er in de omgeving van het sluitgat niet overal aan voldaan te worden. Past men het toe op de afsluitdammen, aannemende dat de helling genomen wordt vanuit de teen van de sluitkade, dan blijkt het bodemprofiel na het optreden van de maximaal verwachte ontgroning ook in het zuidelijk sluitgat niet overal aan het criterium 1 : 15 te voldoen; alleen in het noordelijk sluitgat is dat wel het geval. Op vele plaatsen is het poriënvolume bovendien groter dan het kritieke poriënvolume, zowel langs de Schouwense oever als langs de randen der bodembeschermingen. Voor gebieden waar volgens beide criteria onvoldoende grondmechanische veiligheid heerst, kan gesteld worden dat de veiligheid tegen het optreden van zettingsvloeiingen bij plaatselijk stabiliteitsverlies te klein is. Doordat echter een blokkendam wordt opgebouwd, kan bij eventueel stabiliteitsverlies extra storting van blokken op dat punt plaatsvinden. Hierdoor kon wat meer risico genomen worden.

Het verschijnsel van lokaal of inleidend stabiliteitsverlies biedt meer mogelijkheden voor een kwantitatieve benadering dan de zettingsvloeiingsproblematiek, en daarmee

meer mogelijkheden voor het toepassen van grondmechanische verbeteringen.

De twee belangrijkste factoren die de lokale stabiliteit bepalen, zijn de wrijvings eigenschappen van het korrelskelet van de grond en de waterspanningen in de grond.

De wrijvings eigenschappen van het korrelskelet van klei, van losgepakt en van dichtgepakt zand lopen weinig uiteen. Zolang zand met een slechte dichtheid niet in beweging is, worden de wrijvings eigenschappen ervan weinig minder geacht dan die van zand met goede dichtheid. Taluds van losgepakt zand kunnen onder een helling van 1 : 2 blijven staan zolang geen wateroverspanning of een ongunstige krachtenverdeling nabij het talud ontstaat. Veel minder steil kunnen taluds blijven staan wanneer er wateroverspanningen in het talud aanwezig zijn of wanneer de wrijvings eigenschappen bij voorbeeld ten gevolge van het uittreden van grondwater verslechteren, zoals vaak gebeurt bij afschuivingen in losgepakt zand. Is de stabiliteit ten gevolge van een der genoemde ongunstige factoren in gevaar, dan komen twee maatregelen ter verbetering in aanmerking: vermindering der wateroverspanningen en/of verbetering der wrijvings eigenschappen. Dergelijke maatregelen kunnen echter bij het Brouwershavense Gat niet worden toegepast. Slechts kan door het aanbrengen van een bovenbelasting van steen of zinkstukken worden getracht te beletten dat de grond in beweging komt.

Om het optreden van plaatselijk stabiliteitsverlies in de aangegeven gebieden te voorkomen en daarmee een eventuele voortzetting ervan in een zettingsvloeiing, is tijdens de sluiting een taludbewaking ingesteld. Daartoe wordt langs de randen van de bodembeschermingen en langs de Schouwense oever intensiever dan normaal gepeild. Hellingen die steiler zijn dan 1 : 15 worden op de peilkaarten ingekleurd, en speciaal in de gebieden waar ook de dichtheden kritiek zijn, extra bewaakt. Zodra een helling steiler komt te staan dan 1 : 4 wordt aan de hand van de plaatselijke omstandigheden een nog stabiele evenwichtshelling vastgesteld. Wordt deze overschreden, dan wordt, afhankelijk van de dan nog aanwezige mogelijkheid tot grondberging, van de ontwikkeling van het talud gedurende de sluiting en van de stand van het werk, besloten of en waar een bestorting aangebracht dient te worden. De bewaking van de Schouwense oever omvat behalve de regelmatige peiling der taluds, het meten van de waterspanningen in het talud. Afhankelijk van de wijze waarop het grondwater uit het

talud stroomt wordt de overschrijding van taludhellingen van 1 : 2 à 1 : 4 kritiek geacht en worden maatregelen overwogen. Taluds die al jarenlang steiler staan dan 1 : 2 worden niet kritiek geacht zolang ze niet steiler worden. Zou men overgaan tot bestortingsmaatregelen, dan dient er bovendien rekening gehouden te worden met het feit dat langs de randen van de bestortingsvelden erosie kan optreden. Men dient de nieuwe bescherming dan ook zoveel mogelijk aan bestaande oeverbestortingen te doen aansluiten en de geul tot voldoende diepte te beschermen. Bij de bewaking van de taluds der ontgrondingskuilen moet om praktische redenen van het meten van wateroverspanningen afgezien worden. De ervaring in het Veerse Gat en bij de afsluiting van de Grevelingen heeft geleerd dat lokaal stabiliteitsverlies zich uit in een terugschrijdende erosie. De snelheid daarvan is afhankelijk van het gedrag van het materiaal van de bodembescherming. Het aanbrengen van extra zinkstukken met bestorting moet hier overwogen worden zodra de helling 1 : 2 à 1 : 4 overschreden wordt of zodra terugschrijdende erosie wordt waargenomen. Ook bij het plaatsen van de caissons moet tegen lokaal stabiliteitsverlies worden gewaakt. De stabiliteit van caissons kan het meest in gevaar gebracht worden tijdens het zich met water vullen van de caisson vanaf het moment dat hij de bodem raakt. De snel toenemende belasting die hierbij optreedt, kan hoge wateroverspanningen veroorzaken indien de bodem slecht doorlatend is. De hoge wateroverspanningen kunnen de korrelspanningen in het korrelskelet van de funderingsgrondslag en dus de stijfheid van de fundering zodanig verminderen dat gevaar ontstaat voor stabiliteitsverlies van de caisson-drempel, hetgeen in een verzakking van de caisson tot uiting kan komen. Een der caissons is daarom in het bouwdok te Zonnemaire bij wijze van proef vooraf afgezonden op een bodem welke ongeveer dezelfde eigenschappen heeft als die in het sluitgat. Daarbij bleken de wateroverspanningen binnen toelaatbare grenzen te blijven. In een later Bericht zal op de uitkomsten en het verloop van deze proeven nog nader worden ingegaan. In het sluitgat zelf zijn waterspanningsmeters geplaatst met het doel de invloed van het verschil in grondeigenschappen tussen het bouwdok en het sluitgat vast te stellen. Bovendien zou men waterspanningen willen meten wanneer een reeds geplaatste en gesloten caisson een storm te verduren krijgt, waarbij ook snelle belastingvariaties door golfaanval optreden.

De stabiliteit van de blokkendam kan in gevaar gebracht worden doordat de verhangkrachten van het water in de blokkendam te groot worden of doordat de beweging in de bodem onder of in de dam zelf zo groot wordt, dat ze niet meer door wrijvingseigenschappen opgenomen kunnen worden. Bij het grondmechanisch onderzoek naar de stabiliteit van de dichtingsconstructie van de dam is onder meer gebruik gemaakt van een elektrisch analogiemodel om de verhangkrachten in de dichtingsfase te bepalen. De wrijvingseigenschappen van de blokkenstapeling zijn ook daarom interessant omdat ze analogie vertonen met de wrijvingseigenschappen van een zeer kleine stapeling van zandkorrels, een moeilijk te onderzoeken zaak, waar men nu in zeker opzicht een vergroot model van heeft. Het inzicht in de stabiliteit van de constructie als geheel is beoordeeld aan de hand van modelproeven in het Waterloopkundig Laboratorium. De proeven wezen uit dat pas rekening gehouden dient te worden met stabiliteitsverlies bij vervallen van meer dan drie meter.

De meest actuele vraag tijdens de sluiting van het Brouwershavense Gat blijft natuurlijk in hoeverre de zoëven genoemde inzichten met betrekking tot het optreden van zettingsvloeiingen juist zijn. Geldt het 1 : 15-criterium, dat gebaseerd is op oevervallen in de Oosterschelde, ook voor de Schouwense oever of kan men het daar scherper stellen? Moet men achter de bodembescherming werkelijk rekening houden met een omvangrijke zettingsvloeiing, of wordt dit gevaar geëlimineerd doordat terugschrijdende erosie de aanzethelling van de ontgrondingskuilen voldoende flauw maakt? Zal een eventueel optredende zettingsvloeiing inderdaad in een gebied met een kritiek poriëngehalte liggen? Kan met de ingestelde taludbewaking een eventuele plaatselijke afschuiving van te voren voorspeld en voorkomen worden? Kunnen de antwoorden op deze vragen het risico van een zettingsvloeiing in de slotfase van een geleidelijke sluiting klein maken? Of moet men wel met zettingsvloeiingen rekening houden en de sluiting zo inrichten dat het meeste zettingsvloeiingsgevaar optreedt vóór de slotfase van de eigenlijke sluiting, als herstel nog mogelijk is? Vragen die met het oog op de voor de Oosterschelde te kiezen sluitingsmethoden van bijzonder belang zijn.

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Sluiting van het Rak van Scheelhoek

De zandzuiger 'Gouda' heeft tot eind maart verder gewerkt aan de opbouw met zand van het damlichaam en van de aansluiting op strand en duin. Thans is dit werkonderdeel gereed. Achter het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen durfde men het risico van ongewenste zettingen niet te nemen; daarom werd het zand hier niet opgespoten, maar over een lengte van 150 m droog aangevuld en verdicht. De 160 000 m³ zand die hiervoor nodig waren, werden met scrapers in het werk gebracht. De baileybrug die aan deze kant van de sluisen was aangelegd voor het transport van betonblokken ten behoeve van de kabelbaansluiting, kon weer worden afgebroken en afgevoerd. De duinregel op de Voorne oever werd aansluitend aan het werk over een lengte van 500 m verzwaaard. Ook deze verzwarende, die aan de landzijde werd uitgevoerd, geschiedde met behulp van scrapers en bulldozers. In het begin van januari ving men aan het damlichaam te profileren. Op een op N.A.P. + 4 m gelegen terrein aan de rivierzijde werd een asfaltinstallatie gebouwd, die vanaf

begin februari het materiaal leverde voor de asfaltbekleding van de dam aan de zeezijde. Tot aan 1 april werd al 17 000 ton asfalt verwerkt. De glooiing aan de zeezijde is zo goed als gereed. Ook aan de rivierzijde is men doende een glooiing en een taludbekleding op te bouwen. Daartoe verwerkte men tot nu toe 14 000 ton grind, 8000 ton stortsteen en 2000 m³ klei.

Bijkomende werken

De terreinen tussen het sluizencomplex in het Haringvliet en het voormalig Zuiderdiep zijn thans geheel ingericht. Ook de duinverzwaring op Goeree heeft haar beslag gekregen, zodat de werken op 1 april voor de eerste keer konden worden opgeleverd. De secundaire wegen, de afritten en wegaansluitingen zijn in hoofdzaak voltooid. Enkele kleinere werken worden nog uitgevoerd. Van de verkeerskoker tussen de uitwateringssluizen en de schutsluis onder de Dammenweg door is het beton eind maart gestort. In een later stadium zal in deze koker een wegverharding worden aangebracht. Op Voorne wordt ten behoeve van de recreanten een voetgangerstunnel gemaakt onder de Dammenweg, zoals reeds in het vorige Bericht gemeld. De bouwput voor deze tunnel is inmiddels ontgraven; hij is door middel van een vacuumbemaling drooggemaakt. De tunnel wordt in moten gemaakt; voor de eerste

moten zijn de betonnen vloeren gestort. Een bij Dirksland te bouwen inlaatsluis voor zoet water in de Zuiderdiepboezem is in de verslagperiode tot de vereiste diepte ontgraven en met bronbemaling drooggemaakt. De paalfundering voor de sluisvloer is geheel.

Volkerak

De afsluitdam door het Volkerak

De afsluitdam door het Volkerak en de uitbreiding van het Helle-gatsplein met een aantal bijkomende werken worden op 5 april 1971 voor de tweede maal opgeleverd.

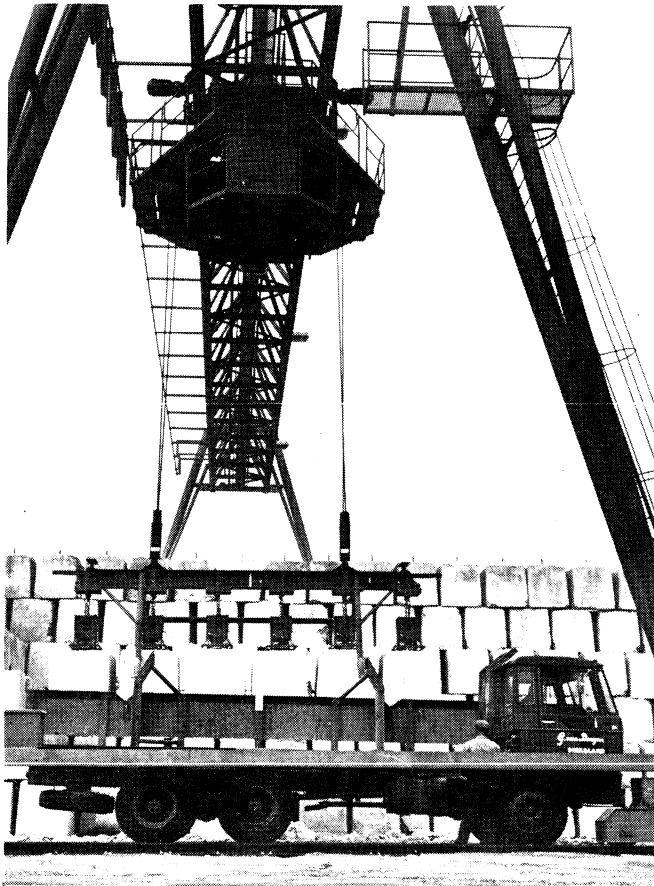
Bouwput voor een spui- en een jachtensluis in de Volkerakdam

Nadat perskaden waren aangebracht op het gronddepot is men begonnen de bouwput uit te baggeren. Het grondverzet bedroeg in deze periode 200 000 m³. De verdediging van het binnenbeloop werd ontmanteld en afgevoerd, en een binnen de toekomstige bouwput gelegen lossteiger opgegruimd. Voor de aanleg van een werkterrein langs de voormalige uitvaartgeul van de caissons is men begonnen perskaden op te bouwen.

Brouwershavense Gat

Portaalkranen

Ook de laatste van de vier portaalkranen is nu in gebruik



Het kabelbaanbedrijf in het Brouwershavense Gat

- 1 Zes betonblokken tegelijk worden door een portaalkraan uit de stapeling getild; geleidepoten zorgen in één richting voor de juiste stand van de hijsbalk
- 2 Op de vrachtauto's zijn frames gemonteerd die de zes blokken tijdens de rit op de eenmaal ingestelde onderlinge afstand houden. De gondels nemen de last over met behulp van hun stortbalk
- 3 De stortbalk heeft aan beide einden twee geleidepoten, en voorts zes klokken, waarvan de haken zich automatisch sluiten om de ogen van de betonblokken
- 4 De last van 15 ton wordt boven het stortvak gebracht
- 5 Op een lichtsignaal van de commandopost worden de blokken de een na de ander gelost. Waterfonteinen spatten tot aan de gondel op

1

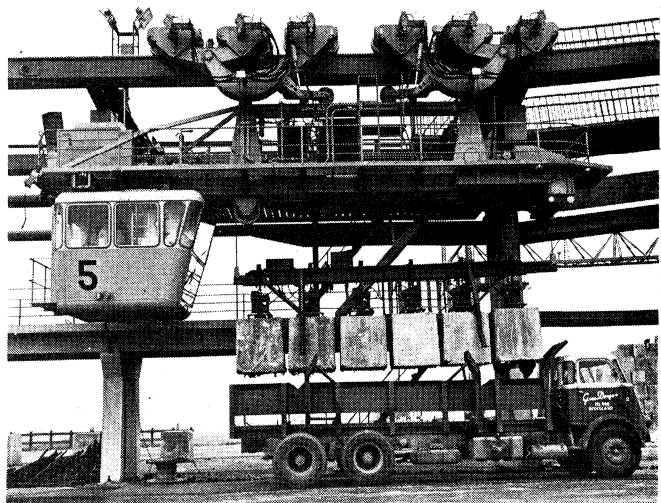
genomen. Alle laadbalken werden aangevoerd en aan de kranen bevestigd. Elke laadbalk kan zes blokken tegelijk uit depot tillen en op een vrachtauto zetten. Op de auto's werden frames gemonteerd waar de zes blokken in passen. De kraanmachinisten werden in deze periode met hun werk vertrouwd gemaakt.

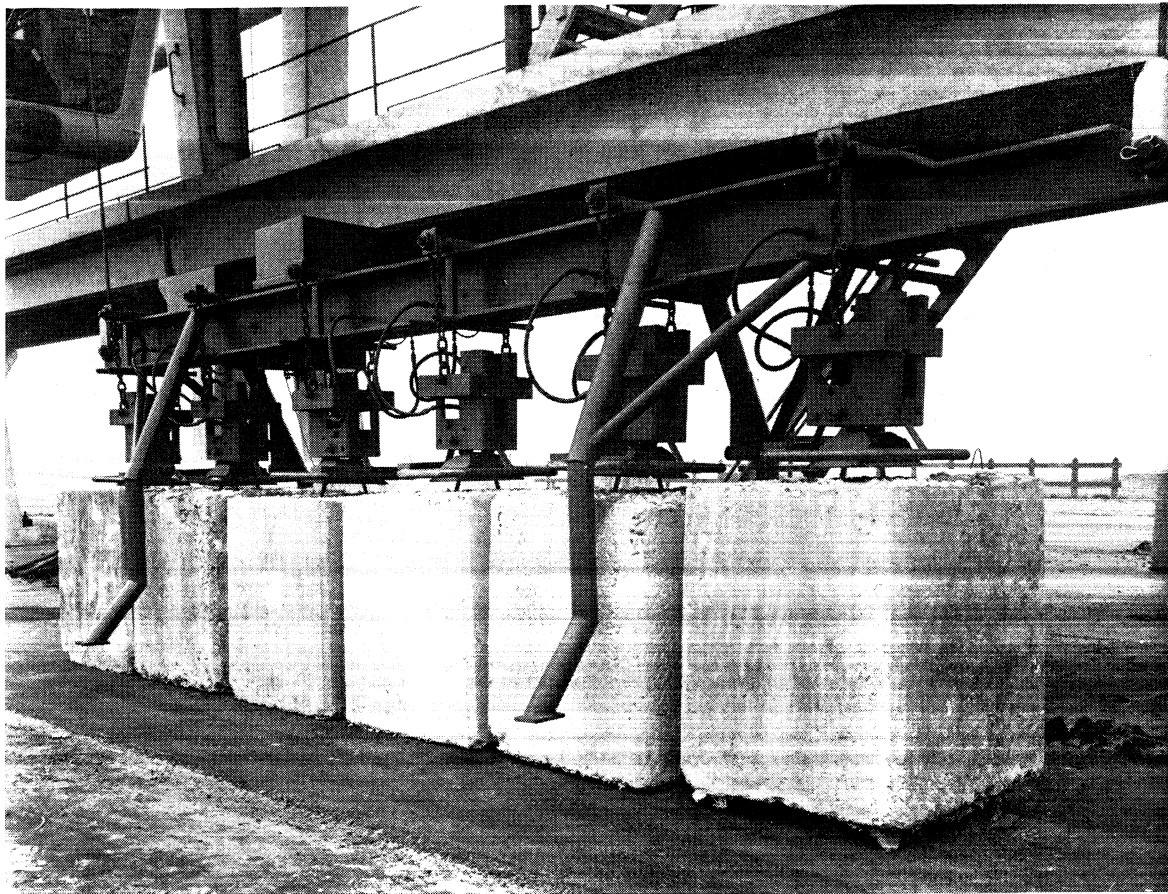
De kabelbaan

De kabels werden op hun normale spanning van ongeveer 350 ton gebracht. De montage van het vaste railgedeelte van de kabelbaan en de installatie van de draaischijven op beide oevers werd voltooid. Alle zestien gondels werden aangevoerd.

Vanaf januari werden de in dienst genomen gondeliers op-

2





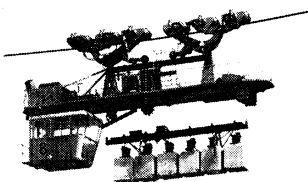
3

geleid. Medio maart begon de proeffase van het eigenlijke kabelbaanbedrijf.

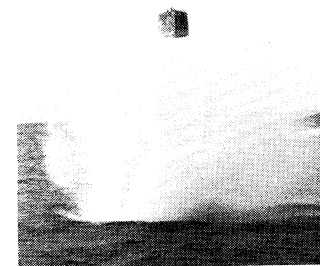
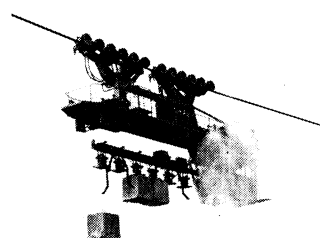
De vervaardiging van beton-blokken

In Dintelmond kwam de aannemer begin februari gereed met de fabricage van beton-blokken. Medio februari waren alle blokken aangevoerd en in depot gestapeld. Op Schouwen lagen toen 119 000 blokken en op de Middelpaalt, aan de noordzijde van de kabelbaan, 83 000 stuks. Naar Schouwen werden de blokken gedeeltelijk per schip getransporteerd, namelijk tot aan de werkhaven Schelphoek. Daar vond overlading plaats in vrachtauto's, die de blokken naar het depot reden. De andere blokken werden per schip rechtstreeks aan-

4



5



gevoerd naar de werkhaven op de Middelpmaat.

Verlenging van het damvak Kabbelaarsbank

De verlenging van het damvak Kabbelaarsbank is voltooid. Het werk werd op 18 maart voor de eerste maal opgeleverd.

Noordelijk sluitgat

Op de bodembescherming en op de caissondrempel van het noordelijk sluitgat werd in deze periode het laatste gedeelte van de steenbestorting aangebracht. De bestorting van de drempel werd met een baggermolen vlak afgemaakt op de vereiste diepte van N.A.P. - 10 m. In de drempel werd totaal 24 000 ton fijn en grof grind verwerkt en 140 000 ton stortsteen. Tegelijk met de verlenging van het damvak Kabbelaarsbank werd het werk voor de eerste maal opgeleverd. Inmiddels is ook de Hompelgeul gereedgekomen. Uit de geul werd 200 000 m³ zand gezogen, dat in depot blijft opgeslagen tot de Provinciale Waterstaat van Zuid-Holland het gebruiken zal voor wegenaanleg.

De werkhaven Springersdiep is uitgebaggerd tot een diepte van N.A.P. - 9 m. Deze haven zal dienen als vluchthaven voor caissons wanneer er wegens slecht weer halverwege de operatie afgezien wordt van een caissonplaatsing.

Zuidelijk sluitgat

Op 29 maart namen de eigenlijke sluitingswerkzaamheden met de kabelbaan een aanvang. In de proeffase werden al 15 000 betonblokken vanaf de kabelbaan gestort.

Caissons

Nadat de drijfschotten van de doorlaatcaissons waren bekleed met buthyleen rubber, werd de bouwput opnieuw geïnundeerd. Alle twaalf caissons werden drijvend gemaakt en op lekken gecontroleerd. De afdichting werd in orde bevonden, zodat de caissons weer aan de grond konden worden gezet. Eind januari werd begonnen met de doorbaggering van de noordelijke ringdijk om de bouwput.

Met één van de caissons werden afzinkproeven genomen, om er achter te komen hoe de caissons zich gedragen bij het zinken, en om de meest gewenste volgorde en het tijdstip te bepalen voor het opendraaien van de afsluiters. Gemeten werden ook de zinktijd en de tijd die verloopt tussen het aan de grond zetten van een caisson en de nivellering van de waterstand binnen en buiten. Uit overwegingen van oefening liet men deze werkzaamheden verrichten door dezelfde mensen die straks de werkelijke caissonplaatsingen in het sluitgat moeten uitvoeren.

Op 1 april werden de caissons voor de eerste maal opgeleverd; de eindoplevering vindt plaats op 30 april.

De opnieuw in gereedheid gebrachte gesloten reservecaisson is van het Verbreed Kanaal te Vlissingen overgebracht naar de vluchthaven te Zijpe; daar werd hij aan de grond gezet op een vooraf op diepte gebaggerde zate. Als de omstandigheden dat vereisen kan deze caisson binnen enkele dagen drijvend worden gemaakt en worden verslept naar het sluitgat.

Oosterschelde

Werkhaven Sophia-polder

Ten behoeve van de aanleg van het werkeiland Noordland werden in de verslagperiode 85 000 ton mijnsteen en 85 000 ton stortsteen aangevoerd.

Werkhaven Schelphoek

In deze periode werden in de haven hoofdzakelijk de onderdelen aangevoerd van de kabelbaan over het voormalige Rak van Scheelhoek. Voorts diende de haven voor de overslag van betonblokken, die werden vervoerd van Dintelmond naar Schouwen. Ook de gondels voor de kabelbaan over het Brouwershavense Gat werden in deze haven aangevoerd.

Werkeiland Neeltje Jans

Het werk kwam in de achter ons liggende periode bijna geheel gereed. Een gedeelte van het zand moet nog worden geegaliseerd en afgedekt met een kleilaag van 5 cm dik; daarin

zal vervolgens gras worden gezaaid. Het heiwerk in de haven moet nog worden afgetimmerd.

Werkeiland Noordland

Het werkeiland Noordland is uitvoerig beschreven in Bericht 55, februari 1971. De aanleg van dit derde steunpunt voor de afsluiting van de Oosterschelde is op 9 maart aanbesteed. De laagste inschrijver was de aannemerscombinatie Bos-Kalis en Dirk Verstoep-Nederland, met een aannemingssom van f 9 971 000.

Oeververdedigingswerken langs de Grevelingendam

De oeververdediging langs de Grevelingendam vordert volgens schema. De grindbestortingen aansluitend tegen de reeds uitgevoerde bezinkingen zijn nu ook gereedgekomen. De projecteerde grinddam van 25 m breed, 50 cm dik en 800 m lang, aansluitend tegen de Grevelingendam, is bijna klaar. Het grind voor dit werk wordt in de haven van Bruinisse overgeslagen in vrachtauto's, die het materiaal naar de grinddam rijden

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en Fiemel

De provinciale zeedijk tussen Termunterzijl en Fiemel werd geheel voltooid opgeleverd, evenals de onderhoudsweg op de binnenberm.

De bouw van een nieuwe keersluis met aansluitende dijkvakken te Termunterzijl wordt voortgezet. Het werk, dat wordt uitgevoerd in opdracht van het waterschap Oldambt, is thans voor 50% gereed.

Zeedijk tussen Fiemel en Nieuwe Statenzijl

Op de landpunt Reide wordt, als buitendijs werk in het raam van de uitvoering van het Dollardplan, een sluizencomplex gebouwd. Het bestek werd in juli 1970 aanbesteed, en men heeft thans een achtste deel

Zie verder op pag. 328

Opgave van bestede en gegunde bestekken en gesloten onderhandse overeenkomsten

Door het Rijk voor de uitvoering van de Lauwerszeewerken gesloten overeenkomsten en gegunde bestekken

ZW 3633 (LZW nr. 12) 12 juli 1966

Bouwen van zesentwintig doorlaatcaissons ten behoeve van de afsluiting van de Lauwerszee, met bijkomende werken
Aannemingssom: f 10 800 000,—
Aannemer: Combinatie Lauwerszee, 's-Gravenhage

ZW 3675 (LZW nr. 14) 16 september 1966

Het vervaardigen en leveren van stalen onderdelen voor de caissons ten behoeve van de afsluiting van de Lauwerszee
Aannemingssom: f 232 375,—
Aannemer: Machinefabriek en constructiewerkplaats Nassette en Zn, Amsterdam

ZW 3686 (LZW nr. 15) 12 december 1966

Het vervaardigen en leveren van stalen onderdelen voor de schutsluis in de uitmonding van het Dokkumerdiep, nabij Nieuwe Zijlen (Lauwerszee)
Aannemingssom: f 57 500,—
Aannemer: n.v. Metaalindustrie 'Stertil', Kloostertille

ZW 3698 (LZW nr. 16) 14 maart 1967

Het vervaardigen en inhangen van twee stalen waaierdeuren

voor de schutsluis in de uitmonding van het Dokkumer grootdiep nabij Nieuwe Zijlen (Lauwerszee)
Aannemingssom: f 75 200,—
Aannemer: n.v. Metaalindustrie 'Stertil', Kloostertille

ZW 3713 (LZW nr. 17) 6 februari 1967

Het vervaardigen en opstellen van een stalen ophaalbrug met bewegingsinrichting over de schutsluis in de afsluitdijk van de Lauwerszee
Aannemingssom: f 377 000,—
Aannemer: n.v. Havenbedrijf Vlaardingen-Oost, Vlaardingen

ZW 3730 (LZW nr. 18) 4 oktober 1967

Het vervaardigen en bedrijfsklaar opleveren van de elektrische installatie van de schutsluis en brug te Nieuwe Zijlen
Aannemingssom: f 126 450,—
Aannemer: n.v. Installatiebouw, Amsterdam

ZW 3746 (LZW nr. 19) 12 juni 1967

Het leveren en bedrijfsklaar opstellen van 6 stalen elektrische bewogen rioolschuiven met schuiframen en bewegingswerken, 3 noodschuiven en 2 bewegingswerktuigen voor de waaierdeuren met pennenkransen
Aannemingssom: f 97 645,—
Aannemer: n.v. Landindustrie te Sneek

ZW 3771 (LZW nr. 20) 28 december 1967

Het bouwen van een bedieningsgebouw op het werkeiland in de Lauwerszee
Aannemingssom: f 676 000,—
Aannemer: Combinatie Lauwerszee, 's-Gravenhage

ZW 3772 (LZW nr. 21) 1 november 1967

Het bouwen van vier gebouwtjes op en nabij de schutsluis op het werkeiland in de Lauwerszee
Aannemingssom: f 68 500,—
Aannemer: Combinatie Lauwerszee, 's-Gravenhage

ZW 3773 (LZW nr. 22) 1 november 1967

Het afwerken van de uitwateringssluizen in de afsluitdijk van de Lauwerszee
Aannemingssom: f 719 000,—
Aannemer: Combinatie Lauwerszee, 's-Gravenhage

ZW 3794 (LZW nr. 23) 28 november 1967

Het vervaardigen en leveren van een dieseldraaistroomaggregaat voor het sluizencomplex in de afsluitdijk van de Lauwerszee
Aannemingssom: f 27 620,—
Aannemer: n.v. Dynaf te Alkmaar

ZW 3821 (LZW nr. 25) 9 februari 1968

Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een warmwaterverwarmingsinstallatie met oliestookinrichting, een ventilatieinrichting, alsmede de bijbehorende elektrische rege-

lingsinstallaties ten behoeve van het centraal dienstgebouw Lauwerszee
Aannemingssom: f 56 245,—
Aannemer: n.v. Installatiebouw te Amsterdam

ZW 3834 (LZW nr. 26) 8 maart 1968

Het vervaardigen en opstellen van de stalen bovenbouw van een ophaalbrug met bewegingsinrichting over de schutsluis in de uitmonding van het Dokkumerdiep nabij Nieuwe Zijlen (Lauwerszee)
Aannemingssom: f 338 300,—
Aannemer: n.v. Nederlandse Staalindustrie te Rotterdam

Opgave van de door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken gesloten overeenkomsten

Zeeland (waterkering cal.wp. Bruinisse) 148/1969

Maken van een dijksverhoging door een kistdam op de zeedijk van het calamiteuze waterschap Bruinisse
Aannemingssom: f 159 000,—
Aannemer: Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' N.V. te Gorinchem

Zeeland (wp. Schouwen-Duiveland) 2007/1969

Maken van een dijksverhoging door een kistdam op de zeedijk van de voormalige polder Oosterland
Aannemingssom: f 99 900,—
Aannemer: Fa. P. van Dongen & Zn. te Haamstede

Zeeland (wp. Tholen)

Aanbrengen van 1530 m lengte kistdam op de zeedijk van de Anna Jacobapolder (St. Philipsland) in twee vakken van dp 28 + 60 m tot 37 + 30 m en van dp 58 tot dp 64 + 60 m
Aannemingssom: f 92 580,—

Aannemer: Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' N.V. te Gorinchem

Zeeland/Noord Brabant (inter prov. wp. de Prins Hendrikpolder) 1/1969

Maken kruisverhoging op de zeedijk van de Prins Hendrikpolder ter lengte van 4630 m

Opgave van de door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken gegunde openbaar aan bestede werken

Zeeland (wp. Tholen) 4/1969

Maken dijksverhoging met kistdammen op de zeedijken van de polders Anna Jacoba en Kramers op Sint Philipsland ter lengte van 3795 m
Aannemingssom: f 258 000,—
Aannemer: Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' N.V. te Gorinchem

Opgave van de door het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken openbaar bestede en gegunde werken

DED-1194 1969-1970

Het maken van het eiland 'Arneplaat' met bijkomende werken in het Veerse Meer in de gemeente Veere
Aannemingssom: f 199 744,—
Aannemer: N.V. Aannemings Maatschappij v/h J. Prins van Wijngaarden te Hattum

DED-1221 1970

Het maken van oeververdedigingen langs de oevers van het Veerse Meer, met bijkomende werken, in de gemeente Veere, Wolfaartsdijk en Wissenkerke
Aannemingssom: f 777 700,—
Aannemer: Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' N.V. te Gorinchem

Opgave van de door het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken gesloten onderhandse overeenkomsten

DED-1138 13 februari 1970

Het aanleggen van wegen nabij het zuidelijke uiteinde van de afsluitdam door het Haringvliet onder de gemeente Goedereede
Aannemingssom: f 860 770,—
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis

DED-1159 20 mei 1969

Overeenkomst wegens huur van de motorvliet 'Merwede' ten behoeve van de afdamming van het Haringvliet
Aannemingssom: verrekenprijs
Aannemer: W. de Ruyter te Hellevoetsluis

DED-1186 24 september 1969

Wegens het ter beschikking stellen van terreinen ten behoeve van de werken tot de inrichting van de haven Burghsluis tot personenhaven, met bijkomende werken, in het kader van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: geen verrekening
Aannemer: Dijkgraaf van het Waterschap 'Schouwen-Duiveland' te Zierikzee

DED-1187 24 september 1969

Overeenkomst tussen het Rijk en de gemeente Westerschouwen betreffende de inrichting van de haven Burghsluis tot personenhaven ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: geen verrekening
Aannemer: Burgemeester van de gemeente Westerschouwen

DED-1193 5 maart 1970

Het maken van een proefbodembescherming in het Noord-Pampus en in de Westerschelde
Aannemingssom: f 220 000,—
Aannemer: 'Bitumarin' N.V. te Zaltbommel

DED-1226 29 mei 1970

Het leveren van basaltstortsteen ten behoeve van de afsluiting van het Haringvliet
Aannemingssom: eenheidsprijzen

Aannemer: Rheinisches Lava-kontor Tochtergesellschaft G.m.b.H. der Firma Horst und Jüssen O.H.G. te Sinzig/Rhein

DED-1229 19 juni 1970

Het afsluiten van de haven van Dirksland, het maken van een dijk op de Westplaat en het in verbinding brengen van de Zuiderdiepboezem met de haven van Dirksland, gelegen in de gemeente Dirksland en Middelharnis

Aannemingssom: f 992 000,—
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis

DED-1233 10 december 1969

Overeenkomst voor het huren van de motorsleepboot 'Zuidvliet' mede ten behoeve van de uitvoering van duikwerk
Aannemingssom: verrekenprijzen
Aannemer: C. P. Noordhoek te Kortgene

DED-1240 29 mei 1970

Overeenkomst voor het afsluiten van het Rak van Scheelhoek
Aannemingssom: f 34 490 000,—
hierin begrepen een bedrag van f 462 740,— voor DED-1277
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis

DED-1244 2 maart 1970

Het verrichten van cultuurtechnische werken ten behoeve van aan te brengen windsingels en overige beplantingen op de terreinen in de polder Maltha, gelegen ten oosten van de Volkeraksluizen en ten noorden van de oprit van de overbrugging van de Volkeraksluizen in de gemeente Willemstad
Aannemingssom: f 59 500,—
Aannemer: P. C. Klein te Willemstad

DED-1250 29 mei 1970

Het onderhouden van beplantingen en grasgewas en het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, steigers en meergelegenheden op en langs terreinen behorende tot de afdeling Afsluitingswerken van de Deltadienst, in de gemeenten Hellevoetsluis, Goedereede en Dirksland, in het jaar 1970
Aannemingssom: f 195 500,—
Aannemer: S. L. Kranenburg te Oudenhoorn

DED-1253 7 september 1970

Voor het lossen c.q. laden van stortsteen in de werkhaven te Hellevoetsluis of in de binnenhaven of buitenhaven te Stellingdam
Aannemingssom: f 1 053 500,—
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis

DED-1255 13 februari 1970

Voor het maken van de aardebaan met bijkomende werken voor rijksweg 57 in de gemeente Goedereede
Aannemingssom: f 702 694,—
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis

DED-1271 14 augustus 1970

Voor het plaatsen van vangrails met toebehoren en het verrichten van bijkomende werken op het wegdek van de spuisluizen in het Haringvliet onder de gemeenten Goedereede en Hellevoetsluis
Aannemingssom: f 99 000,—
Aannemer: A. van der Hoek Jr. te Oostvoorne

DED-1272 18 mei 1970

Het leveren van betonartikelen ten behoeve van het werkeiland Neeltje Jans in de Oosterschelde en ten behoeve van de verlenging van het damvak Kabbelaarsbank in het Brouwershavense Gat
Aannemingssom: verrekenprijzen
Aannemer: N.V. Betonfabriek Haringman te Goes

DED-1273 5 juni 1970

Het leveren van koperslaktegels ten behoeve van het werkeiland Neeltje Jans in de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: 'Mavotrans' N.V. te 's-Gravenhage

DED-1274 9 juli 1970

Het aanbrengen, ter beschikking stellen, onderhouden en opbreken van kraanbanen met bijkomende werken ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavense Gat onder de gemeenten Middenschouwen en Goedereede
Aannemingssom: f 296 000,—
Aannemer: Railbouw N.V. te Leerdam

DED-1275 20 juli 1970

Het verplaatsen van 2 Romneyloodsen van de Grevelingendam in de gemeente Bruinisse resp. naar werkhaven Schelphoek en naar kabelbaanplateau te Scharendijke
Aannemingssom: f 77 300,—
Aannemer: Aannemingsbedrijf 'Schouwen-Duiveland' N.V. te Zierikzee

DED-1276 20 augustus 1970

Het maken van een gewapend-betonnen fundering met bijkomende werken voor een door derden te plaatsen houten magazijn op een terrein van de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst te Schiedam
Aannemingssom: f 18 562,—
Aannemer: C. Aleman te Schiedam

DED-1278 12 juni 1970

Het leveren en voor een gedeelte lossen van grind ten behoeve van de afsluiting van het Haringvliet
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: 'Utroma' N.V. te Arnhem

DED-1280 7 september 1970

Voor de levering van mijnsteen ten behoeve van de uitvoering van de Deltawerken
Aannemingssom: vrachtverrekening
Aannemer: N.V. Nederlandse Staatsmijnen te Heerlen

DED-1281 19 augustus 1970

Voor het maken van een proefvak van asfaltmastiekbodembescherming nabij de Grevelingendam
Aannemingssom: f 44 287,45
Aannemer: 'Bitumarin' N.V. te Zaltbommel

DED-1282 14 juli 1970

Het leveren van koperslakblokken ten behoeve van de verlenging van het damvak Kabbelaarsbank
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: 'Mavotrans' N.V. te Den Haag

DED-1283 26 augustus 1970

Het leveren van grind ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavense Gat
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: 'Utroma' N.V. te Arnhem

DED-1285 20 juli 1970

Het leveren van steenkorven en binddraad ten behoeve van de verlenging van het damvak Kabbelaarsbank
 Aannemingssom: verrekenprijzen
 Aannemer: N.V. Basalt Rotterdam te Rotterdam

DED-1286 4 augustus 1970

Het leveren van rijismaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Haringvliet
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: P. C. Klein te Willemstad

DED-1290 25 augustus 1970

Voor het leveren en plaatsen van een houten magazijn op een door derden te maken fundering, op een terrein van de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst te Schiedam
 Aannemingssom: f 14 050,-
 Aannemer: van 't Verlaats Houtbouw te Hardinxveld

DED-1291 14 augustus 1970

Het vervaardigen en leveren van polypropeenbandweefsel met rietmatten ten behoeve van de afsluiting van het Haringvliet
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: N.V. Rietindustrie 'Gouderak' te Gouderak

DED-1292 7 augustus 1970

Het vervaardigen en leveren van polypropeenmatten ten behoeve van de afsluiting van het Haringvliet
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: N.V. Zakkencentrale te Schiedam

DED-1296 24 juni 1970

Voor het leveren van zink- en stortsteen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwers-

havense Gat en de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: N.V. Handelsmaatschappij Arnold Maassen te Maastricht en S. A. Orie te Luik

DED-1298 12 augustus 1970

Voor de aan- en verkoop van een houten keet met inventaris staande op het werkeiland Roggenplaat in de Oosterschelde
 Aannemingssom: f 30 000,-
 Aannemer: N.V. Aanneming Maatschappij 'Dijksbouw' te Rijswijk (Z.H.)

DED-1303 25 augustus 1970

Het vervaardigen en leveren van polypropeenmatten ten behoeve van de bezinking in de stroomgeul 'Kous'
 Aannemingssom: verrekenprijzen
 Aannemer: N.V. Zakkencentrale te Schiedam

DED-1304 20 mei 1970

Voor het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: N.V. Gebr. van Noor-denne Hardinxveld-Giessendam

DED-1305 20 mei 1970

Voor het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: G. J. Versluis te Lexmond

DED-1306 20 mei 1970

Voor het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: N.V. W. van Wijn-gaarden te Sliedrecht

DED-1307 5 juni 1970

Voor het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershaven-se Gat
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: N.V. Gebr. van Noor-denne te Hardinxveld-Giessen-dam

DED-1308 5 juni 1970

Voor het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershaven-se Gat
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: N.V. W. van Wijn-gaarden te Sliedrecht

DED-1309 5 juni 1970

Voor het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershaven-se Gat
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: Fa. Gebr. Hakkers te Werkendam

DED-1310 5 juni 1970

Voor het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershaven-se Gat
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: Fa. A. J. van Loon te Drimmelen

DED-1311 5 juni 1970

Voor het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershaven-se Gat
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: Fa. J. A. de Ruiter c.v. te Hardinxveld-Giessendam

DED-1312 5 juni 1970

Voor het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershaven-se Gat
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: Fa. T. den Otter en Zn. te Meerkerk

DED-1315 18 augustus 1970

Voor het verbeteren van de Groeneweg in de Mariapolder op Noord-Beveland
 Aannemingssom: f 28 330,-
 Aannemer: Koninklijke Maatschappij Wegenbouw N.V. te Utrecht

DED-1318 10 juni 1970

Voor het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde

Aannemingssom: eenheids-
prijs
Aannemer: Fa. Kraayeveld's
Aannemings- en Handelsonder-
neming te Barendrecht

DED-1319 10 juni 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: N.V. Jan de Jong
Bzn. te Slidrecht

DED-1320 10 juni 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: P. C. Klein te
Willemstad

DED-1323 10 juli 1970

Overeenkomst tot huur en ver-
huur van een garage te Zierik-
zee ten behoeve van de opslag
van materiaal en materieel voor
de Deltawerken
Aannemingssom: f 60,- per
maand
Aannemer: D. Legemaate te
Zierikzee

DED-1324 19 juni 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Firma v/h F. W. Vol-
ker en Zn. te Slidrecht

DED-1325 19 juni 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van het Brouwershaven-
se Gat
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Fa. A. J. van Loon
te Drimmelen

DED-1332 23 juli 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: N.V. T. en P. de
Klerk te Werkendam

DED-1333 23 juli 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Fa. J. A. de Ruiter
c.v. te Hardinxveld-Giessendam

DED-1341 7 september 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: N.V. Gebr. van Noor-
denne te Hardinxveld-Giessen-
dam

DED-1342 7 september 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Fa. G. van Weverwijk
en Zn. te Zijderveld

DED-1343 7 september 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: N.V. W. van Wijn-
gaarden te Slidrecht

DED-1344 7 september 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Fa. J. A. de Ruiter
c.v. te Hardinxveld-Giessendam

DED-1345 7 september 1970

Voor het leveren van rijsmate-
rialen ten behoeve van de af-
sluiting van het Brouwershaven-
se Gat
Aannemingssom: eenheids-
prijzen
Aannemer: Fa. T. den Otter en
Zn. te Meerkerk

BR 4975 23 januari 1970

Het vervaardigen, leveren en
bedrijfsvaardig opstellen van
twee elektro-mechanische trans-
portinrichtingen c.a. ten behoeve
van de puntdeuren van de slui-

zen in het Volkerak
Aannemingssom: f 54 000,-
Aannemer: Koninklijke Fabrieken
Penn & Bauduin N.V. te Dor-
drecht

BR 5104 3 maart 1970

Het vervaardigen en leveren van
stalen onderdelen ten behoeve
van de caissons Brouwers-
havensche Gat, sluitgat Kous
Aannemingssom: f 24 500,-
Aannemer: Machinefabriek en
Constructiewerkplaats Nassette
en Zoon te Amsterdam

BR 5111 3 maart 1970

Het vervaardigen, leveren en
bedrijfsvaardig opstellen van
een complete compressor- en
leidinginstallatie c.a. met bij-
komende werkzaamheden ten
behoefte van de schutsluis in
het Haringvliet
Aannemingssom: f 88 875,-
Aannemer: Atlas Copco Holland
N.V. te Rotterdam

BR 5112 23 juni 1970

Het vervaardigen en leveren van
bordessen en rij-overgangen c.a.
ten behoeve van de doorlaat-
caissons Brouwershavense Gat
Aannemingssom: f 220 050,-
Aannemer: Swarttouw's Con-
structiewerkplaatsen en Machine-
fabriek N.V. te Schiedam

BR 5113 23 juni 1970

Het vervaardigen en leveren van
20 stuks elektrisch bewogen
lierwerken c.a. ten behoeve van
de doorlaatcaissons Brouwers-
havense Gat
Aannemingssom: f 266 077,-
Aannemer: Boele's Scheeps-
werven en Machinefabriek N.V.
te Bolnes

BR 5115 12 juni 1970

Het vervaardigen, leveren en be-
drijfsvaardig opstellen van een
luchtinstallatie c.a. voor lucht-
bellenschermen ten behoeve van
de sluizen in het Volkerak
Aannemingssom: f 267 835,-
Aannemer: Atlas Copco Holland
N.V. te Rotterdam

BR 5181 23 juni 1970

Het vervaardigen en leveren van
vangrails op Nabla-liggers ten
behoefte van spuisluis Haring-
vliet

Aannemingssom: f 22 595,—
Aannemer: Machinefabriek en
Konstruktiewerkplaats de Jong
en Snooy N.V. te Goes

BR 5253 13 juli 1970

Het leveren van een verlichtingsinstallatie voor de kabelbaan over het Haringvliet
Aannemingssom: f 23 971,—
Aannemer: Heemaf N.V. te Hengelo

BR 5259 24 maart 1970

Het leveren van afsluiters ten behoeve van eenheidscaissons voor de afsluitingswerken Zuid van de Deltadienst
Aannemingssom: f 17 168,—
Aannemer: Econosto N.V. te Rotterdam

BR 5348 13 juli 1970

Het vervaardigen en leveren van nodulair gietijzeren onderdelen ten behoeve van
a. Spuisluis Haringvliet
b. Holland-Twentteroute-Brug over het Apeldoorns Kanaal, Kunstwerk 30
Aannemingssom:
B. frs. 1 005 970,—
Aannemer: Fonderies de la Campine S.A. te Hérentals (België)

BR 5350 13 juli 1970

Het vervaardigen en leveren van bewerkte gietstalen tandwielen ten behoeve van de lieren voor doorlaatcaissons Brouwershavense Gat
Aannemingssom:
B. frs. 1 576 720,—
Aannemer: Usines et Aciéries Léonard Giott S.A. te Marchienne au Pont (België)

BR 5356 26 mei 1970

Het aanbrengen van houten aanvaringsbalken op de puntdeuren van de schutsluis in het Volkerak
Aannemingssom: f 46 570,—
Aannemer: 'De Groot Zwijndrecht' N.V. te Zwijndrecht

BR 5369 26 mei 1970

Het vervaardigen en leveren van 20 motoren ten behoeve van de lieren-caissons Brouwershavense Gat
Aannemingssom: f 19 234,—
Aannemer: N.V. Elektromotorenfabriek 'Dordt' te Dordrecht

BR 5389 21 juli 1970

Het vervaardigen en leveren van een ponton met loopbruggen c.a. ten behoeve van de werkhaven Neeltje Jans (Afsluiting Oosterschelde)
Aannemingssom: f 36 600,—
Aannemer: Constructiebedrijf M. J. Stokolenburg te Middelharnis

Zeeland 4/1969

(waterschap 'De brede watering van Zuid-Beveland' en de cal. Zimmermanpolder)
Verhogen en verzwaren van de zeedijk van de calamiteuze Zimmermanpolder vanaf c.a. dp. 44, de Emmanuelpolder en de polder Waarde tot c.a. dp. 19 en het optrekken van het waterbeloop tussen dp. 18-20 m en dp. 22 + 72 m van de polder Waarde, gelegen aan de Westerschelde met bijbehorende werken
Aannemingssom: f 2 791 500,—
Aannemer: Aannemingsmaatschappij Jac. G. van Oord N.V. te Utrecht

Zeeland 9/1967

(Gem. Terneuzen)
Aanleg overstortriool in exploitatieplan Noord (aanpassingswerk)
Aannemingssom: f 651 000,—
Aannemer: N.V. Gebr. Geldof te Serooskerke

DED-1195 1970-1971

gewijzigd bij overeenkomst nr. DED-1195 a-b
Het vervaardigen en in depot opslaan van 260 000 stuks betonblokken, met een inhoud van 1,04 m³ per stuk, t.b.v. de afsluiting van het Brouwershavense Gat, onder de gemeenten Goedereede en Middenschouwen, in twee percelen of in massa
Aannemingssom: f 13 742 000,—
Aannemer: Dirk Verstoep Nederland N.V. en van Hattum en Blankevoort N.V. te Beverwijk

DED-1251 1970

Voor het onderhouden van beplantingen en grasgewas alsmede het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, bermen, steigers

en meergelegenheden op en langs de terreinen van de werkhaven, de toegangswegen tot het sluisencomplex en de in eigendom van het Rijk zijnde terreinen van de voormalige buitenpolder Maltha; in de gemeenten Willemstad en Fijnaart en Heijningen
Aannemingssom: f 100 125,—
Aannemer: Aannemersbedrijf M. Koek te Werkendam

DED-1254 1970

Voor het maken en leveren van gewapend betonnen eenheidscaissons met bijbehorende opzetstukken
Aannemingssom: f 905 000,—
Aannemer: Amsterdamsche Bal-last Beton en Waterbouw N.V. en Van Hattum en Blankevoort N.V. te Beverwijk

DED-1257 1970-1971

Het maken van het werkeiland Neeltje Jans met bijkomende werken in de Oosterschelde onder de gemeente Veere
Aannemingssom: f 13 140 000,—
Aannemer: Aannemerscombinatie N.V. C. J. v. d. Hoeven en Dirk Verstoep Nederland N.V. te 's-Gravenhage

DED-870a 29 mei 1968

Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst nr. DED-870 voor het opruimen van de bouwput en het verlengen van de stortebedden en het baggeren van toeleidingsgeulen van de spuisluis in het Haringvliet
Aannemingssom: gewijzigd van f 41 770 350,— in f 45 873 106,58
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevootsluis

DED-870c 21 oktober 1970

Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst nr. DED-870a-b voor opruimen van de bouwput enz. in het Haringvliet
Aannemingssom: verhoogd met f 280 692,—
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevootsluis

DED-1092a 21 oktober 1970

Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst nr. DED-1092 voor het afsluiten van Noord-Pampus, het maken van een buitenhaven bij de schutsluis in het Haringvliet en het maken van grond-

lichamen voor de wegen tussen de spuisluis en de schutsluis
Aannemingssom: verhoogd met f 788 934,—
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis

DED-1120a 13 november 1970

Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst nr. DED-1120 voor het maken van een afsluitdam in het Volkerak en het uitbreiden van het Hellegatsplein c.a. met bijkomende werken in de gemeente Willemstad
Aannemingssom: verhoogd met f 1 071 380,—
Aannemer: Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld

DED-1191a 18 september 1970

Overeenkomst tot wijziging van overeenkomst nr. DED-1191 voor het vervaardigen en leveren van stortbalken en hijschaken t.b.v. de kabelbaan Haringvliet en Brouwershavense Gat
Aannemingssom: verhoogd met f 19 750,—
Aannemer: Machinefabriek W. Busscher te 's-Gravenhage

DED-1231 2 november 1970

Het maken van toeleidingswerken en een aanlegsteiger met loopbrug in de buitenhaven naar de schutsluis in het Haringvliet in de gemeente Goedereede
Aannemingssom: f 609 600,—
Aannemer: Mannesmann (Nederland) n.v. te Rotterdam

DED-1243 8 januari 1971

Het leveren van basaltsteen t.b.v. de Volkerakwerken
Aannemingssom: f 23 865,48
Aannemer: n.v. Basalt Rotterdam te Rotterdam

DED-1258 1 februari 1971

Het huren van de motorvlet 'Jumbo' t.b.v. de Waterloopleiding Afdeling van de Delta-dienst
Aannemingssom: f 630,— per week

Aannemer: n.v. Handels- en Scheepvaartbedrijf W. van Laar & Zonen te Soest

DED-1269 13 oktober 1970

Het maken van oeververdedigingswerken op de zuidelijke rand van de Plaat van Oude Tonge onder de gemeente Bruinisse
Aannemingssom: f 1 157 000,—
Aannemer: Aannemerscombinatie Zinkwerken te Gorinchem

DED-1277 21 oktober 1970

Het maken van een aanstorting van zandasfalt tegen de in het Rak van Scheelhoek aangelegde blokkendam
Aannemingssom: f 462 740,— (begrepen in aann.som DED-1240)
Aannemer: n.v. Bitumarin te Zaltbommel

DED-1279 5 november 1970

Het verlengen van het damvak op de Kabbelaarsbank en het aanbrengen van een bodembescherming in de stroomgeul 'Kous' met bijkomende werken onder de gemeenten Goedereede, Middenschouwen en Brouwershaven
Aannemingssom: f 12 007 448,— (hierin begrepen een bedrag van f 2 244 582,— voor DED-1313)
Aannemer: n.v. Aanneming Maatschappij 'Dijksbouw' te Rijswijk (Z.H.)

DED-1287 22 oktober 1970

Het maken van een glooiing langs de noordelijke voorhaven van de Volkeraksluizen in de gemeente Willemstad
Aannemingssom: f 86 870,—
Aannemer: Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld

DED-1289 1 oktober 1970

Het vervaardigen en leveren van polypropreenmatten ten behoeve van bezinkingen voor het werkeiland Neeltje Jans in de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Tapijtfabriek Robusta v.o.f. te Genemuiden

DED-1294 10 november 1970

Het maken van een verbindingsgeul tussen de Grevelingen en het Springersdiep in de gemeenten Goedereede en Brouwershaven
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Provinciale Waterstaat Zuid-Holland te 's-Gravenhage

DED-1297 1 oktober 1970

Het maken en leveren van een stalen motorvlet met toebehoren ten behoeve van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat
Aannemingssom: f 15 430,—
Aannemer: Jachtwerf D. v. Duiwendijk te Bruinisse

DED-1302 30 september 1970

Het vervaardigen en leveren van polypropreenmatten ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: n.v. Zakkencentrale te Schiedam

DED-1314 2 oktober 1970

Het lossen en opschelven van rijsmaterialen
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: Aannemerscombinatie 'Zinkwerken' n.v. te Gorinchem

DED-1317 22 december 1970

Het vervaardigen en leveren van een onderstel voor een getijmeetpaal
Aannemingssom: f 18 520,—
Aannemer: Havehast Fabrieken n.v. te Stadskanaal

DED-1322 27 oktober 1970

Het maken van een duinverzwaring, wegen en afritten en het inrichten van terreinen tussen het spuilsuizencomplex in het Haringvliet en het voormalige Zuiderdiep
Aannemingssom: f 2 443 170,—
Aannemer: Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis

van het werk uitgevoerd. Langs de Dollard wordt voorts, tussen Fiemel en Nieuwe Statenzijl, een nieuwe zeedijk gelegd. Deze onderdelen van het plan, die kunnen worden aangemerkt als Deltawerk, zijn geraamd op 36 miljoen gulden.

Verhoging van de zeedijk tussen Delfzijl en de Emmapolder

Ook in het Eemshavenproject zitten onderdelen die kunnen worden aangemerkt als Deltawerk. Aangezien de uitvoering van het project de verhoging overbodig maakt van de 7 km zeedijk, wordt een Deltabijdrage verleend van f 10,5 miljoen. Deze werken, die in april 1973 werden aanbesteed, zijn thans voor een zesde gereed.

Verantwoording van de foto's

Aero Camera	300				
Anefo	295				
Van der Laan	290	291	292	293	
Oorthuys	280				
Rijkswaterstaat	282	318	319		

De Deltaschadewet 331

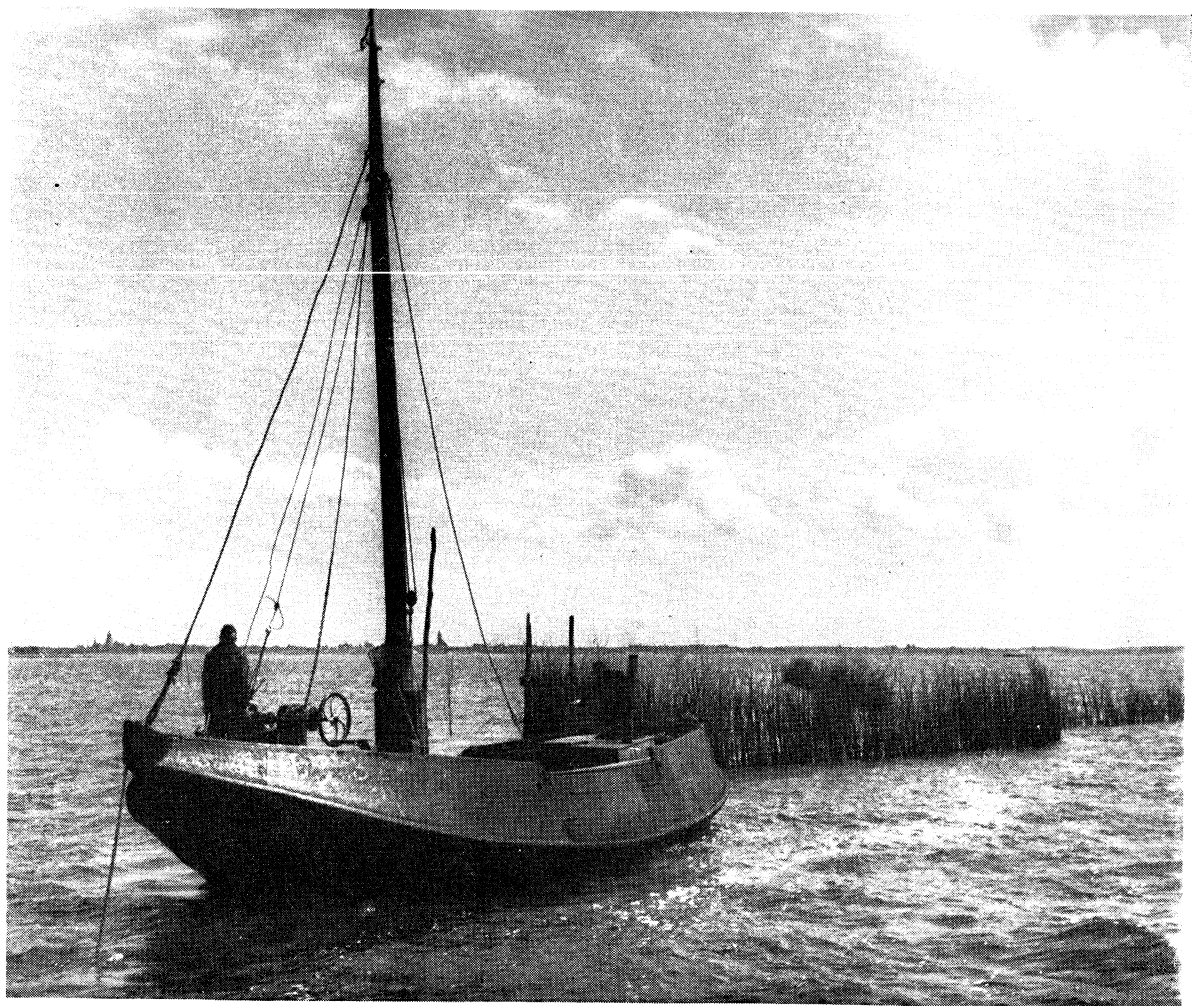
A. De werken van het Deltaplan

De eerste ervaringen met het noordelijk
Deltabekken na de afsluiting van het Haring-
vliet 341

Milieuvraagstukken van het noordelijk
Deltabekken 361

De afsluiting van het Brouwershavense
Gat 364

Vorderingen 374



'Bij of krachtens afzonderlijke wet worden regelen gesteld omtrent tegemoetkoming hetzij door het treffen van voorzieningen, hetzij in geld, in schade welke door de afsluitingswerken voor de visserij en aanverwante bedrijven en voor andere daarvoor in aanmerking komende ontstaat', aldus artikel 8 van de Deltawet (1958). De hier aangekondigde wetgeving is in 1971 definitief voltooid door het in werking treden van de Deltaschadewet.

De Deltaschadewet

De bescherming van Zuidwest-Nederland tegen stormvloed is een groot nationaal belang, en met de uitvoering van de Deltawerken voldoet de overheid aan een opdracht die mede door toedoen van de volksvertegenwoordiging in een wet is neergelegd. Hoewel de uitvoering der werken derhalve een rechtmatige overheidsdaad is, zou ze niettemin ongewenste toestanden in het leven kunnen roepen doordat de bestaansvoorwaarden van een grote groep particuliere bedrijven worden gewijzigd in een mate die niet tot de normale risico's mag worden gerekend en die ook voor het regionale economische leven als te zwaar moet worden aangemerkt. Om zulke ongewenste gevolgen te voorkomen is het nodig dat compenserende maatregelen worden getroffen. Hoever de overheid daarin moet gaan, is in abstracto wel te zeggen: het rechtsgevoel moet erdoor worden bevredigd. Maar niet ieders rechtsgevoel is even spoedig bevredigd; dat verschilt per individu, maar ook per gemeenschap als geheel. In vroeger eeuwen werd ongetwijfeld minder zwaar getild aan de schade die enkelingen of groepen leden ten gevolge van een overheidsingrijpen in het algemeen belang; en ook in onze tijd zijn er maatschappijen waar schade ten gevolge van een overheidsdaad voornamelijk wordt gezien als een normaal risico van het maatschappelijk verkeer. Om een voorbeeld te noemen uit onze eigen geschiedenis: bij de droogmaking van de Haarlemmermeer in 1851 bleef elke compenserende maatregel van de zijde van de overheid achterwege, hetgeen voornamelijk de eenvoudige beroepsbevolking uitermate zwaar trof. Kijkt men naar de samenlevingen om ons heen, dan kan men globaal zeggen dat de

Nederlandse samenleving thans een verhoudingsgewijs hoge verplichting aan de overheid wenst op te leggen om bij schadegevallen, zoals we hier bedoelen, compenserende maatregelen te treffen. In de Verenigde Staten bij voorbeeld bevredigt het maatschappelijk beginsel 'ieder voor zich' nog zozeer het rechtsgevoel, dat er niet aan te denken zou zijn, gelden van de gemeenschap aan te wenden voor een wetgeving als wij hier willen beschrijven.

Alvorens verder te gaan is het wel goed te preciseren om wat voor schade het hier wel en niet gaat. Er is vrijwel geen waterstaatswerk denkbaar waarvan de uitvoering geen bestaande belangen aantast; in veel gevallen moet worden onteigend; bij direct aantoonbare schade van materiële aard – verzakking als gevolg van grondverzet in de onmiddellijke nabijheid bijvoorbeeld – zal schadevergoeding moeten volgen. Maar in zulke schaderegelingen voorziet de bestaande wetgeving. Een nieuw stuk wetgeving als neergelegd in de Deltaschadewet is daarvoor niet nodig. Deze wet beoogt te voorzien in, om het zo maar eens te zeggen, structurele benadeling. Het overheidsingrijpen kan iemands bedrijf in zijn waarde aantasten zonder er een vinger naar uit te steken. Wordt bij voorbeeld viswater door overheidsingrijpen onbruikbaar, dan kan een vloot vergaan terwijl ze, voor het oog onbeschadigd, in de haven ligt. De bedrijven waaraan de schepen toebehoren lijden dan ontegenzeglijk schade door een rechtmatige overheidsdaad, en niet alleen die bedrijven, ook allen die er werkzaam zijn, voorts de toeleverars van benodigdheden aan die bedrijven, hun klanten, en ten slotte de plaatselijke gemeenschap als geheel, waarin de bij

die bedrijven betrokkenen immers weer functioneren als consumenten van goederen en diensten. Deze laatste schade vormt al een aspect van de gemeenschapsschade, die het duidelijkst aanwijsbaar is bij die gemeenten die buitengewoon sterk steunen op één bedrijfstak, zoals vanouds Yerseke en Bruinisse op de visserij.

Juist ten aanzien van de structurele benadeling bevinden de denkbeelden zich in een voortdurende ontwikkeling. De eerste maal dat in verband met een waterstaatkundige ingreep bij afzonderlijke wet maatregelen werden getroffen, was in 1925, toen de Zuiderzeesteunwet werd aangenomen. De uitzonderlijk grote schaal waarop door de afsluiting van de Zuiderzee werd ingegrepen in de bestaansmogelijkheden van de bevolking eromheen, maakte het onmogelijk voorbij te zien aan het maatschappelijk nadeel waarin velen terechtkwamen. Echter, de naam van de toen aangenomen wet geeft reeds aan dat ze een voornamelijk sociale strekking had. Dat een dergelijke, maar modernere regeling ook getroffen zou moeten worden voor de van de visserij afhankelijke bevolking in Zuidwest-Nederland, werd bij de voorbereiding van de Deltawet al meteen beseft. Vandaar artikel 8. Aanvankelijk sprak dit artikel alleen van 'visserij en aanverwante bedrijven'. De toevoeging 'andere daarvoor in aanmerking komende' is te danken aan een amendement vanuit de volksvertegenwoordiging. De gevolgen van deze wijziging zijn ingrijpend gebleken: de omvang van de uit hoofde van de wet te verlenen tegemoetkomingen nam toe met 200 %. De Deltaschadewet is niet bedoeld voor de ingewikkelde aangelegenheid van de gemeenschapsschade. In de opzet van de Deltaschadewet worden alle schaden alleen gezien als nadelen van natuurlijke personen of rechtspersonen. Inzake de gemeenschapsschade zijn allerlei structurele maatregelen noodzakelijk, die echter binnen het kader van een schadewet niet tegelijkertijd én algemeen én concreet genoeg kunnen worden geformuleerd. Er zijn andere mogelijkheden van rijkssteun aanwezig om deze schade te ondervangen.

In feite concentreert de Deltaschadewet zich voornamelijk op drie bedrijfstakken: de scheepsbouw, de visserij en de griend-, riet- en biezencultuur. Anderssoortige bedrijven zijn echter geenszins van de werking van deze wet uitgesloten.

De technische zijde van de aanpassingsproblemen van scheepsbouwers en scheeps-slopers is in deze Berichten al eerder afzonderlijk behandeld (Bericht nr. 32, mei 1965).

Foto op pag. 330
Ansjovisvangst op de Zeeuwse wateren

Hiernaast: de scheepswerven die in aanmerking komen voor uitkeringen krachtens de Deltaschadewet, zijn vrijwel alle gelegen in het noordelijk Deltabekken

Voor de stapelloop en in veel gevallen ook voor het hellingen en slopen van schepen werd in het Deltagebied voorheen gebruik gemaakt van het vrij grote tijverschil.

Tot de kenmerkende veranderingen die na de afsluiting van het Haringvliet zijn opgetreden in het noordelijk Deltabekken – en daar zijn vrijwel al deze bedrijven gevestigd – behoren de verlaging van de H.W.-stand, de verhoging van de L.W.-stand, en de verkleining van het tijverschil dientengevolge. Alle werken ze in het nadeel van de scheepswerven. De aanpassingen moeten daardoor in veel gevallen gezocht worden in verlaging of verlenging van de hellingen. De werven, die vrijwel steeds buitendijks zijn gelegen, kunnen aan de landzijde de ruimte voor verlenging niet vinden. Verlenging naar de rivier toe is kostbaar. In sommige gevallen moet de helling worden omgebouwd tot dokhelling. Het is duidelijk dat het aantal economisch aanvaardbare aanpassingsmogelijkheden in die situatie beperkt is. Verplaatsing, concentratie van produktie-eenheden of vermindering van de exploitatie, bij voorbeeld beperking tot een kleiner scheepstype, moeten mee overwogen worden. Naar het zich thans laat aanzien zullen aan de ongeveer 100 bedrijven in deze bedrijfssector die onder de schaderegeling vallen, uitkeringen moeten worden gedaan tot een bedrag van ongeveer 100 miljoen gulden, of bijna de helft van alle uit de Deltaschadewetgeving voortvloeiende compensatiebedragen.

Het probleem van de aanpassing is voor de visserij gedeeltelijk gelegen in de andere eisen die worden gesteld aan de bedrijfsuitrusting: wanneer men voor de visserij verder de Noordzee opgaat, is een zwaardere



scheepsmotor, veelal ook een zeewaardiger schip nodig dan voor de visserij in de tijwateren. De langere vaarafstanden kunnen in sommige gevallen de bedrijfsresultaten drukken. Maar voor enkele categorieën van vissers doemt een veel grotere bedrijfsbelemmering op: door de aanleg van de Deltawerken worden de natuurlijke voorwaarden voor hun bedrijf sterk beperkt, of zelfs helemaal geblokkeerd. De schelpdierencultures ondervinden deze belemmering in hoge mate. De oesterkweek, die in de Oosterschelde door zeer goede natuurlijke voorwaarden begunstigd wordt, zal soortgelijke condities na de afsluiting van die zeearm nergens anders in Nederland kunnen vinden. Mossels zijn oecologisch veel minder gevoelig dan oesters. De kweek van deze dieren kan worden voortgezet in de Waddenzee, waar ook nu al het merendeel

van de consumptiemossels vandaan komt. Het oostelijk deel van de Waddenzee wordt echter niet voor de teelt van consumptiemosselen gebruikt omdat het gebied is aangetaast door een parasiet; wel wordt hier mosselzaad gevestigd voor de Zeeuwse kweekpercelen. Bij het uitgeven van kweekpercelen beperkt de overheid zich tot het westelijk deel van de Waddenzee. Op die gronden kunnen ongeveer zestig levensvatbare mosselbedrijven bestaan. Er zijn thans ongeveer 120 mosselbedrijven; sanering van deze bedrijfstak is derhalve een eis van de toekomst, en het zou rationeel zijn, de sanering in samenhang te zien met de Deltaschaderegelingen, al blijft het waar dat de Deltaschadewet niet gericht is op saneringen of structurele verbeteringen in deze of gene bedrijfstak. Een bijzonder geval vormen de mosselbe-

drijven met percelen in de Eendracht, het water tussen Tholen en Noord-Brabant. De huur van deze percelen werd in 1968 niet verlengd, in verband met de aanleg van de Schelde-Rijnverbinding, die door de Eendracht voert. Strikt genomen vielen de gedupeerden niet onder de Deltaschaderegeling, maar moesten zij compensatie zoeken krachtens een voor deze zaken tussen Nederland en België gesloten tractaat. De schade-uitkering zou in dat geval veel minder bedragen. Werden er geen Deltawerken uitgevoerd, dan zouden deze kwekers nieuwe percelen zijn aangeboden in de Oosterschelde; vanuit deze veronderstelling beschouwt men ze nu ook maar als voor de Deltaschadewet in aanmerking komende gevallen. Men telt een honderdtal getroffen visserijbedrijven die niet aan schelpdierteelt doen, daarin meegerekend de Zoutkamper vissers die schade ondervinden van de afsluiting van de Lauwerszee, en ook de aan de visserij aanverwante bedrijven. Aan alle visserijbedrijven gezamenlijk zal naar schatting ongeveer f 70 miljoen moeten worden uitgekeerd.

Griend-, riet- en biezelers treft men vooral aan in de Biesbosch en in het Land van Altena. De condities die deze cultures hier mogelijk maakten, die van een zoetwater-getijdendelta, zijn door de werken van het Deltaplan goeddeels weggenomen. Praktisch zorgen nu alleen de variaties in de bovenafvoer en de manipulaties met de uitwateringsluizen in het Haringvliet nog voor een schijngetij van veel minder amplitude dan het oorspronkelijke. Op de laagst gelegen gebieden, de slikken die voorheen met elk getij onderliepen en weer droogvielen, placht men biezen te kweken; de iets hoger gelegen gorzen waren geschikt voor de teelt van riet, en nog verder opgehoogde gronden voor het verbouwen van griendhout. Deze laatste gronden werden laag bedijkt, zodat ze alleen bij hoge vloed nog overstroomd werden. De veelvuldige afzetting van een nieuwe sliblaag was voor de biezen-, riet- en griendteelt van vitaal belang. De problemen van de telers in dit gebied zijn thans drieërlei: de natuurlijke voorwaarden voor hun teelt gaan achteruit, hun vervoerskosten gaan omhoog omdat hun cultuurgronden thans minder goed over water bereikbaar zijn geworden, en met de groeiende toepassing van kunststoffen in de waterbouw neemt de vraag naar hun produkt verder af. Er zijn 160 bedrijven rechtstreeks bij het probleem betrokken, daaronder dus ook gerekend afnemers, zoals rietmattenfabrieken. De kosten van de maatregelen in deze bedrijfstak worden volgens het huidige prijs-

peil geschat op f 35 miljoen.

De totale kosten, voortvloeiende uit de Deltaschadewetgeving, komen dan op f 200 à 250 miljoen, dus nog geen 10% van de totale kosten van de Deltawerken.

De interdepartementale 'commissie ex art. 8', waaraan de voorbereiding van de Deltaschadewetgeving werd opgedragen, heeft veel tijd nodig gehad voor haar werk. Ze moest niet alleen de grondslagen leggen voor de uiteindelijke wetgeving op dit gebied, maar ook in tussentijds opkomende gevallen advies verstrekken over tijdelijke of definitieve aanpassingsregelingen die niet konden wachten op de totstandkoming van de wet. Zo heeft zij de raad gegeven, de havens van Veere en Arnhem, die al in 1961 van de zee werden afgesloten, ten bate van de vissersvloot te doen vervangen door een nieuw aan te leggen haven te Colijnsplaat (Bericht nr. 12, mei 1960). De bijna twee decennia die nog zouden verlopen voor ook die haven door een dam van de zee zou worden afgesloten, rechtvaardigden de investering.

In één categorie van schadegevallen, die van de oesterkwekers, is tot vooruitlopende wetgeving overgegaan, omdat speciale omstandigheden noopten tot voortijdige liquidatie van een aantal bedrijven. Op de oesterkwekerijen lag na de ongunstige uitkomst van het onderzoek naar andere kweekgebieden dan de Oosterschelde (Bericht nr. 24, mei 1963) de doom van bedrijfsbeëindiging. De winter van 1962 op 1963 was zo streng, dat een groot deel van de oesters in de Oosterschelde doodvroor. Had het nog zin de door de vorst vrijwel geruïneerde kwekers de schade te laten herstellen, in het vooruitzicht dat ze hun bedrijf een jaar of tien later evenwel voorgoed zouden moeten sluiten? Beter leek het, de getroffen bedrijven onmiddellijk na de oester-ramp de mogelijkheid te bieden tot liquidatie, onder aanbieding van een tegemoetkoming in de geleden vermogens-, bedrijfs- en belasting-schade, overeenkomstig de normen die later ook in de Deltaschadewet zijn neergelegd. De door de vorst verloren gegane oestervoorraden werden voor 60% vergoed, althans tot een bedrag van f 50 000; daarboven voor 50% (wet van 16 september 1966). De oesterkweker was overigens geheel vrij in de besteding van het hem uitbetaalde. Sommige kwekers gingen door met hun bedrijf, en hun initiatief is de afgelopen jaren door de resultaten gehonoreerd; mede natuurlijk omdat door de Wet Schade Oesterkwekers een belangrijke sanering in hun bedrijfstak was uitgelokt. Het spreekt vanzelf dat deze oesterkwekers bij de onvermijdelijke liquidatie van hun cultures

Een der vele met riet omzoomde
kreken in de Biesbos

straks niet nogmaals een beroep kunnen doen
op schadecompensaties als voorzien in de
Deltaschadewet. Elke schade kan maar één
keer verhaald worden.

Principes van de Deltaschadewet

Het is niet zo dat de overheid middels de
Deltaschadewet de consequenties van het
Deltaplan getracht heeft af te kopen met een
som gelds; de wet laat bijvoorbeeld waar ze
de bedrijfsschaden behandelt, duidelijk de
volgorde zien waarin de overheid de verschil-
lende mogelijkheden wil overwegen. Allereerst
wordt getracht het bedrijf in kwestie door
aanpassing aan de nieuwe omstandigheden
ter plaatse te behouden. Dan wordt verplaat-
sing overwogen, daarna verminderde exploi-
tatie en een tegemoetkoming in de winst-



derving ten gevolge daarvan; pas in laatste instantie stelt de wet regels voor de tegemoetkoming bij liquidatie. Door deze volgorde wil de wetgever aanduiden dat hij waar mogelijk bestaande bedrijfstakken en sociale structuren gerespecteerd en gered wil zien. Pas waar de mogelijkheden technisch en economisch gaan ontbreken, zoekt hij rechtvaardigheid te bereiken door alleen maar financiële compensatie.

Het ontwerp van de Deltaschadewet noemde drie oorzaken waardoor bedrijven en personen binnen de afsluitingswerken structureel benadeeld kunnen worden, en wel: de verandering van de waterbeweging, die van het zoutgehalte en de belemmering van de vaart naar zee. Bij amendement werden nog twee oorzaken van benadeling toegevoegd, betrekking hebbende op de morfologische en bio-



logische veranderingen aan de zeezijde van de afsluitdammen en als direct gevolg van de aanleg ervan.

Om een tegemoetkoming uit hoofde van deze wet te kunnen ontvangen is het voor bedrijven noodzakelijk dat ze rechtstreeks en onevenredig zwaar worden getroffen door de genoemde veranderingen, of, als het ware onrechtstreeks, maar toch nog steeds onevenredig zwaar, doordat ze bij voorbeeld buitengewoon belangrijke zakelijke relaties onderhouden met een rechtstreeks onevenredig zwaar getroffen bedrijf, en daardoor delen in de benadeling ervan. Werknemers komen voor een tegemoetkoming in aanmerking wanneer hun arbeidsverhouding met een getroffen bedrijf tengevolge van de hier bedoelde schaden wordt beëindigd. Met de uitdrukking 'onevenredig zwaar' doet de wetgever een beroep op het zogeheten 'draagkrachtbeginsel': tot op zekere hoogte – in concreto doelt de wet op 10% – zal een winstderving als een normaal risico door de benadeelde moeten worden aanvaard. Bij extreme winstderving – in concreto vanaf het 11de procent – treedt de overheid compenserend op.

Is aanpassing van een getroffen bedrijf mogelijk, en bestaat vanuit het bedrijf zelf ook inderdaad de wens daartoe, dan kunnen zowel de kosten van het technisch vooronderzoek als van de uitvoering der aanpassingswerken en van het toezicht daarop onder de te verrekenen kosten van aanpassing worden gebracht, die uiteraard in hun geheel aan de goedkeuring van de minister onderworpen zijn. Van deze kosten moet weer worden afgetrokken wat is geïnvesteerd ter vervanging van oud door nieuw, tot verbetering van de exploitatiemogelijkheden, en hetgeen aan restwaarde overblijft van bij de aanpassing afgedankte goederen. Het eigen risico, waarvoor zoals we zagen een norm van 10% is genomen, wordt bepaald aan de hand van de bedrijfsresultaten van de afgelopen vijf jaar voorafgaand aan de schade. Kapitaliserend volgens algemeen aanvaarde normen, stelt de wet de eigen bijdrage vast op 70% van één gemiddelde jaarwinst. Deze kapitalisering moet in zekere mate gerelateerd worden aan de rentestand. De eigen bijdrage, het is misschien goed dat nog eens te benadrukken, wordt dus niet gesteld op een percentage van de aanpassingskosten, maar van de eventuele bedrijfswinst. Het is duidelijk dat hiermee de economisch minder sterke bedrijven worden ontzien. Overigens wordt niemand verplicht tot aanpassing. Geeft men de voorkeur aan een ander soort reorganisatie

of aan bij voorbeeld verplaatsing, dan is men daar in beginsel vrij in. Er is slechts een financiële limiet gesteld: de vergoeding kan, als men een andere oplossing kiest, niet verder gaan dan datgene waarop men recht zou hebben bij aanpassing. Het plafond van de tegemoetkoming in aanpassingskosten wordt op zijn beurt gevormd door de liquidatiekosten van datzelfde bedrijf. Op deze wijze wordt getoetst of de aanpassing economisch verantwoord is.

De voorwaarden voor tegemoetkoming bij verplaatsing van een bedrijf zijn op overeenkomstige wijze geredigeerd. De minister beoordeelt of de verplaatsing economisch verantwoord is en weegt de kosten van verplaatsing af tegen die van niet-verplaatsing. Het plafond van de tegemoetkoming wordt ook hier gevormd door de liquidatiekosten, en weer bedraagt de eigen bijdrage 10% van de jaarlijkse winst.

Er zijn gevallen van bedrijfsschade denkbaar waarin niet kan worden voorzien door aanpassing of verplaatsing van het bedrijf. In dat geval zal genoeg moeten worden genomen met verminderde exploitatiemogelijkheden. Het is zeer moeilijk in zo'n geval precies te bepalen hoe groot de aangerichte schade is; immers, in de toekomst kan men niet zien. Toch ligt het in de bedoeling van de wet, de uitkeringen inzake verminderde exploitatiemogelijkheden ineens te doen, zodat het getroffen bedrijf kapitaal in handen krijgt om iets anders aan te vatten. De te verwachten winstderving over de eerste tien jaar vanaf het optreden van de nadelige invloeden op het bedrijf wordt geschat, en het verschil tussen de gemiddeld per jaar overblijvende winst en 90% van de thans gemiddelde jaarwinst vastgesteld. Na kapitalisering resulteert een uitkering ineens van negen maal dat bedrag. Lukt het niet een redelijke schatting te maken van de te verwachten winstderving, dan wordt er eerst drie jaar lang uitgekeerd op grond van de werkelijk opgetreden winstderving; daarnaanvolgend komt dan ineens een uitkering voor de resterende zeven jaren. Er wordt van uitgegaan dat het effect van de onevenredige benadeling door toedoen van de afsluitingswerken na een periode van tien jaar wel is uitgewerkt; bovendien stipuleert de wet dat ook daaraan voorafgaand al rekening zal worden gehouden met andere exploitatiemogelijkheden die het bedrijf in kwestie inmiddels heeft verworven.

Zullen de exploitatiemogelijkheden, naar men redelijkerwijs verwachten mag, in de toekomst zakken beneden een aanvaardbaar peil, of gaan de primaire voorwaarden voor bedrijfs-

uitoefening verloren, en kan daarin door aanpassing of verplaatsing niet worden voorzien, dan zal een bedrijf beëindigd moeten worden. Er worden dan uitkeringen gedaan voor de bedrijfsschade en voor de vermogensschade, dat is de waardevermindering van de bedrijfs-uitrusting. Ten aanzien van de bedrijfsschade moet een verschil worden overbrugd tussen de vroegere gemiddelde winst en de waarde van de bij liquidatie vrijkomende kapitaal en arbeid. Op grond van een kapitaliserings-berekening keert men acht maal dat verschil uit. Onder vrijkomende arbeid wordt verstaan de marktwaarde van een arbeidskracht die door de beëindiging van een bedrijf weer ter beschikking komt. Ter wille van de eenvoud en ter vergroting van de vergelijkbaarheid van verschillende situaties worden per bedrijfs-functie in het algemeen overal dezelfde waarden vastgesteld.

Bij stringente doorvoering van alleen deze vier oplossingen – aanpassing, verplaatsing, vermindering en opheffing – zouden ook alleen de meest strikte bedoelingen van de wet kunnen worden gerealiseerd. De wet wil evenwel andere doelstellingen, die tegelijkertijd zouden kunnen worden verwekelijkt, niet in de weg staan. Daarom bevat hij enkele bepalingen die het mogelijk maken van de juridisch meest voor de hand liggende oplossing af te wijken. Op de algemene regel dat tot aanpassing niet wordt overgegaan wanneer het de duurste oplossing is, zijn uitzonderingen mogelijk 'indien . . . door de aanpassing van het bedrijf ook schade voor anderen wordt voorkomen of beperkt'. Stel, er is een bedrijf dat aan honderden arbeiders in een overigens betrekkelijk weinig geïndustrialiseerde streek werk biedt. Het kan nooit de bedoeling van de wet zijn om de belangen van die honderden arbeiders en van hun gemeenschap te schaden door dat bedrijf te sluiten, hoewel dat afzonderlijk bezien de goedkoopste oplossing zou zijn. De minister kan besluiten de kosten van een massale plaatselijke werkloosheid als het ware bij de liquidatiekosten van het bedrijf op te tellen, en dan de som opnieuw te maken, wellicht met andere uitkomst.

In een andere richting wijst het artikel dat stelt: een tegemoetkoming kan op verzoek van de belanghebbende worden verleend voordat de schade is opgetreden. Daar moeten wel bijzondere redenen voor zijn, en in het algemeen zullen dat redenen zijn samenhangende met verminderde exploitatiemogelijkheden voor een bedrijfstak in zijn geheel als gevolg van de door de afsluitingen veranderde omstandigheden. Deze bepaling

maakt de humane sanering van een bedrijfstak mogelijk. Er kunnen nu plannen worden gemaakt voor bedrijfssluiting op grond van de verwachting van verminderde exploitatiemogelijkheden. Met name een wat oudere en honkvaste generatie zal bereid zijn zich vervroegd terug te trekken nu deze hand haar wordt toegestoken. Een geringer aantal bedrijven kan dan met meer kans op succes de overgebleven mogelijkheden exploiteren. De Deltaschadewet regelt ook de tegemoetkoming in schade die werknemers bij getroffen bedrijven lijden. Als algemene maatregel geldt in dat geval dat in verband met aanpassing, verplaatsing, verkleining of opheffing van een bedrijf op straat gekomen werknemers recht krijgen op een wekelijks uitkering van 80% van hun normale loon, later mee op te trekken met het algemene loonpeil. Dit percentage is in overeenstemming met de in zulke loondervingsgevallen wel meer gehanteerde norm. Boort men nieuwe bronnen van inkomsten aan, dan worden die tot 80% met de tegemoetkoming verrekend. Alle werknemers van dezelfde leeftijd krijgen deze tegemoetkoming even lang uitbetaald, minstens een jaar na het verleende ontslag, maar zij die tussen de 41 en 60 zijn op het ogenblik dat ze werkloos worden, krijgen die tegemoetkoming langer, al naarmate ze ouder zijn. Geleidelijk klimt de duur van de uitkering: voor iemand van 59 jaar duurt ze 4 jaar en 8 maanden, voor iemand van 60 jaar 5 jaar; die krijgt de uitkering dus tot aan zijn A.O.W. Jongere mensen die niet tijdig vervangend werk zouden hebben gevonden – wat thans in Nederland heel onwaarschijnlijk is –, verliezen een jaar na hun ontslag hun aanvullende tegemoetkoming op wat ze toch al ontvingen ingevolge de Wet Werkloosheidsvoorziening.

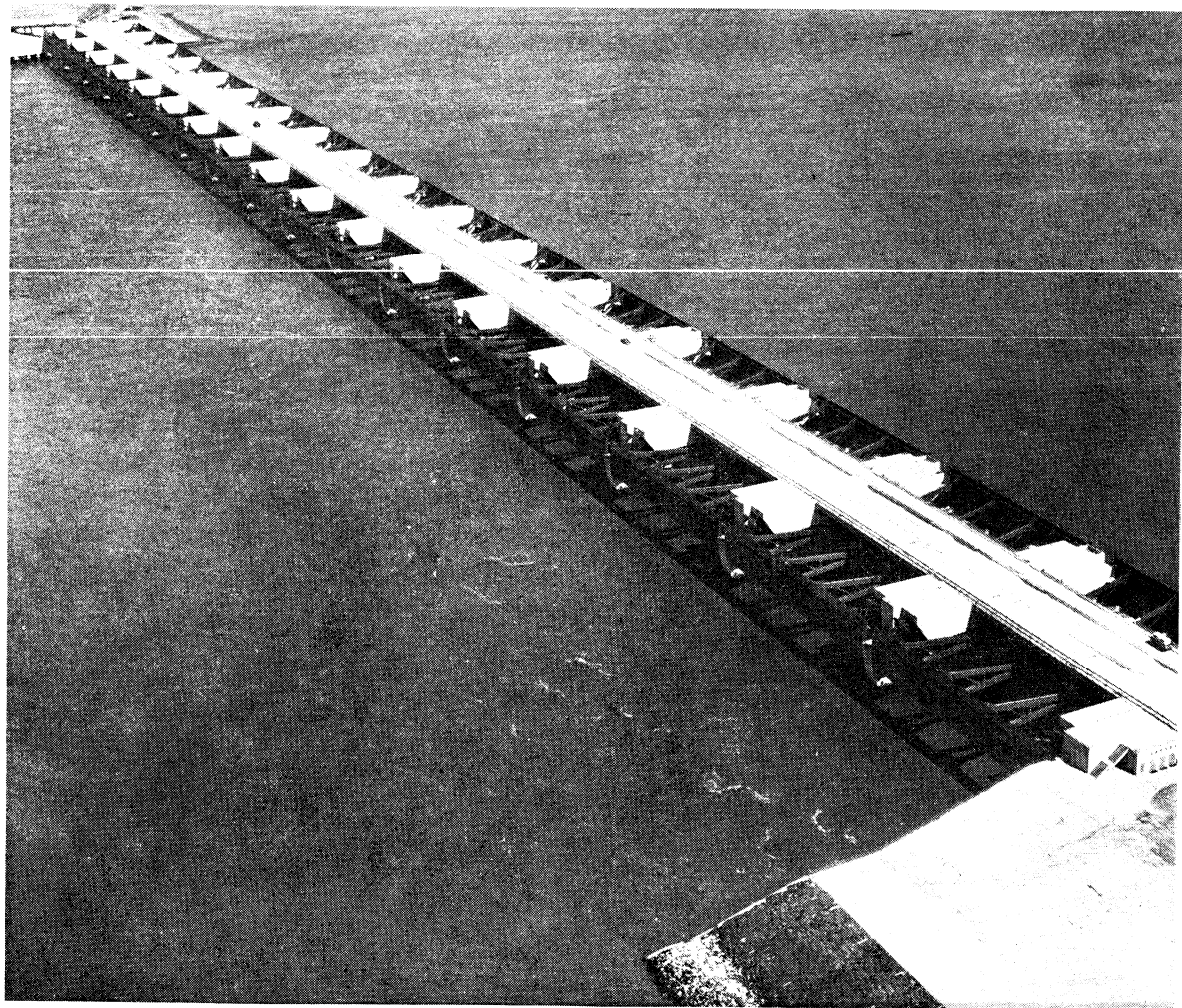
Hierenboven zijn financiële regelingen getroffen in het belang van herscholing en in geval van verhuizing, deze laatste evenzeer ten dienste van zelfstandigen als van werknemers.

De uitvoering van de Deltaschadewet is opgedragen aan de Minister van Verkeer en Waterstaat voor zover het de schade van bedrijven betreft; de Minister van Sociale Zaken en Volksgezondheid behartigt de schade van werknemers.

De Minister van Verkeer en Waterstaat laat zich van advies dienen door een drietal commissies voor de schadebepaling, één voor elke hoofdtaak van bedrijf die door de Deltawerken in zijn belangen wordt geschaad: vriend-, riet- en biezenecultuur, visserij en scheepsbouw. Elk van deze commissies is

samengesteld uit drie leden-ambtenaren, drie leden aangewezen door het bedrijfsleven en één onafhankelijk lid, tevens voorzitter. Het secretariaat der commissies berust op de afdeling Waterstaatsrecht van de Hoofddirectie van de Waterstaat. Aan elke commissie is een technisch adviseur toegevoegd, een ambtenaar met een bijzondere kennis van en vertrouwde met de bedrijfstak in kwestie. De uitvoeringsvoorschriften van de wet leggen het initiatief voor de indiening van een schadeclaim bij de gedupeerden. De drie commissies onderzoeken de ingediende schadeclaims en brengen de Minister van Verkeer en Waterstaat advies uit over de grootte van de te verlenen tegemoetkoming. De schadeclaims moeten in beginsel zijn ingediend binnen een jaar na het in werking treden van de Deltaschadewet – dat was op 10 maart 1971 – of binnen een jaar nadat de schade voor het eerst is opgetreden. Over tegemoetkomingen inzake schade die is opgetreden vóór het in werking treden van de wet, worden de 'wettelijke interessen' berekend en mee uitgekeerd; zij zijn gekoppeld aan het promisse-disconto en bedragen thans 9%. In compensatie van de geldontwaarding is niet voorzien, gezien de vorm van de tegemoetkomingen: een uitbetaling ineens, met de mogelijkheid tot voorschotten. Mocht er tengevolge van deze 'gulden-is-gulden-regel' in een enkel geval schromelijke onbillijkheid optreden, dan zal afwijking van de regel worden overwogen. De onderscheiden commissies hebben van doen met bedrijven van wel zeer verschillend kaliber. De commissie scheepswerven en scheepssloperijen voert overleg met soms grote werven, die op een ingewikkelde manier verweven zijn in wijdvertakte concerns. Het is van belang dat met name in deze bedrijfstak door externe accountantskantoren een zekere normalisering wordt toegepast, wil men ooit tot vergelijkbare cijfers komen in geval van zulke belangrijke basisgegevens als gemiddelde jaarlijkse winst; een verwijzing naar de financiële administratie van de bedrijven blijkt daartoe onvoldoende. Het overleg met de scheepsbouwbedrijven en scheepssloperijen is voortgekomen uit contacten die de Rijkswaterstaat vanaf 1958 begon te leggen met de belanghebbenden bij de aanpassing van waterstaatswerken. Langzaamaan kwam de uitwisseling van gegevens en problemen op gang, in georganiseerde vorm veelal door tussenkomst van de Centrale Bond van Scheepsbouwmeesters in Nederland. Op 1 januari 1971, drie maanden na de afsluiting van het Haringvliet, was in deze sector 95%

van de totaal te verwachten claims ingediend. Directies van scheepsbouwbedrijven zijn doorgaans in staat zelfstandig de aanpassing van hun bedrijven te bezien; zij komen, als ze voldoende gegevens hebben verzameld, na verloop van tijd met een uitgewerkt plan en een daarbij behorende claim, waarover dan overleg kan worden gevoerd. Zulk zelfstandig optreden is niet in alle sectoren van de belanghebbenden te verwachten. De andere twee commissies voor de schadebepaling komen met veel kleinere en eenvoudigere bedrijven in aanraking, eenmans- of enkele-mansbedrijfjes met een vaak summiere boekhouding. De voorlichting moet veelal mondeling gegeven worden, wat uit menselijk oogpunt ook meer bevrediging schenkt. De commissie schadebepaling vriend-, riet- en biezencultuur heeft bij haar schriftelijke enquête aan mogelijke belanghebbenden twee formulieren toegestuurd: een specificerend schadeformulier en een formulier dat men moest inzenden wanneer het eerste formulier onvoldoende duidelijk werd gevonden. 57% van de antwoorden bestond in terugzending van dat tweede formulier. De commissie heeft toen te Giessendam en in enkele andere plaatsen voorlichtingsdagen gehouden waarop met elk bedrijf afzonderlijk van gedachten gewisseld werd over de schade. Dat werkte goed. De schadebepaling is voor vele bedrijven slechts één stap in de richting van een soms als zeer onzeker gevoelde toekomst. De contacten die de commissies met de beroepsbevolking onderhouden, liggen in het verlengde van vroegere en volgende georganiseerde overheidsbemoeiingen met deze mensen. Het is essentieel dat wederzijds vertrouwensrelaties worden opgebouwd en voortgezet, op grond waarvan een gezamenlijke verkenning van de toekomst mogelijk is.



De eerste ervaringen met het noordelijk Deltabekken na de afsluiting van het Haringvliet

Sinds de Haringvlietsluizen in gebruik zijn genomen – officieel gebeurde dat op 2 november 1970 – is nog slechts weinig tijd verlopen waarin ervaringen konden worden opgedaan met de nieuwe situatie in het noordelijk Deltabekken. Het is dan ook nog te vroeg om een volledig geheel op de werkelijkheid steunend beeld te kunnen geven van de gevolgen van de afsluiting van het Haringvliet en van de ingebruikneming der uitwateringssluizen. De strekking en de omvang van deze gevolgen waren voorspeld en vooraf berekend, maar pas sinds korte tijd kan de theorie aan de praktijk worden getoetst. Niet alle situaties die voor de toetsing van het waterbeheersingssysteem van het noordelijk bekken van belang zijn, hebben zich sedert de Haringvlietsluiting al voorgedaan. Zo zijn in de afgelopen winter geen zware stormen voorgekomen, en evenmin trad ijsbezwaar op. Ook heeft de proefperiode zich tot nu toe onderscheiden door betrekkelijk lage rivierafvoeren, zodat de sluizen ingevolge het toegepaste Normale Lozingsprogramma gedurende nagenoeg de gehele periode vrijwel gesloten bleven. Hoewel de ervaring zowel door de korte tijdsduur als door de geringe verscheidenheid van de opgetreden situaties vooralsnog tamelijk beperkt is gebleven, leek het toch nuttig er in deze Berichten zo spoedig mogelijk enige mededelingen over te doen. De complexiteit van het hydraulisch systeem van het noordelijk Deltabekken en het grote aantal belangen dat er mee gemoeid is, maken een geregelde en frequente voorlichting over het waterstaatkundig beheer van dit gebied gewenst. Het tempo waarin de verschillende gevolgen van de nieuwe situatie merkbaar worden, loopt nogal uiteen. Sommige veranderingen vol-

trokken zich onmiddellijk: zowel de horizontale als de verticale getijbeweging pasten zich binnen enkele getijden aan. Andere reacties volgen indirect; zij zijn op hun beurt het gevolg van de veranderingen in de getijbeweging, waardoor ze zich langzamer manifesteren. Dat geldt voor de zoutbeweging, maar nog sterker voor de beweging van de door de stroom opgewoelde en meegevoerde sedimenten, zand en slib. Om de berekeningen en voorspellingen dienaangaande volledig aan de praktijk te kunnen toetsen, moet meer tijd verlopen.

Onder dit voorbehoud zal in het nu volgende artikel dieper worden ingegaan op de genoemde aspecten van de veranderingen in het noordelijk bekken. Daarbij komt tenslotte ook de bedrijfsvoering met de Haringvlietsluizen ter sprake.

De waterbeweging en de scheepvaart

De vraag in hoeverre de waterbeweging in het noordelijk bekken na de Haringvlietsluiting overeen zou komen met de dienaangaande op grond van studies gedane voorspellingen, kon al spoedig worden beantwoord. Enkele proefsluitingen van de uitwateringssluizen in de zomer van 1970 gaven een tamelijk duidelijk antwoord in positieve zin. De ervaringen na de definitieve ingebruikstelling van de sluizen hebben thans genoegzaam bevestigd, dat er een zeer bevredigende overeenstemming bestaat tussen de praktijk en de berekeningen vooraf, zowel wat betreft de stromen als wat de waterstanden aangaat. Van het meeste belang was uiteraard de vraag of de berekening en de voorspelling juist waren geweest van de hoogwaters die tengevolge van een storm in

het noordelijk bekken kunnen optreden. Twee stormen in het afgelopen seizoen boden de gelegenheid om op dit punt opheldering te krijgen. De eerste storm vond plaats op 19 en 20 oktober 1970, dus nog vóór de officiële ingebruikneming van het sluisencomplex. Ingevolge een vooraf gemaakte afspraak werden de sluisen evenwel gesloten, om de stormvloed de toegang tot het noordelijk bekken zoveel mogelijk te ontfangen. Inderdaad heeft de sluiting van de sluisen zowel de polders van de Biesbos, waar nog een deel van de suikerbietenooft op het land stond, als het buitendijkse gedeelte van de stad Dordrecht voor overstrooming bewaard. Toen dat najaar een tweede storm de Delta bereikte, op 9 en 10 november, was het sluisencomplex al officieel in gebruik. In beide gevallen bleek dat de hoogwaterstanden op het Haringvlietbekken, in de omgeving van Dordrecht en in de Biesbos door de sluiting van de Haringvlietssluisen en door de afsluiting van het Volkerak aanzienlijk zijn verlaagd. De stormvloedstanden te Dordrecht stemden redelijk overeen met de voorspellingen die waren gedaan in het rapport van de Delta-commissie (zie tabel).

Om een indruk te geven van de mate waarin getijvariëaties op zee zich doen gevoelen op het noordelijk bekken, biedt figuur 1 een overzicht van het verloop van de hoog- en laagwaterstanden te Hoek van Holland, Dordrecht, Moerdijk en Werkendam. Daarbij zijn dan meteen gegeven het verloop van de afvoer der bovenrivieren en de daarbij ingevolge het Normale Lozingsprogramma gekozen sluisopeningen. Uit correlatie van de hoog- en laagwaterstanden op de landinwaarts gelegen stations met die te Hoek van Holland moest

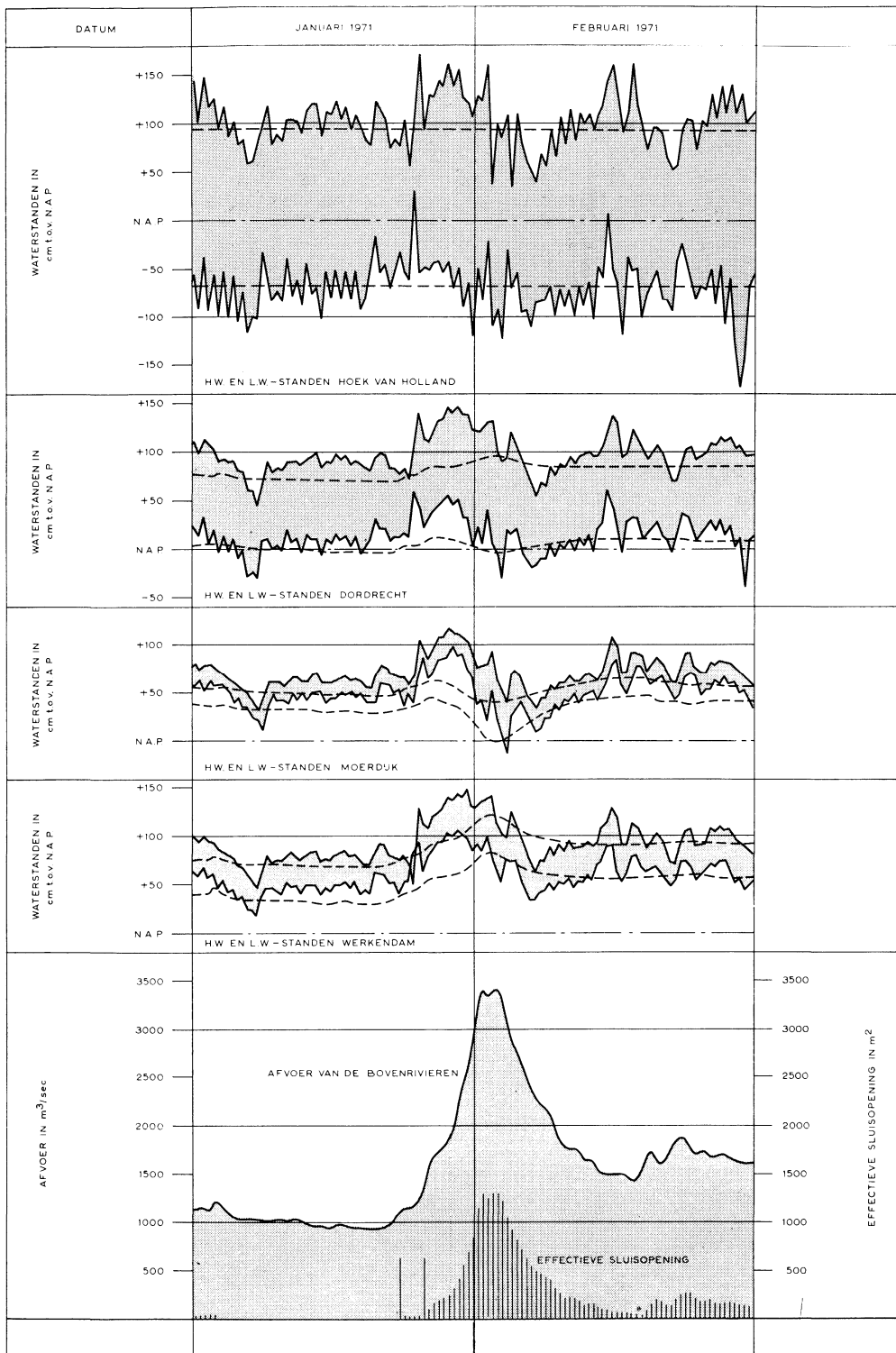
Tabel H.W.-standen tijdens de stormen van 19 en 20 oktober en 9 en 10 november 1970

Fig. 1 H.W.- en L.W.-standen te Hoek van Holland, Dordrecht, Moerdijk en Werkendam, samen met de afvoer der bovenrivieren en de sluisopeningen; jan./febr. 1971. De voorspelde gemiddelde waarden zijn met streeplijnen aangegeven

blijken of de voorspelde gemiddelde waarden redelijk goed overeenkomen met wat er in werkelijkheid gebeurt. Dergelijke correlaties zijn gemaakt voor de hoog- en laagwaterstanden in een periode waarin de Bovenrijn-afvoer schommelde om de 1700 m³/sec. (figuur 2), en ter controle op de voorspelling van de onder meer voor de scheepvaart belangrijke hoogwatertijdstippen langs de Nieuwe Waterweg, de Nieuwe Maas, de Noord en de Oude Maas (figuur 3). Uit al deze figuren blijkt dat de voorspelling van de verticale getijbeweging bij betrekkelijk lage rivierafvoeren redelijk nauwkeurig is geweest. Niet minder goed blijkt de uitkomst van de voorspelling der horizontale getijbewegingen; zie bijvoorbeeld de controlemeting van de stroomsnelheden in de Noord (figuur 4). In aanmerking genomen de getijvariëaties in zee, komen

Tabel

datum		opgetreden H.W.-stand (in cm t.o.v. N.A.P.)	H.W.-standen indien de Deltawerken niet waren uitgevoerd (in cm t.o.v. N.A.P.)	voorspelling volgens het Delta- rapport (in cm t.o.v. N.A.P.)
19 en 20 oktober 1970	Hoek van Holland Dordrecht Haringvlietbekken	+ 248 + 183 + 130	+ 248 + 281 + 298	+ 195
9 en 10 november 1970	Hoek van Holland Dordrecht Haringvlietbekken	+ 211 + 174 + 116	+ 211 + 245 + 250	+ 170



de voorspelde waarden redelijk dichtbij de waarnemingen in de natuur.

De plotseling optredende wijzigingen in de waterloopkundige toestand van het noordelijk Deltabekken hebben vooral de scheepvaart getroffen, samen met de daaraan verwante bedrijvigheid; er werd een groot aanpassingsvermogen gevraagd van de beroepsvaart. Door de afsluiting van het Haringvliet zijn de stroomsnelheden op het Haringvliet, het Hollands Diep, de Oude Maas bij Dordrecht, de Amer, de Bergse Maas, de Nieuwe Merwede en in de Biesbos afgenomen. Daarentegen namen de stroomsnelheden toe op de Dordtse Kil, het Spui, de Noord en in de benedenmond van de Oude Maas. Als gevolg van het na de afsluiting gehanteerde lozingsprogramma zijn in het gehele noordelijke

Infra-rood-opname van de Biesbos. Midden over de foto loopt de Nieuwe Merwede; links boven ziet men het Hollands Diep



Deltabekken de gemiddelde hoogwaterstanden verlaagd, en de gemiddelde laagwaterstanden verhoogd. De verandering is het grootst op het Haringvlietbekken; daar bedraagt het tijverschil onder normale omstandigheden nog maar 15 à 20 cm.

De beroepsvaart heeft zich snel aangepast aan de gewijzigde stromingstoestand, waarbij blijk werd gegeven van een grote mate van vakbekwaamheid. Het aantal scheepsongevallen bleef ongeveer gelijk; ernstige ongevallen tengevolge van onbekendheid met het veranderde stroombeeld bleven uit. Hierbij moet worden aangetekend dat de weersomstandigheden gedurende de eerste weken na de afsluiting van het Haringvliet uitgesproken ongunstig waren. De maand november en de eerste week van december 1970 werden gekenmerkt door perioden met krachtige tot

stormachtige wind uit westelijke richtingen, waardoor de waterstanden op zee opliepen, afgewisseld door enkele korte rustigere perioden met een meer normaal getij. Als gevolg van de sterke wisselingen in het gemiddeld zeeniveau werd het peil op het Haringvlietbekken nu eens extra opgezet, dan weer verlaagd; plaatselijk traden daarbij hoge stroomsnelheden op.

Een paar riviergedeelten met name bezorgen de scheepvaart vooral tijdens en vlak na een storm, veel hinder. Dat zijn: de Dordtse Kil, waar die bij 's-Gravendeel een profielvernauwing ondergaat; de Oude Maas ter plaatse van de Spijkenisserbrug, bij eb; en het splitsingspunt van Oude Maas en Spui, eveneens slechts bij eb.

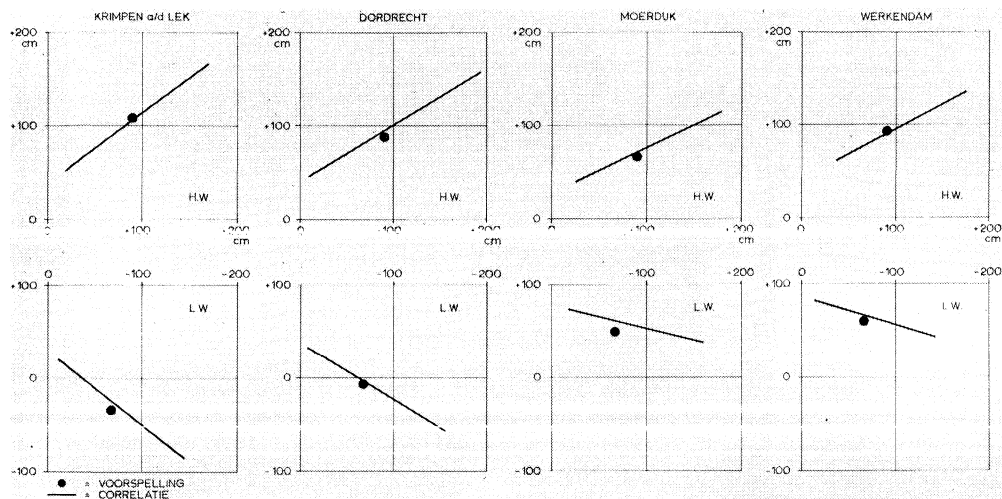
Op de Dordtse Kil ondervinden voornamelijk het veer van Wioldrecht naar 's-Gravendeel en de scheepvaart die dit veer moet passeren, hinder van de stroom. Het is voorgekomen dat schepen met een betrekkelijk kleine motor onvoldoende vermogen bleken te bezitten om tegen de stroom op te varen. De snelheid van de oppervlactestroom bedraagt hier onder normale omstandigheden thans 5 km per uur, tegen 3½ km per uur voor de afsluiting van het Volkerak. Onder extreme omstandigheden kan de stroomsnelheid oplopen tot 7 km per uur. De veerboten beschikken over voldoende vermogen om de stroom te overwinnen, maar ze zijn tamelijk slecht manoeuvreerbaar. Een werkgroep ter bestudering van dit probleem, gevormd door de gemeente Dordrecht en de Rijkswaterstaat, heeft inmiddels ter zake een advies ter verbetering uitgebracht.

In het nauwe profiel van de Oude Maas ter plaatse van de Spijkenisserbrug kan de ebstroom thans onder extreme omstandigheden meer dan 6 km per uur bedragen. Ook hier is het voorgekomen dat schepen met een gering motorvermogen niet tegen de stroom op konden komen, en men ziet nogal wat schepen de brug met moeite passeren. Er wordt onderzocht of de situatie noopt tot bijzondere maatregelen.

Bij het splitsingspunt Oude Maas-Spui loopt tijdens eb een hinderlijke dwarsstroom langs de westelijke oever van het Spui de Oude Maas in. Onder extreme omstandigheden kan de stroomsnelheid dan oplopen tot meer dan 6 km per uur. Vooral slepen die niet tijdig opsturen kunnen hier uit de koers lopen. Met werkzaamheden ter verbetering van de stromingstoestand op dit splitsingspunt zal naar verwachting eerlang een begin worden gemaakt.

Behalve nadelen bezorgt de wijziging van de stromingstoestand de scheepvaart ook voor-





2

delen. Zo is de voorheen moeilijke passage van de bruggen over de Oude Maas bij Dordrecht door de verflauwing van de stroom veel gemakkelijker geworden. Ook de veranderingen van de waterstanden zijn van belang voor de scheepvaart. Voordelig is, dat de Nieuwe Merwede door de verhoging van de laagwaterstanden thans gedurende het hele getij goed bevaarbaar is. Eind 1972, wanneer de werkzaamheden aan de verdieping van de rivier zullen zijn voltooid, wordt de bevaarbaarheid van de Nieuwe Merwede nog beter. Een nadeel dat aan de verhoging van de laagwaterstanden kleefte, is de vermindering van de maximale doorvaart-hoogte van vaste bruggen. Een stuk of tien scheepswerven, waarvan sommige tamelijk ver landinwaarts liggen, en die zeeschepen, casco's van zeeschepen of zeewaardig baggermaterieel bouwen, ondervinden hier hinder van.

Aanpassingen

Als gevolg van de gewijzigde waterloopkundige toestand moesten en moeten in het Deltagebied allerlei aanpassingswerken worden verricht, waarvan de meest in het oog vallende hieronder zullen worden besproken. Aangezien de vloedstroom op de Dordtse Kil en het Spui thans in het algemeen noordwaarts is gericht en de ebstroom zuidwaarts, in beide gevallen dus tegengesteld aan de vroegere stroomrichting, moesten op deze wateren onmiddellijk na de afsluiting van het Haringvliet de tonnen, de kribbakens en de oeververlichting worden gewijzigd. De werkzaamheden daaraan werden begonnen op 30

oktober 1970; ze waren voltooid op 5 november van dat jaar.

Reeds in het Deltarapport werd opgemerkt dat de gewijzigde stromingstoestand op de beide splitsingspunten van waterwegen bij Dordrecht en op het splitsingspunt van Oude Maas en Spui zou kunnen nopen tot een rivieraanpassing, mede gezien het drukke en groeiende scheepvaartverkeer. Nader onderzoek wees uit dat in de nabijheid van Dordrecht inderdaad zowel het splitsingspunt van Oude Maas, Noord en Benedenmerwede als dat van Oude Maas, Mallegat/Krabbegeul en Dordtse Kil moesten worden aangepast. In het eerstgenoemde geval is de bovenmond van de Noord bij Papendrecht verruimd. De tweede aanpassing is nog in uitvoering. De Krabbe wordt heropend, terwijl het Mallegat door twee dammen wordt afgesloten. Zolang de noordelijke dam in het Mallegat nog niet gereed is, kan tijdens hoge rivierafvoeren bij eb een krachtige stroming langs de zuidelijke oever van de Oude Maas vanaf de spoorbrug het Mallegat intrekken. Gelukkig komt deze stromingstoestand weinig voor.

Met betrekking tot het splitsingspunt van Oude Maas en Spui heeft men lange tijd een afwachtende houding aangenomen, om eens te zien hoe de situatie zich in de praktijk zou ontwikkelen. Inmiddels is gebleken dat verruiming van de bovenmond van het Spui noodzakelijk is. Deze aanbeveling was ook al gedaan in het Deltarapport.

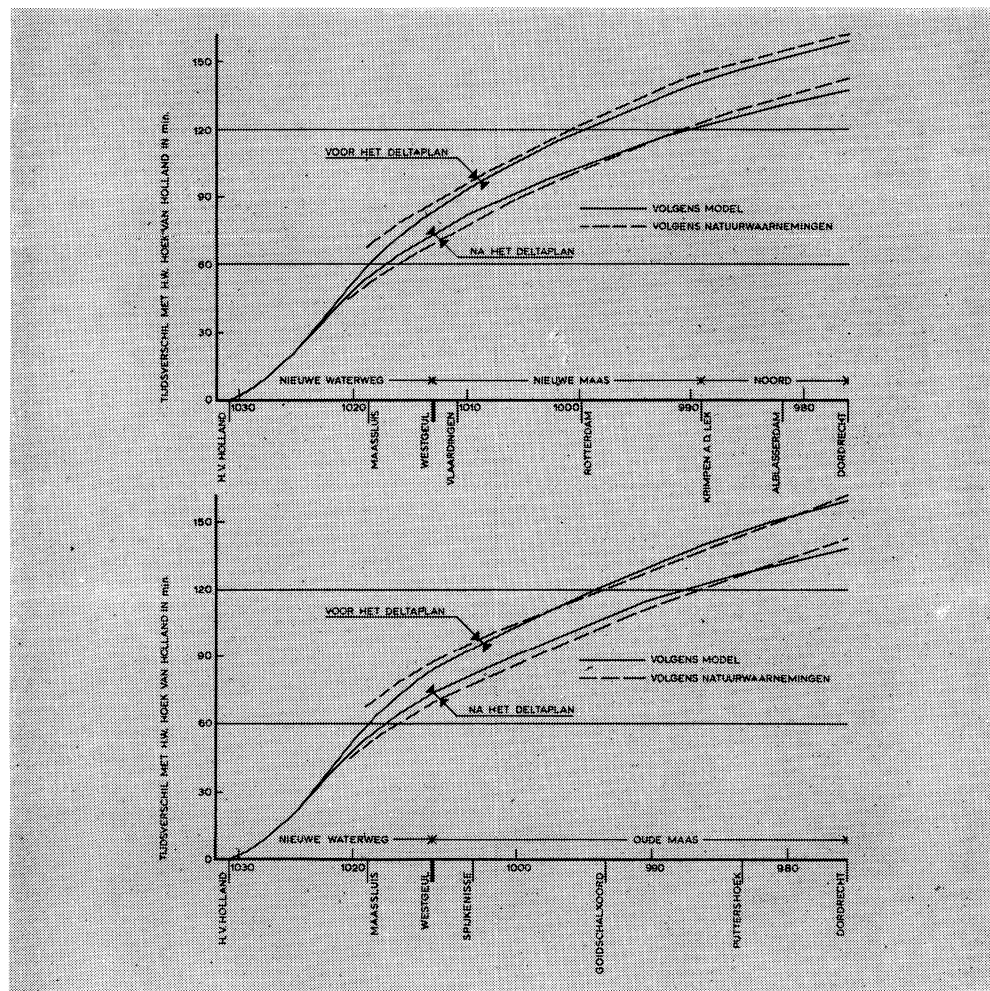
De uitvoering van een aantal andere aanpassingswerken vloeit voort uit de Deltawet. Uit hoofde van artikel 3, lid 2 van die wet moet een aantal binnen- en buitendijkse waterstaatswerken worden aangepast, zoals havens, vargeulen, rioleringen en afwateringswerken

Fig. 2 Correlatie van de H.W.- en L.W.-standen te Krimpen aan de Lek, Dordrecht, Moerdijk en Werkendam met die te Hoek van Holland, bij Rijnafvoeren rond 1700 m³/sec.

Fig. 3 Gemiddelde tijdstippen van H.W. langs de Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Oude Maas en Noord bij een Rijnafvoer van 1700 m³/sec. vóór en na de afsluiting; vergelijking van natuur en model

van geregementeerde polders. Meestal wordt het werk uitgevoerd in opdracht van de beheerders, en verleent het Rijk een bijdrage in de financiering. Op het moment dat het Haringvliet was afgesloten waren door alle beheerders minstens noodmaatregelen getroffen die tijdelijk zorgden voor aanpassing aan de nieuwe toestand. In vele gevallen waren de definitieve aanpassingswerken in uitvoering, in vele andere gevallen waren ze al klaar. Midden mei 1971 was van de 54 aanpassingen die in deze categorie vallen, de helft voltooid. Van de 28 merendeels kleine aanpassingen die nog niet klaar zijn, komen er dit jaar nog 15 gereed. Een andere categorie van aanpassingen vindt plaats onder artikel 7 van de Deltawet. Dit artikel spreekt over de waardeveranderingen van buitendijkse of andere droogvallende gronden: die waardeverande-

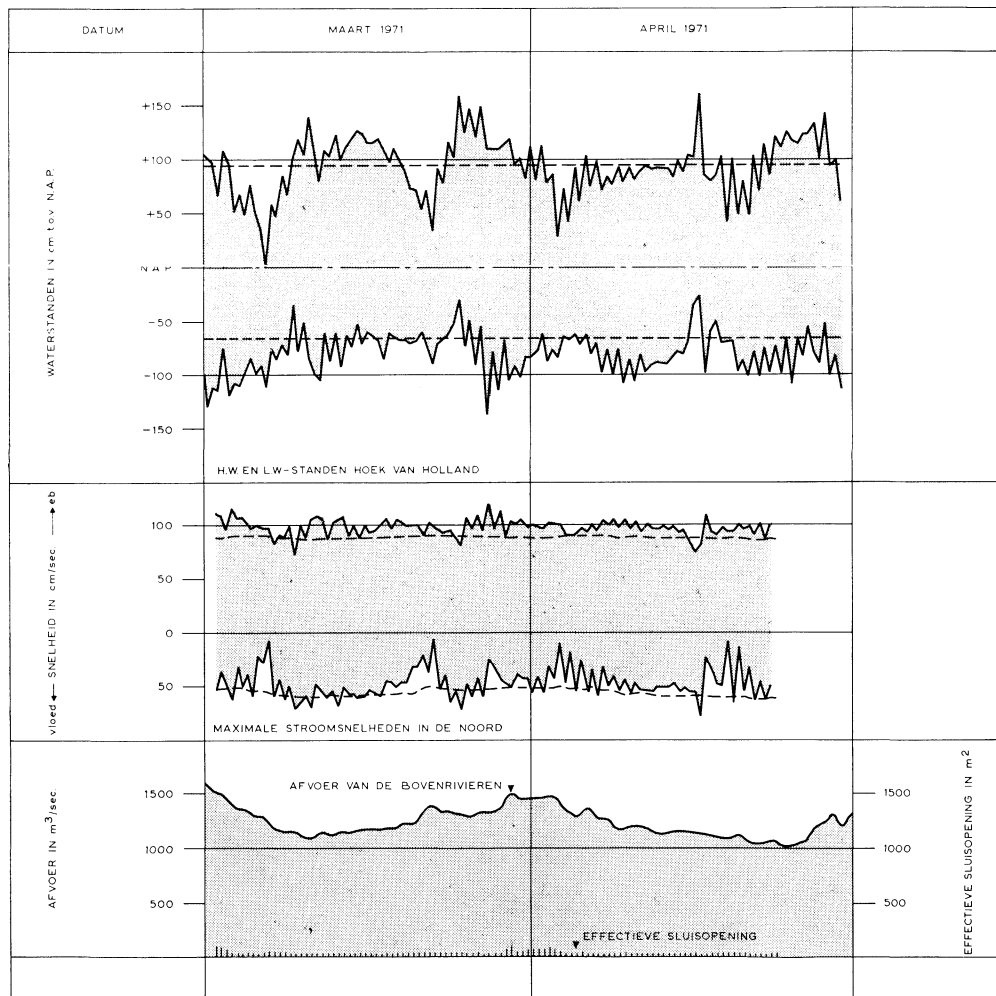
3



ringen moeten met de rechthebbenden worden verrekend. In vele gevallen bleek het in de praktijk voordeliger te zijn, een aanpassingswerk te maken. Er doen zich 51 van zulke aanpassingsgevallen voor. Het merendeel ervan was door de rechthebbenden uitgevoerd op het ogenblik dat het Haringvliet dichtging. Veelal was daarbij een Rijksbijdrage verleend op basis van een voorschotregeling. De verdere financiële afwikkeling is opgedragen aan de Dienst der Domeinen. Over de aanpassingswerken ingevolge artikel 8 van de Deltawet en de uitgewerkte wetgeving die dienaangaande inmiddels tot stand is gekomen, vindt men elders in dit Bericht een afzonderlijke beschouwing. Bijna alle schadegevallen in de categorie scheepsbouw, scheepssloop en aanverwante, betreffen in het noordelijke bekken gesitueerde bedrijven.

Fig. 4 H.W.- en L.W.-standen en maximale eb- en vloedsnelheden in het doorstroomprofiel van de Noord bij Alblasterdam. Maart/april 1971. De voorspelde gemiddelde waarden zijn met streeplijnen aangegeven

Foto Scheepvaartverkeer op de Merwede bij Hardinxveld. Opname van januari 1971



Lang niet alle bedrijven waren tijdig tot het uitvoeren van aanpassingswerken overgegaan, zodat in een aantal gevallen noodvoorzieningen moesten worden getroffen.

Bij een bespreking van de gevolgen der hydraulische veranderingen op het noordelijk Deltabekken is er aanleiding om afzonderlijk te spreken over de gevolgen voor de recreatievaart. In het algemeen kan worden gesteld dat het noordelijk Deltabekken door zijn gedeeltelijke afsluiting van de zee hydraulisch wat kalmer wordt, uitgezonderd in enkele riviergedeelten, die in het voorgaande zijn genoemd. Het beoefenen van watersport wordt in het algemeen dan ook eenvoudiger. De watersport is in dit gebied voor het merendeel geconcentreerd in wateren waar de stroomsnelheden en de tijverschillen sterk zijn afgenomen. De ervaren zeiler, die gewend was rekening te hou-

den met getij en stroom, zal een deel van de romantiek van dit watersportgebied gaan missen. Evenzo wordt het verlies van de 'Oude Biesbosch' door de natuurliefhebbers met weemoed ervaren. De recreatiemogelijkheden nemen door de minder extreme omstandigheden voor een grote middenklasse van liefhebbers daarentegen sterk toe. Het recreatiepatroon in de Biesbos zal door de vermindering van het tijverschil kenmerkende veranderingen ondergaan. Vroeger werden de bezigheden door het getij gedictieerd: bij hoogwater varen, bij laagwater vastzitten en vissen of aan de oever spelen. Sedert de afsluiting van het Haringvliet vallen de zandplaten nog slechts zelden droog. De killen en krekken worden in het kader van de aanpassingswerken verdiept en gedurende de gehele getijcyclus bevaarbaar gemaakt.

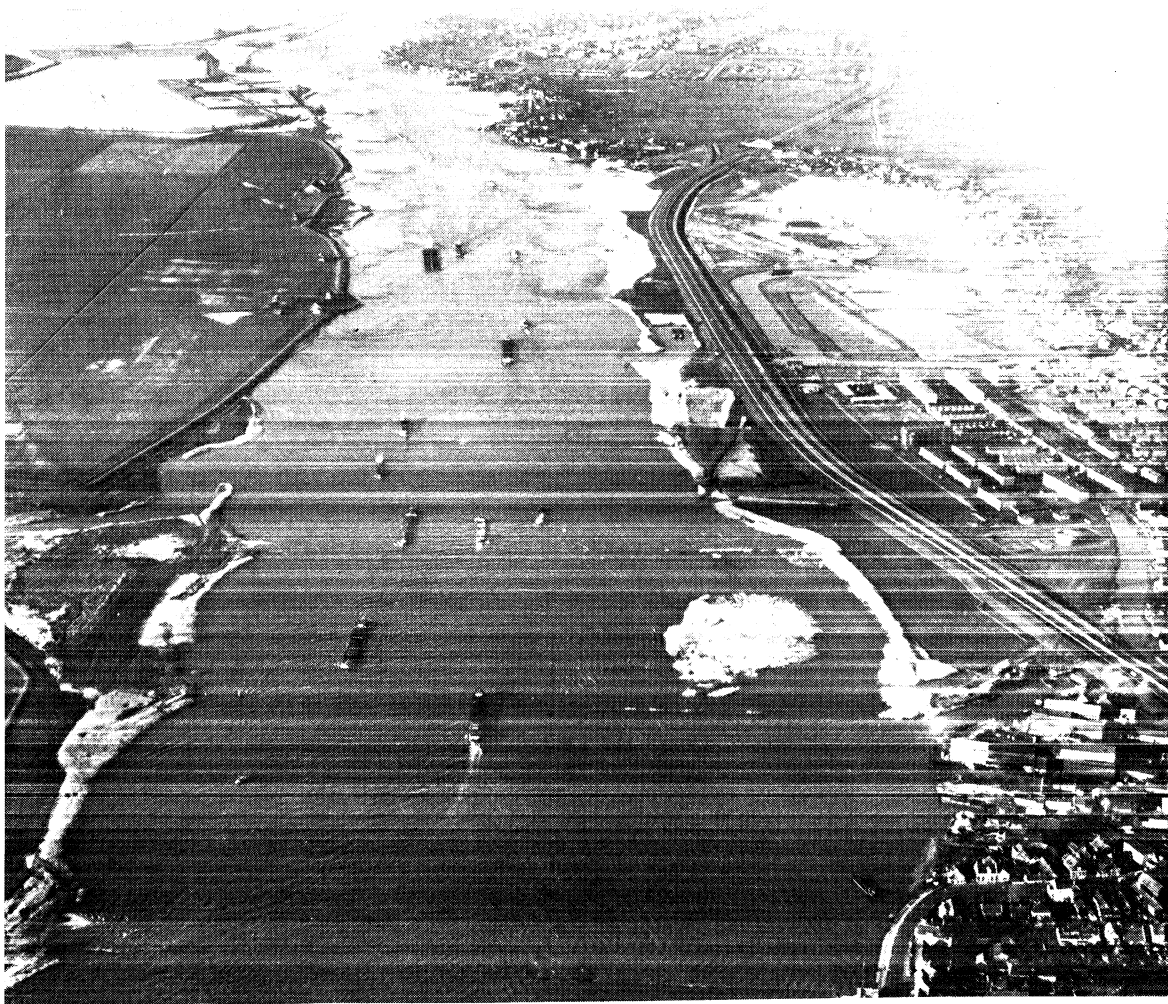




Fig. 5 Verloop van de week-gemiddelden van de effectieve zoutbelasting van het Haringvliet, en van de daardoor veroorzaakte verhoging van het zoutgehalte van het oppervlaktengemengsel van Waal en Maas

De enige plaats waar door de Haringvliet-afsluiting een voor de recreatievaart gevaarlijke situatie wordt opgeroepen, is bij de uitwateringssluizen in het Haringvliet zelf. Tijdens het spuien kan in de omgeving van de sluizen een krachtige spuiroom optreden. Het is niet meer dan plicht, de recreatievaart in de omgeving daar tijdig op te attenderen. Bovendien moet worden voorkomen dat vaartuigen die niet van een motor gebruik kunnen maken, of zwimmers, door de stroom in de richting van de sluis worden gezogen. Het voorlopige spuilicht dat op de sluizen stond opgesteld, bleek al spoedig niet te voldoen: het licht, dat overigens op andere plaatsen wel voldoet, was duidelijk zichtbaar voor wie wist waar het stond opgesteld, maar in de wijde watervlakten rondom de sluizen viel het onvoldoende op. Daarom is een meer opvallende provisorische voorziening aangebracht, in afwachting van de definitieve spuilverlichting, waarbij op elke pijler een krachtig spuilicht wordt geplaatst. Om vaartuigen en zwimmers die toch door de stroom naar de sluizen worden getrokken, houvast te geven, is een opvangwerk aangebracht, bestaande uit verankerde boeien die onderling zijn verbonden door een goed zichtbare kurklijn. Ook zal de vaart in de onmiddellijke omgeving van de sluizen in de toekomst worden verboden. Op verzoek van een aantal Watersportverenigingen en van de afdeling Zwijndrecht van de vereniging Schuttevaer werden bij het begin van het nieuwe recreatie seizoen drie voorlichtingsbijeenkomsten belegd, een in Dordrecht, een in Zwijndrecht en een in Rotterdam. Op deze bijeenkomsten werd voorlichting gegeven over de nieuwe stromingstoestand in het benedenrivierengebied. In totaal kwamen er 800 belangstellenden. Een belangrijk punt van bespreking was de gewijzigde toestand op de Dordtse Kil en in verband

daarmede de situatie op het Wantij en bij de Ottersluis. Van oudsher fungeert de Dordtse Kil als verbinding tussen de jachthavens aan de Oude Maas, de Benedenmerwede en de Noord enerzijds en de Biesbos anderzijds. Aangezien de snelheden op dit water sinds de afsluiting zijn toegenomen en de beroepsvaart er steeds intensiever wordt, werd de pleziervaart voor zover die niet beschikt over een sterke motor, aanbevolen de Dordtse Kil voortaan te mijden, en gebruik te maken van het Wantij. Bij toenemende vaart over het Wantij moet echter gevreesd worden voor lange wachttijden bij de Ottersluis tussen Wantij en Nieuwe Merwede.

Zoutbeweging

Bijna even snel als de veranderingen in de waterbeweging hebben zich wijzigingen in de zoutbeweging voorgedaan. Dank zij de met vele continu registrerende zoutmeters verzamelde gegevens is het thans mogelijk een beeld te geven van het effect van de afsluiting van het Haringvliet op de zoutbeweging. Een optimaal resultaat van de zoutbestrijding mag men thans echter nog niet verwachten. Zolang de Oosterschelde nog open is, blijft immers naast de Rotterdamse Waterweg nog een tweede invalsweg bestaan voor het zoute water, namelijk bij de schutsluizen in het Volkerak. De hoeveelheid zout die als gevolg van het schutbedrijf vanuit het Volkerak op het Haringvliet en het Hollands Diep wordt gebracht, is aanzienlijk. Ze is onder meer afhankelijk van het aantal schuttingen, van het verschil in peil aan weerszijden van de sluis en van het zoutgehalte, dat het verschil in dichtheid van het water bepaalt. Duidelijk waarneembaar is de verhoging die ze veroorzaakt in het zoutgehalte van het water dat van Maas en Waal afkomstig is. Bij Middelharnis, tegenover de mond van het Spui, zijn zout en zoet water volledig gemengd (figuur 5). Bij lage Bovenrijnafvoeren, als de Haringvliet-sluizen nagenoeg geheel gesloten blijven, is deze ongunstige invloed ook merkbaar langs het Spui en rond de Berenplaat. Op het aansluitende deel van de Oude Maas wordt ze vervolgens afgezwakt door toevoeging van water uit de bovenloop van de Oude Maas, waarvan het zoutgehalte ongeveer gelijk is aan dat van de Waal.

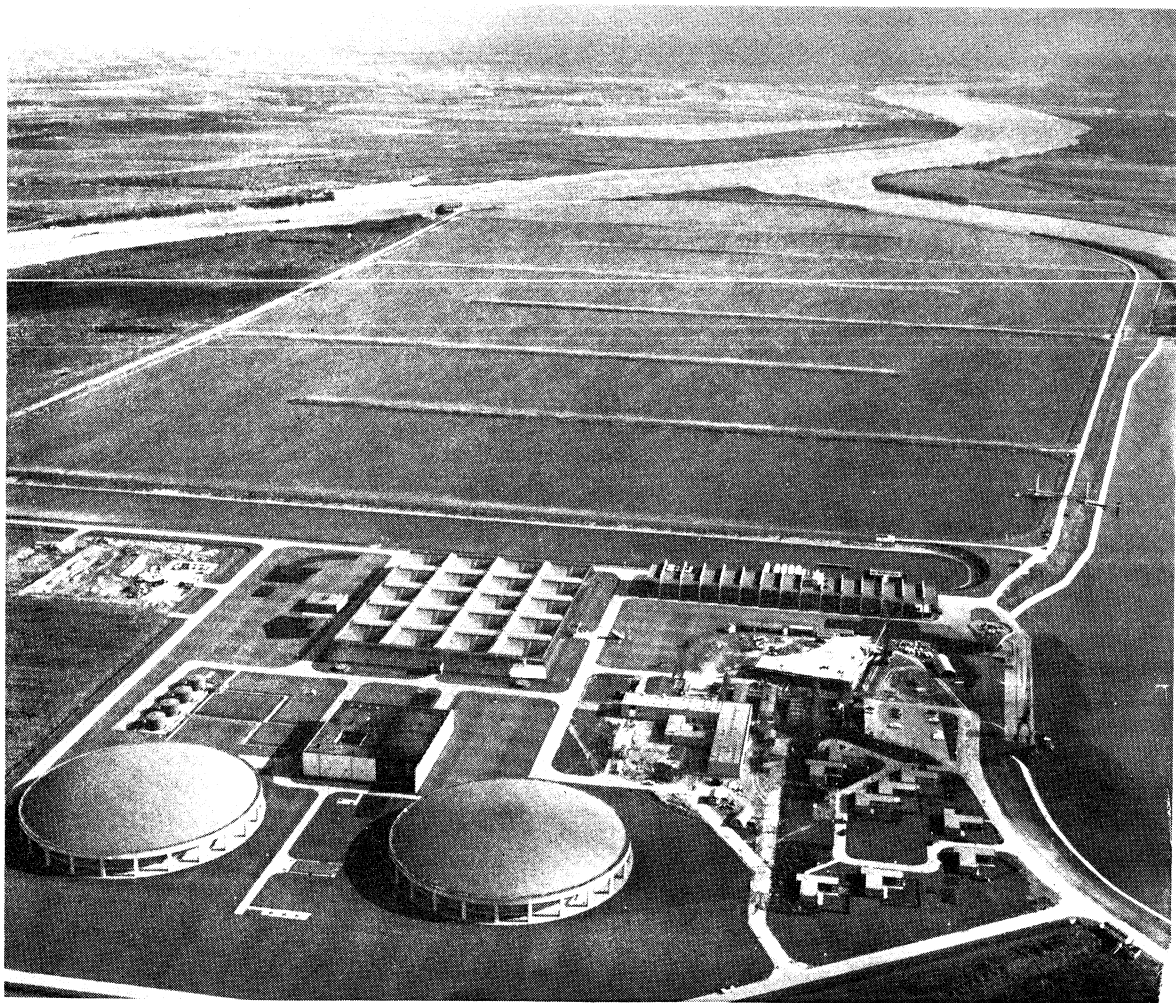
Uit de verzamelde gegevens blijkt dat de voorspellingen omtrent de zoutbeweging in de afgelopen periode voldoende met de werkelijkheid hebben overeengesteld (figuur 6). Ook is de gunstige invloed van het Deltaplan

op de zoutpenetratie uit de waarnemingen af te lezen. Na de afsluiting van het Haringvliet is bij de Van Brienenoordbrug geheel voldaan aan het criterium dat het zoutgehalte bij niet te sterke opwaaiing van het gemiddeld zee-niveau, gemiddeld over het getij niet hoger mag liggen dan 300 mg Cl/l. Bij de Inlaatsluis te Spijkenisse bleek echter, dat in de periode midden april tot midden juni niet altijd werd voldaan aan het voor de Oude Maas gestelde criterium, dat ter plaatse bij niet te sterk afwijkende getijomstandigheden het zoutgehalte tijdens L.W. niet boven 300 mg Cl/l mag stijgen. In verband met de genoemde overschrijding van deze 300 mg Cl/l-grens is het volgende van belang. In het Haringvliet bevindt zich tussen Willemstad en Moerdijk een aantal diepe geulen, die als een natuurlijke zoutvang wer-

Foto De Oude Maas ter hoogte van het waterleidingbedrijf op de Berenplaat

Fig. 6 Verloop van het zoutgehalte bij H.W.- en L.W.-stroomkentering langs de Nieuwe Waterweg en de Nieuwe Maas bij gemiddelde getijomstandigheden op zee en een Bovenrijn-aivoer van 1500 m³/sec., voor en na het in werking treden van de Haringvlietssluisen

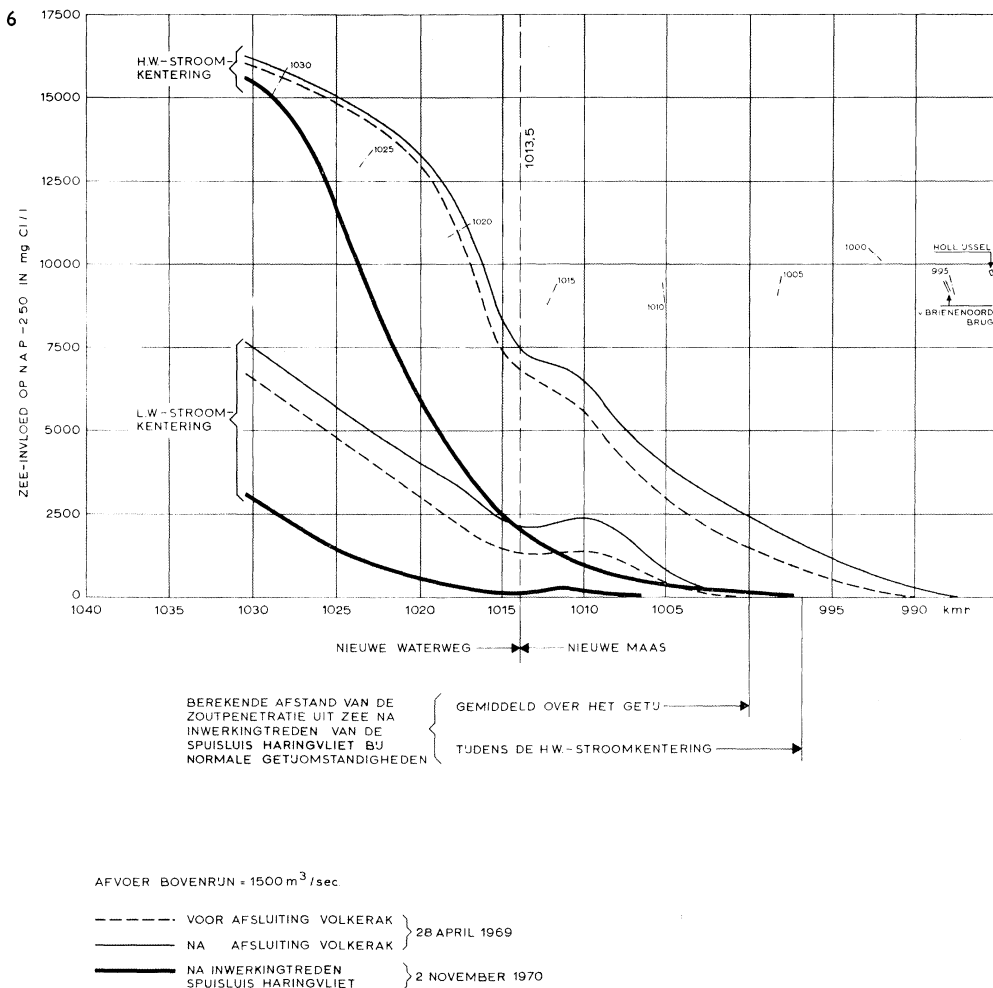
1



ken voor het zoute water dat door de Volkeraksluizen binnendringt. Schommelen nu de oppervlatafvoeren sterk rond hun gemiddelde waarden – hetgeen tot maart het geval was – dan oefenen deze geulen door hun bufferwerking een dempende invloed uit op het verloop van het zoutgehalte in het Haringvlietbekken. Gedurende de eerste vier maanden na de inwerkingstelling van de Haringvlietsluizen op 2 november 1970, bleef het zoutgehalte op het Haringvliet op een enkele uitzondering na dan ook beneden 300 mg Cl/l. Figuur 5 laat echter zien dat gedurende de maanden maart, april en mei niet meer aan deze voorwaarde werd voldaan. De Bovenrijnafvoeren varieerden maar weinig rond een maandgemiddelde van slechts 1500 m³/sec., waardoor de effectieve zoutbelasting van het Haringvliet zich stabiliseerde op 50 à 60 kg

Cl/sec. Hierdoor steeg het zoutgehalte van het Haringvliet tot een weekgemiddelde van rond 400 mg Cl/l. Uiteraard heeft hierbij ook het hoge zoutgehalte van de Bovenrij een grote rol gespeeld. Bij lage afvoeren is het 'eigen' zoutgehalte van deze rivier reeds 300 mg Cl/l. Het opgetreden verloop van het zoutgehalte op het Haringvliet toont de overwegende betekenis van de oppervlatafvoer nog eens duidelijk aan.

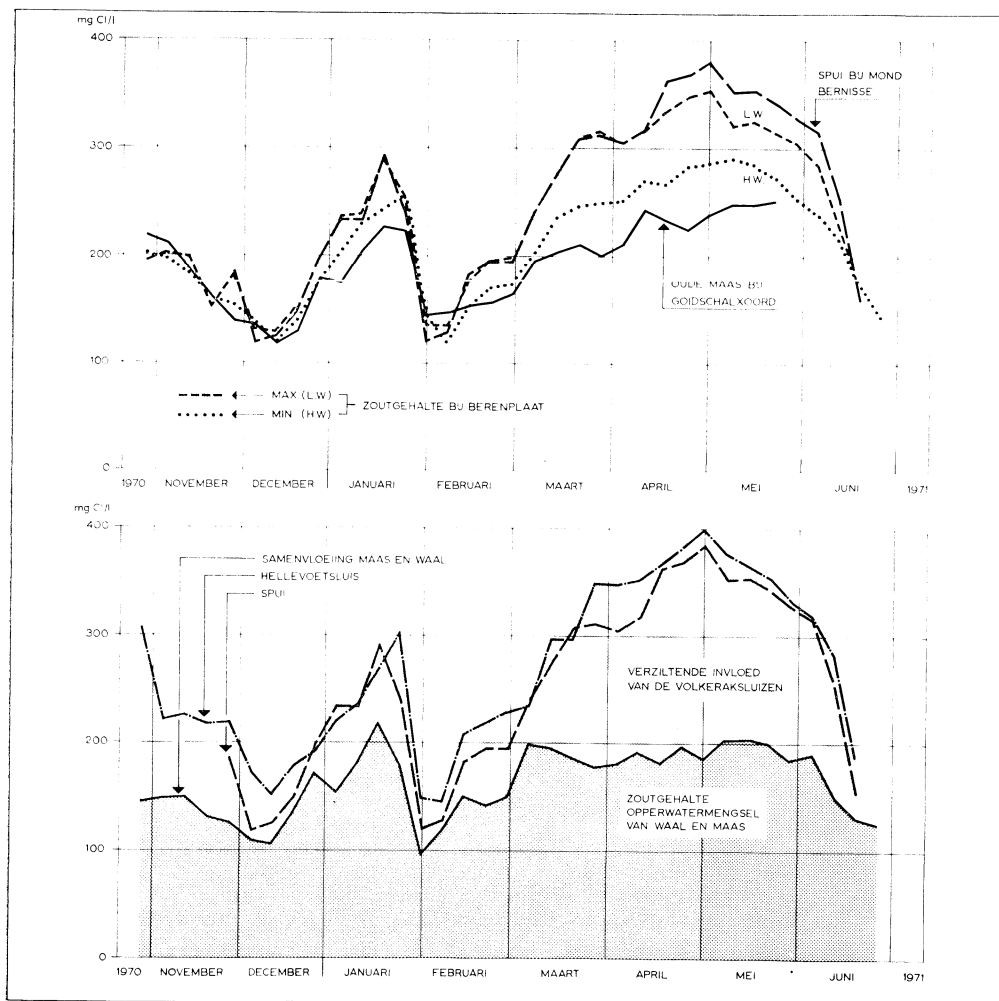
De gevolgen van de achterwaartse verzilting vanuit het Haringvliet doen zich gevoelen bij de inlaatpunten van de Zuiderdiepboezem, via de Bernisse bij die van de Brielse-Maasboezem, en voorts bij die van het waterbedrijf op de Berenplaat. Een overzicht van de weekgemiddelden in dezelfde periode van het zoutgehalte van het oppervlatafvoers van Waal en Maas maakt de effectieve zoutbelasting



van het Haringvliet onmiddellijk kenbaar (figuur 7). Tot de tweede helft van maart bleven de zoutgehalten bij de inlaatpunten beneden 300 mg/l. Daarna stegen ze; tot half juni 1971 bleven ze boven de grens; vervolgens namen de opperwaterafvoeren weer toe, en konden het Hollands Diep en het Haringvliet krachtiger worden doorgespoeld. Zoals in het voorgaande beschreven, is het zoutbezwaar via de Volkeraksluizen een bedreiging voor de waterkwaliteit op het Spui en bij de Berenplaat. Om deze zoutbelasting zoveel mogelijk te beperken zijn vanaf 1 mei 1971 enige bijzondere maatregelen getroffen. Er wordt meer water door de Haringvliet-sluisen naar zee geloosd dan volgens het Normale Lozingsprogramma bij lage rivierafvoeren was voorzien. De versterkte doorspoeling van het Haringvliet heeft echter als

Fig. 7 Weekgemiddelden van het zoutgehalte bij de inlaatpunten van Zuiderdiepboezem, Brielse Maasboezem en Berenplaat; ter vergelijking: het verloop van de weekgemiddelden van het zoutgehalte van het nog niet door de Volkeraksluizen beïnvloede opperwatermengsel van Waal en Maas

Foto's Golfoverslag bij de zeewaartse schuiven van de Haringvliet-sluisen tijdens de storm van 19 oktober 1970

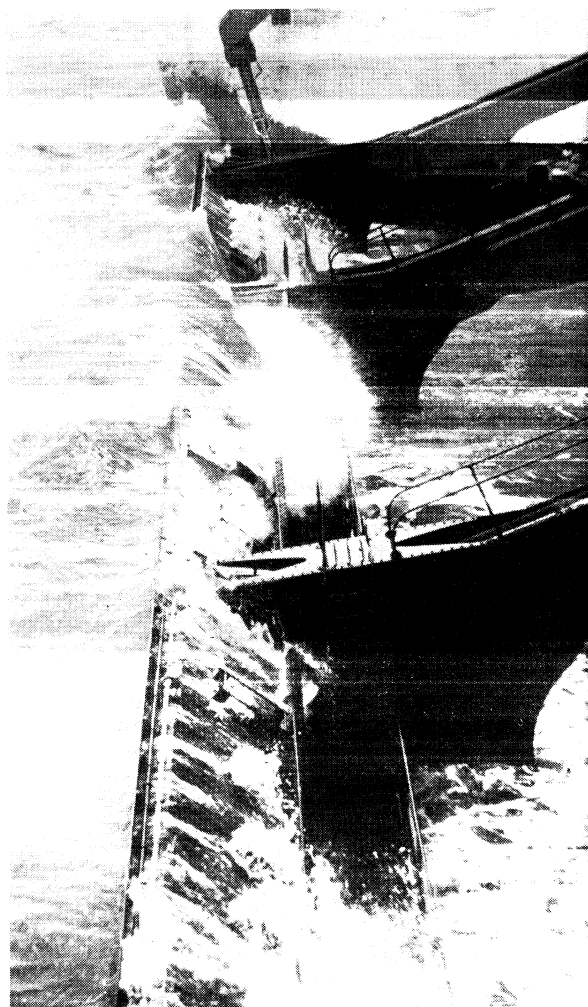




bijkomend effect, dat de waterstanden op het bekken erdoor worden verlaagd, met als nadelig gevolg toeneming van de zoutbelasting door de Volkeraksluizen. Bovendien blijft er minder zoet water beschikbaar voor de zoutbestrijding op de Rotterdamse Waterweg. Daarom kan deze afwijking van het Normale Lozingsprogramma slechts worden toegepast bij Bovenrijnafvoeren gelijk aan of hoger dan hun gemiddelde waarde van $2000 \text{ m}^3/\text{sec.}$, en dan nog alleen in combinatie met continue bewaking van het zoutgehalte op de Nieuwe Maas, en vooral ook op de Oude Maas en het Spui.

Voor zover de scheepvaart het toelaat, wordt bovendien zoveel mogelijk opperwater uit het Haringvlietbekken door de Volkeraksluizen naar het zuiden gespuid. Het zoutgehalte aan de Volkerakzijde van de sluizen wordt dan lager, en daardoor neemt ook het dichtheidsverschil over de sluizen af, en wordt de zoutbelasting kleiner. Daarnaast worden de tussen alle vloed- en ebdeuren van de schutsluizen aanwezige luchtbellschermen, die de penetratie van het zoute water moeten tegengaan, aan een grondige revisie onderworpen en waar nodig vervangen door nood-schermen. Door het zeer drukke scheepvaartverkeer waren de oorspronkelijke luchtbellschermen voor een deel in het ongereede geraakt. Ook wordt getracht door perfectionering van het technisch systeem, uitbreiding van het aantal schermen en een effectieve bediening een groter rendement van deze installatie te verkrijgen.

De zoutpenetratie door de Volkeraksluizen zal nog beter kunnen worden bestreden wanneer eind 1974 of begin 1975 het inlaatwerk van het Zeeuwse Meer in de Volkerakdam gereed



zal zijn; er kan dan meer oppervlakt naar het zuiden worden afgevoerd. Het zal pas voor goed gedaan zijn met de zoutinfiltratie hier, wanneer ook de Oosterschelde is afgesloten en de noordelijke uitloper van het Zeeuwse Meer is verzoet.

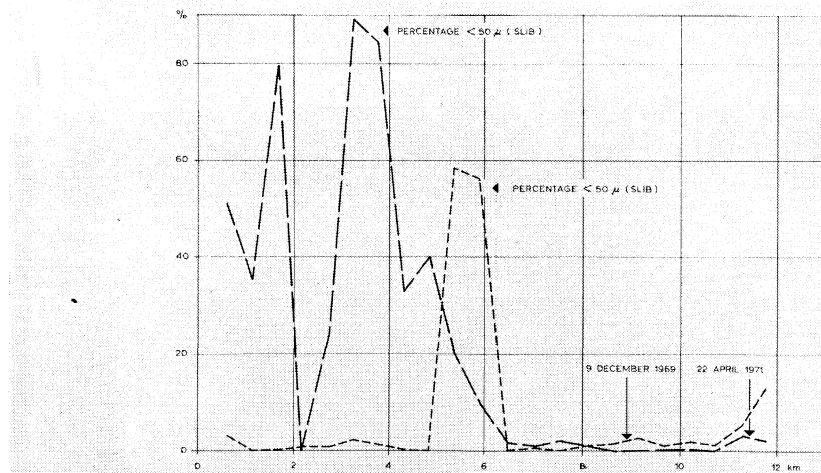
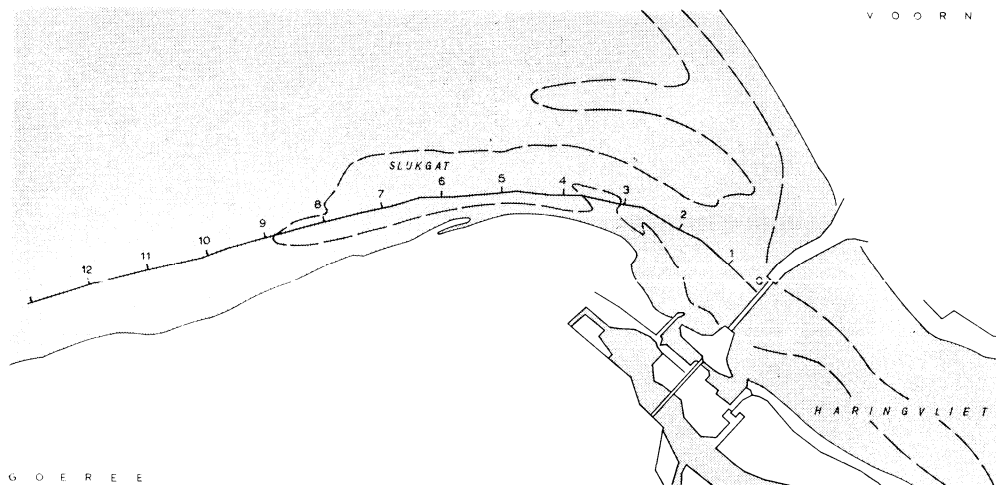
Morfologie van het mondingsgebied

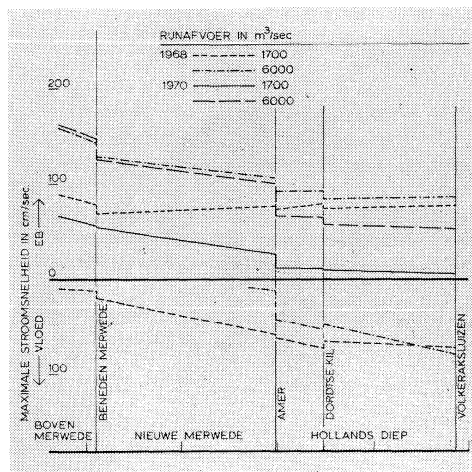
Van de secundaire effecten die optreden ten gevolge van de Haringvlietssluzen wordt nu eerst de morfologie besproken van het mondingsgebied zeewaarts van de dam, en in het aangrenzende kustgedeelte. Uit de eerste meetresultaten in het mondingsgebied blijkt dat de berekeningen van de getijbeweging in dit gebied redelijk nauwkeurig zijn geweest. De morfologische ontwikkelingen verlopen, mede als gevolg van de

Fig. 8 Slibgehalte van het bodemsediment in het mondingsgebied van het Haringvliet als functie van de afstand uit de dam

Fig. 9 Stroomsnelheden in het benedenrivierengebied bij verschillende Bovenrijnafvoeren voor en na de afsluiting

8





9

rustige weersomstandigheden, zeer geleidelijk, zodat thans nog niet kan worden nagegaan in hoeverre de in Bericht nr. 54 (november 1970) dienaangaande gepubliceerde verwachtingen worden bevestigd. Rekening houdend met mogelijke lodingson nauwkeurigheden van 1 tot 3 dm, kan men slechts op enkele plaatsen enige verdieping of verondieping constateren. Het duidelijkst is de verondieping van het Rak van Scheelhoek; over een groot deel van deze geul is een verondieping geconstateerd van ongeveer een halve meter. Deze verondieping is echter niet alleen een gevolg van natuurlijke ontwikkelingen, maar ook van de werkzaamheden aan de Haringvlietdam. De aard van het materiaal dat in het mondingsgebied neerslaat is, in overeenstemming met de verwachtingen, nabij de dam het slibrijkst; het slibgehalte neemt verderop gaandeweg af (figuur 8). De kust van Voorne en Goeree is in de afgelopen periode niet sterk aan verandering onderhevig geweest. Alleen langs de zuidwestkant van Voorne is gedurende enkele maanden een wat grotere afslag van het strand voorgekomen. Omdat het diepe Rak van Scheelhoek vlak onder de kust loopt, werd hier na de afsluiting van het Haringvliet de frequentie van kustlodingen en -waterpassingen opgevoerd; men kan dan bij ongewenste ontwikkelingen tijdig ingrijpen. De meetresultaten gaven in maart 1971 aanleiding om uit voorzorg een zanddepot van 250 000 m³ in de omgeving aan te leggen, om op korte termijn zandsuppletie te kunnen toepassen. Een groot deel van het strand heeft zich inmiddels weer hersteld, zodat voorzieningen tot heden achterwege konden blijven.

Als gevolg van de vermindering van het slib-

gehalte van het kustwater – voorheen 100 à 300 mg/l, thans 10 tot 30 mg/l – die zich mede kon voordoen onder invloed van de geringe spuidebieten door de sluizen, is het strand bij Rockanje nog vrij gebleven van beslibbing. In de toekomst moeten tijdens perioden waarin gespuid wordt echter hogere slibgehalten worden verwacht. Doordat het Haringvlietbekken sedert de afsluiting als slibvang gaat werken, zal het slibgehalte van het spuiwater waarschijnlijk echter permanent worden verlaagd.

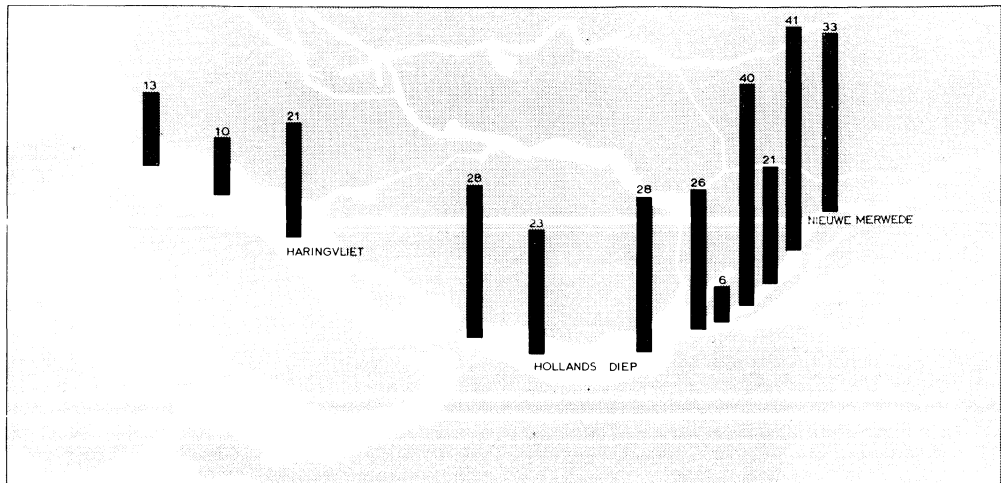
Sinds 1 mei wordt ook de invloed gevoeld van de afsluiting van het Brouwershavense Gat, vooral op de getijbeweging in het zuidelijk deel van het hier beschouwde gebied, langs de kust van Goeree. Ook daar worden nu vaker dan voorheen kustlodingen en -waterpassingen uitgevoerd.

De slibhuishouding op het Hollands Diep en het Haringvliet

De stroomsnelheden op het traject Nieuwe Merwede–Hollands Diep–Haringvliet zijn onder alle omstandigheden belangrijk lager dan voor de afsluiting. Bij gesloten sluizen heeft het water in het Hollands Diep een zeer geringe snelheid. Wanneer de sluizen open zijn, bij hogere Rijnafvoeren, worden de stroomsnelheden op die rivierarm weliswaar groter, maar ze bereiken nooit meer de waarden van voor de afsluiting (figuur 9). Aangezien sedert de ingebruikstelling van de Haringvlietssluis in het algemeen lage rivierafvoeren zijn opgetreden, beschikt men nog niet over experimentele gegevens bij relatief hoge stroomsnelheden in het rivierenstelsel.

Ten gevolge van de snelheidsreductie komt zand dat rollend over de bodem wordt aangevoerd al tot sedimentatie in de Benedenmerwede en de Bergse Maas. De zwevend meegevoerde stof heeft meer tijd nodig voor bezinking; ze zal worden afgezet in de Nieuwe Merwede, de Amer en het Hollands Diep. Over de omvang van het sedimentatieproces naar plaats en tijd zijn thans nog geen gegevens voorhanden. Wel kan een eerste indruk gegeven worden van de aard van het sediment. Figuur 10 laat zien dat er inderdaad een belangrijke slibafzetting heeft plaatsgevonden op het traject Nieuwe Merwede–Haringvlietssluis; geconstateerd werd dat het afgezette zand aanzienlijk fijner is dan wat daar vóór de afsluiting tot bezinking kwam.

Van groot belang is de vraag of de slibafzetting op het bovenste deel van het Haringvliet-



bekken blijvend zal blijken te zijn, met andere woorden of het Haringvlietbekken zal fungeren als permanente slibvanger. Van blijvende slibafzetting is slechts sprake wanneer voorheen afgezet slib ook bij hoge rivierafvoeren en daarmee gepaard gaande hogere stroomsnelheden op het bekken tijdens spuiperiodes niet meer wordt geërodeerd en naar zee afgevoerd. De erodeerbaarheid van het slib wordt in belangrijke mate bepaald door de cohesie tussen de slibdeeltjes, ofwel de consolidatie van het slib. Het is onder meer uit laboratoriumonderzoek wel bekend dat vers afgezet slib reeds in enige uren zo kan consolideren dat de stroomsnelheid, nodig om het weer in suspensie te brengen en verder te voeren, veel groter is dan de snelheid waarbij het tot bezinking kwam. Later afgezet slib oefent bovendien enige druk uit op de onderliggende sliblagen, zodat die nog weer eens extra worden samenge-drukt, waarbij ze water verliezen en een hogere consolidatiegraad verkrijgen. Met de tijd neemt de weerstand van het in het Haringvlietbekken afgezette slib tegen de sleepkracht van de stroom toe. Het ingewikkelde proces van de verhoging der kritieke erosiesnelheid zal pas na veel natuurmetingen nauwkeurig kunnen worden geformuleerd. Het is dus nog te vroeg om een betrouwbare kwantitatieve uitspraak te doen over de slib-accumulerende functie van het Haringvliet-bekken en het aansluitende Hollands Diep. Zo kan nog niet worden voorspeld hoeveel van het aanvankelijk in het bekken tot bezinking gekomen slib later bij spuien tijdens hoge rivierafvoeren toch nog zal worden afgevoerd naar de monding, en eventueel nog verder, naar zee. Het lijkt echter wel zeker

dat een niet onbelangrijke hoeveelheid slib duurzaam in het bekken zal achterblijven.

Bedrijfsvoering met de Haringvlietsluizen

Niet de minst belangrijke ervaring van de achter ons liggende proefperiode is geweest dat de Haringvlietsluizen vanaf het allereerste begin tot nu toe betrouwbaar hebben gewerkt. Na het in gebruik nemen van dergelijke grote gemechaniseerde werktuigen wil zich nogal eens een periode van kinderziekten voordoen. Zo'n periode is hier volledig achterwege gebleven; de sluizen bleken vanaf de ingebruikstelling volledig bedrijfszeker.

Bij normale weersomstandigheden wordt de sluis bediend door twee man, die telefonisch met elkaar in contact staan. Eén van hen bevindt zich in de centrale bedieningsruimte. Voor zover het Normale Lozingsprogramma wordt gevolgd bepaalt hij, uitgaande van de afvoer van Rijn en Maas, met behulp van bedieningsvoorschriften, grafieken en tabellen hoe de segmentschuiven moeten worden ingesteld. Voorts bedient hij de segmentschuiven en ook de schuiven van de zout- en visriolen. Bovendien behoort de bewaking van het sluizencomplex tot zijn taak. De tweede man bevindt zich meestal in de elektrische centrale onderin het bedieningsgebouw. Hij is belast met de zorg voor de elektriciteitsvoorziening; voor zover nodig verhelpt hij kleine storingen in de elektromechanische uitrusting van het sluisbedrijf.

Buiten de normale werktijden is een deel van het sluispersoneel ingedeeld in een storings-wachtdienst. Als de omstandigheden dat wenselijk maken, kan daardoor op korte ter-

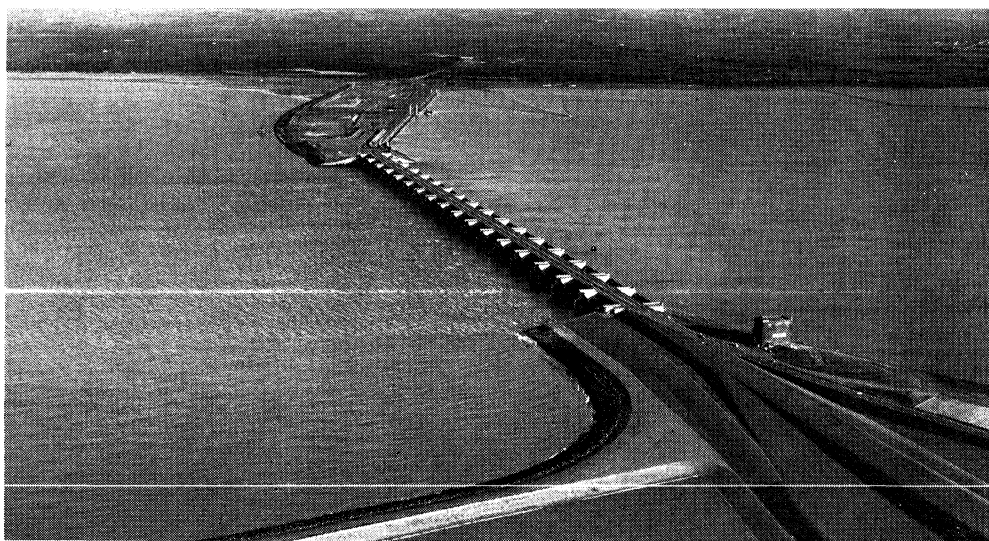
Fig. 10 Percentage slijb in het bodemmateriaal op het traject Nieuwe Merwede-Haringvliet-sluizen

mijn altijd voldoende extra personeel opgevoerd worden.

Onder bijzondere omstandigheden, zoals storm, sterke afwaaiing of buitengewone vervuiling van het aangevoerde oppervlaktewater, kan het Normale Loosingsprogramma niet worden gevolgd. De beslissing over de in te stellen spui-openingen berust dan niet bij het sluispersoneel, maar rechtstreeks bij de verantwoordelijke beheersdienst, die in dat geval wordt bijgestaan door een in Den Haag gevestigd adviescentrum. Dit adviescentrum heeft vaste lijnverbindingen met een aantal continu registrerende meet- en controlestations in het noordelijk bekken, zoals meer uitgebreid te lezen staat in Bericht nr. 53 (augustus 1970); het kan de waterbeweging dus rechtstreeks volgen. Wanneer daar reden toe is, kan de bedrijfsvoering van de Haringvliet-sluizen bovendien operationeel worden begeleid met het elektrisch analogon Deltar, waarmee de waterbeweging in het gehele noordelijke Deltabekken kan worden gesimuleerd.

Toen de Haringvliet-sluizen ontworpen werden, was de kennis aangaande de krachten die door golven en stromen op een dergelijk kunstwerk kunnen worden uitgeoefend en betreffende de respons van het kunstwerk, nog betrekkelijk gering. De vormgeving van het sluiscomplex is dan ook voor een belangrijk deel gebaseerd op modelonderzoek. Zowel de beheerder, die wil weten of hij bepaalde bedrijfshandelingen met het oog op eventuele schade beter achterwege kan laten, als de ontwerper en wetenschapsman zijn er zeer in geïnteresseerd te weten of de resultaten van het destijds uitgevoerde modelonderzoek door de praktijk bevestigd worden,

of dat er met afwijkingen rekening moet worden gehouden. Een tamelijk uitgebreid meetprogramma is opgezet om die vraag te leren beantwoorden. Dat programma richt zich op drie doelen: meting van de belastingen, om de resultaten van de modelproeven te toetsen; meting van de vormveranderingen van verschillende delen van de constructie, onder meer om na te gaan of er bedrijfsomstandigheden bestaan waarbij de schuiven in trilling zouden kunnen geraken, en die dan wegens gevaar voor vermoeiingsverschijnselen zouden moeten worden vermeden; en voortdurende controle van de belasting op de schuiven, teneinde overbelasting te voorkomen. Al voordat de Haringvliet-sluizen in gebruik werden genomen, zijn enkele metingen verricht aan de schuiven van sectie 8. Voor een beschrijving van de meetopstellingen in die sectie wordt verwezen naar Bericht nr. 42 (november 1967). In de zomer van 1970, toen de sluisen tijdelijk werden gesloten om proeven te kunnen doen met de afdichting van de blokkendam door het Rak van Scheelhoek, zijn bij betrekkelijk grote vervallen en kleine schuifopeningen trillingsmetingen verricht. De trillingen waren echter zo gering dat de signalen van de versnellingsopnemers niet konden worden geregistreerd. In de periode van 4 tot 7 augustus 1970 zijn trillingsmetingen verricht bij verschillende openingen van zowel zee- als rivierschuif bij eb- enloedverval van ongeveer 50 cm. Bij deze metingen werden alleen de schuiven van sectie 8 bewogen; alle andere schuiven waren volledig geopend. Slechts in één situatie uit deze meetserie, waarbij de spui-opening in sectie 8 stapsgewijze werd opgevoerd, deden zich meetbare trillingen voor. Dat was aan de rivierschuif tijdens eb bij een opening van ongeveer 2,5 m. De frequentie van de trillingen bedroeg ongeveer 2,5 Hz; de trillingsrichting stond loodrecht op de schuifarmen. Op grond van deze meting werd besloten de serie te herhalen wanneer na de ingebruikstelling een groter verval zou optreden. Mede als gevolg van de lage afvoeren van de Bovenrijn heeft die herhaling nog steeds niet plaatsgevonden. In de afgelopen herfst is het met de metingen belaste laboratoriumpersoneel driemaal uitgerukt op een stormwaarschuwing. Dat was op 19 oktober, 3 en 4 en 9 en 10 november. Zowel op 19 oktober als op 3 en 4 november waren de signalen van de drukdozen te gering om er een betrouwbare registratie van te kunnen maken. Op 9 en 10 november kwam er meer uit. Met de zeeschuif van sectie 8 op achtereenvolgens 0, 1, 3 en 7,5 m boven de vloer kwam van de drukdozen een zeer



regelmatig signaal door, dat correspondeerde met de hoogte van de tegen de schuiven terugkaatsende golven. De golfhoogte op het Haringvliet bedroeg ongeveer 1 m. De afgedrukte foto's, opnamen van het Waterloorkundig Laboratorium, hebben betrekking op de storm van 19 oktober. De golven op het Haringvliet waren toen vrij laag, doordat het stormveld zich op het noordelijk deel van de Noordzee bevond. Men ziet golfoverslag over de schuiven, maar geen opspuitend water (spray). Naar alle waarschijnlijkheid zal spray slechts te verwachten zijn bij het optreden van drukpieken op de schuiven. Zolang de drukdozen een regelmatig signaal blijven produceren, komt spray niet voor.

De weersomstandigheden hebben meer bezienwaardige meetresultaten onmogelijk gemaakt. Wel kan worden vastgesteld dat het instrumentarium goed werkt. Dit geldt zowel voor de drukdozen, rekstroken en versnellingsmeters als voor de registratie-apparatuur. In de komende winter zullen wellicht extreme weersomstandigheden optreden. In elk geval wordt dan het aantal soorten waarnemingen uitgebreid: de golflengte vlak voor de schuiven zal met behulp van een stappenbaak worden gemeten, en met radarapparatuur zullen vanaf pijler 8 bewegingsrichting en eventueel de kamlengte van golven worden geregistreerd.

De hinder bij storm voor het wegverkeer, voornamelijk in de vorm van windstoten en van spray, is voor zover de afgelopen winter toeliet dienaangaande conclusies te trekken, erg meegevalen. Spray kwam niet voor, windstoten wel. Gezien de ligging van de sluis is de windsterkte echter niet extreem. In het algemeen zal het wegverkeer ook tijdens storm van de sluis gebruik kunnen maken.

Het sluizencomplex in het Haringvliet, met daarachter de eilanden Goeree en Schouwen

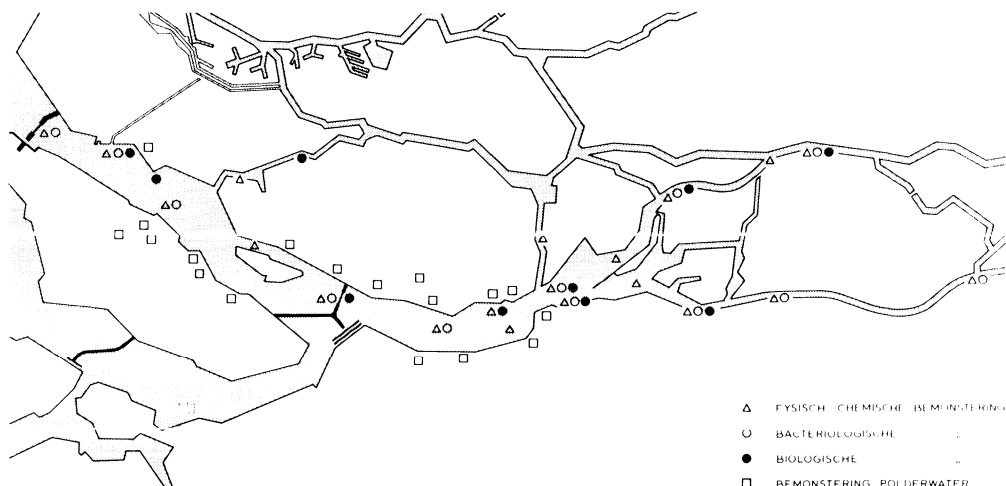
De slibvangfunctie van het Haringvlietbekken heeft een belangrijke invloed op het watermilieu, zowel in de aangrenzende kustwateren als in het bekken zelf. Zoals reeds werd besproken, zal vanaf de ingebruikstelling der Haringvlietsluizen veel minder slib in het kustwater worden gebracht dan vroeger. Niet alleen zal daardoor de aanslibbing in de havens van Europoort worden beperkt, maar ook zal het kustwater aanzienlijk minder besmet worden met aan het slib gehechte ongewenste stoffen. Het met verontreiniging beladen slib zal voortaan voor een deel in het begrensde gebied van het Haringvlietbekken worden afgezet. Daardoor is het gemakkelijker te bestrijden en af te voeren.

Het lijkt nuttig hier wat nader in te gaan op het gedrag en de bestrijding van de bedoelde 'ongewenste stoffen'. Er zijn drie soorten: min of meer giftige zware metalen, zoals kwik, lood, zink, arseen, koper en chroom; pesticiden, en de fosfaat-nitraat-accumulatie. Belangrijk onderzoek naar de zware-metalen-huishouding van het slib in het benedenvluchtgebied is verricht door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Gr.). De zware metalen blijken in het riviermilieu aan slibdeeltjes gehecht te worden en te blijven. Het slib is kennelijk in staat om de vrij in het water aanwezige metalen op te pakken en te incorporeren. Voordat het Haringvliet was afgesloten werden de metalen in het getij-estuarium weer in meerdere of mindere mate van het slib losgekoppeld. Deze mobilisatie begon al ter hoogte van de Biesbos. Het onderzoek van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid wijst uit dat ze werd veroorzaakt door de afbraak van organische stof in het slib. Ontleidingsprodukten van die organische stoffen vormden met de genoemde zware metalen oplosbare metaalorganische verbindingen. Op die manier werden de metalen van het slib losgekoppeld en aan het water toegevoegd, waar de turbulente menging er voor zorgde dat de concentraties van de metalen in het slibwatermengsel belangrijk afnamen. Ook in zee zet zich de mobilisatie van zware metalen voort, maar in veel lager tempo. Voor wat betreft de situatie na de afsluiting van het Haringvliet zijn op dit ogenblik nog geen resultaten van feitelijke waarnemingen te melden. Wel kan de verwachting worden uitgesproken dat in het afgesloten Haringvliet weinig of geen mobilisatie van zware metalen meer zal voorkomen, en dat het slib er, wat dit betreft, overeen zal komen met dat in Rijn

Milieuvraagstukken in het noordelijk Deltabekken

en Waal. Thans immers ontbreekt de getijbeweging, die de mobilisatie bewerkstelligt. In de laatste jaren is vastgesteld dat er een belangrijk verschil kan optreden in het gehalte aan zware metalen van zwevend en van gesedimenteed slib. Mogelijk wordt dit verschijnsel veroorzaakt doordat zware metalen bij voorkeur worden gehecht aan zeer fijne slibdeeltjes, die alleen in heel rustig water kunnen bezinken.

De hier besproken processen zijn niet alleen van belang voor de zware-metalenhuishouding op het traject Merwede-Hollands Diep-Haringvliet, maar ook voor die op het traject Lek-Rotterdamse Waterweg. Onder invloed van de Rijnkanalisatie kan tijdelijk slib tot afzetting komen in de stuwpanden, zoals ook gebeurt in de stuwpanden van de Maas. Vindt tijdens deze tijdelijke afzetting mobilisatie plaats van zware metalen, dan worden er dus zware metalen aan het water toegevoegd, zij het dat de concentraties ervan door menging gering zullen blijven. Met behulp van hydraulische rekenmodellen kunnen de concentraties en de verdeling ervan over het betrokken gebied redelijk goed geschat worden. De gehalten aan zware metalen in het achterblijvende slib nemen bij mobilisatie af, en aangezien het slib uit de stuwpanden bij hoge rivierafvoer praktisch weer geheel wordt geërodeerd en afgevoerd, wordt er tengevolge van de mobilisatie minder belast slib in het Waterweggebied gebracht. Zou er op de trajecten Lek-Rotterdamse Waterweg en Merwede-Haringvliet geen mobilisatie van zware metalen optreden, noch uit zwevend, noch uit gesedimenteed slib, dan zou het slib er een relatief hoog gehalte krijgen aan zware metalen, met ongunstige gevolgen voor vissen en andere organismen die voor hun voedsel van de bodem afhankelijk zijn.



Overzicht bemonsteringspunten voor water-, bodem- en slibonderzoek in het Hollands Diep en Haringvliet

Bij hoge rivierafvoeren zou periodiek slib met relatief hoge concentraties van zware metalen van de Rijnkanaalpanden en uit het Haringvlietbekken op zee geloosd worden en de kustzone verontreinigen. Het onderzoek naar de zware-metalenhuishouding van het slib in dit gebied heeft dan ook een hoge prioriteit gekregen. Daarbij zal worden overwogen of het gewenst is, gerichte maatregelen te nemen ter bevordering van de mobilisatie. Daartoe zijn wel mogelijkheden aanwezig, maar het effect van eventuele maatregelen moet nog nader worden geëvalueerd, mede met betrekking tot de kosten.

Behalve zware metalen kunnen aan het slib ook pesticiden gehecht zijn. Het zijn giftige, moeilijk afbreekbare verbindingen, die op het water geloosd worden door landbouw en industrie. De processen die het aanhechten en eventueel loskoppelen van deze stoffen aan het slib in het Deltagebied beheersen, zijn nog onbekend. Onderzoekingen dien-aangaande zullen in samenwerking met het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid met kracht ter hand worden genomen.

Een derde belangrijk aspect van het slib voor de milieuproblematiek vormt de fosfaat-nitraat-accumulatie. Door het hoge gehalte aan voedingsstoffen – fosfaten en nitraten – in het water worden optimale condities geschapen voor organismen die deze voedingsstoffen uit het water opslaan in hun lichaamsvocht. Bij het afsterven van deze organismen, die men globaal samenvat onder de naam plankton, komt een deel van de voedingsstoffen, in het bijzonder fosfaten, bij de mineralisatie op de bodem terecht. Deze stoffen kunnen dan via het bodemvocht in contact komen

met bodemdeeltjes, en daaraan gehecht worden. Op die manier kan een deel van de voedingsstoffen uit het water in de bodem worden vastgelegd. De fosfaat-nitraat-huishouding van het slib en de omvang van de accumulatie worden bepaald door bodem-chemische processen.

De waterkwaliteit

De vorenbeschreven processen van sedimentatie en consolidatie verbeteren de kwaliteit van het water in het Haringvlietbekken. Samen met het relatief lange verblijf van het water op het bekken wordt deze mechanische zelfreiniging aangeduid als het 'spaarbekken-effect'. De invloed van dit effect op de fysisch-chemische, bacteriologische en biologische hoedanigheid van het water is thans nog onvoldoende bekend. Aan de hand van ervaringen elders is het echter wel mogelijk een en ander op te merken over de waterkwaliteit. Water waarin zwevende stoffen sedimenteren, zal toenemen in helderheid, terwijl de hoeveelheid onopgeloste organische stoffen, zware metalen, pesticiden en andere verontreinigingen erin afneemt. In de afgelopen periode is het water van het Haringvliet al van een ongekende helderheid geweest. De lichtintensiteit in de diepere waterlagen nam daardoor toe, en tezamen met geringe stroomsnelheden levert die omstandigheid vooral in de zomer optimale condities voor de toename in produktiviteit van plantaardige en dierlijke organismen. Een opbloei van kiezelwieren (*Asterionella formosa*) heeft zich reeds voorgedaan. In hoeverre zulke verschijnselen de kwaliteit van het water nadelig zullen be-

invloeden, is thans nog niet te voorspellen; er zal nauwkeurig op gelet moeten worden. Als gevolg van de langere verblijfstijden van het water in het bekken zal ook het fysische proces van zuurstofopname uit de lucht langer kunnen doorgaan; mogelijk zal dat leiden tot verbetering in de zuurstofhuishouding van het water. Het behoeft geen betoog dat deze verbetering afhangt van de omvang van lokale belastingen met organische stoffen, alsook van de vraag in hoeverre de wind de circulatie in het water bevordert, zodat ook in de diepere lagen een aanvaardbaar zuurstofgehalte kan optreden. De zuurstofhuishouding in de diepere lagen zal in de tijd die voor ons ligt, een belangrijk punt van onderzoek vormen. Evenals het zuurstofgehalte zal de pH-waarde van het water toenemen, waardoor het door verontreiniging verzurende rivierwater zich weer kan herstellen. Met betrekking tot de stikstofhuishouding is het volgende op te merken: onder invloed van wind en van de langere verblijftijd van het water zal het nitrificatieproces, dat wil zeggen de oxidatie van ammoniak tot nitriet en van nitriet tot nitraat, verder voortschrijden, zodat het ammoniakgehalte van het water vooral des zomers aanzienlijk lager zal komen te liggen. Voorts zullen reuk en smaak van het water onder invloed van het 'spaarbekken-effect' belangrijk beter worden. Hetzelfde geldt voor de bacteriologische gesteldheid, zij het dat de verbetering daarvan wordt beïnvloed door lokale bacteriologische verontreinigingen.

Het noodzakelijke multi-disciplinaire speurwerk naar de processen die de waterkwaliteit beheersen, geschiedt op drie manieren: veldonderzoek, modelonderzoek en laboratoriumonderzoek.

Wat betreft het veldonderzoek heeft de Deltadienst het initiatief genomen tot het instellen van multi-disciplinaire projectgroepen met als doelstelling het coördineren van bestaande en het openen van nieuwe onderzoekingen op het gebied van de waterkwaliteit, teneinde langs die weg bij te dragen tot een optimale beheersing van de waterkwaliteit en -kwantiteit. Aan deze projectgroepen nemen behalve de Deltadienst deel: het Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater te Voorburg, het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke, het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren en het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid te Bilthoven. Bij het onderzoekprogramma wordt onderscheid gemaakt tussen kwaliteitsaspecten van het water enerzijds en van bodem en slib anderzijds. Het onderzoek van de waterkwali-

teit valt uiteen in een inventarisatie van de lokale bronnen van belasting en een onderzoek naar de kwaliteit van het water in het bekken. De inventarisatie komt in hoofdzaak neer op het kwantificeren van de lokale belasting, die onder meer bestaat in uitgeslagen polderwater dat in mindere of meerdere mate is verontreinigd met afval van huishoudelijke, agrarische of industriële aard. Daarnaast zal getracht worden de belasting ten gevolge van de neerslag te kwantificeren door enkele speciaal voor dit doel ontwikkelde regensmeters in het onderzoeksgebied te plaatsen en de opgevangen neerslag te analyseren.

Het onderzoek naar de kwaliteit van het water in het bekken wordt gesplitst in een fysisch-chemisch, bacteriologisch en biologisch gedeelte, en een onderzoek naar speciale verontreinigingen, zoals die met zware metalen en pesticiden.

Bij het fysisch-chemisch onderzoek vindt bemonstering plaats in een aantal permanente en een aantal semi-permanente punten; men hoopt op grond van de resultaten van de permanente bemonsteringspunten in het licht van het totale onderzoekprogramma in zuidwestelijk Nederland een duidelijk en volledig beeld te kunnen geven van de waterkwaliteit in het bekken. De bemonstering in semi-permanente punten is uitsluitend bestemd om de gedragingen van het water binnen het bekken vast te leggen. Het bacteriologisch onderzoek wordt voorshands alleen verricht in de permanente bemonsteringspunten. Voor biologisch onderzoek en voor het onderzoek naar de speciale verontreinigingen is dan nog een aantal andere punten in het programma opgenomen.

Bij het onderzoek naar de kwalitatieve aspecten van bodem en slib wordt onderscheid gemaakt tussen speurwerk inzake de chemische eigenschappen van zwevend slib, de valsnelheid van slib, het slibgehalte van het bodemmateriaal en een bodemonderzoek aan de hand van ondiepe boringen.

Naast het hier genoemde onderzoekprogramma zal een afzonderlijk programma moeten worden opgezet voor de ontwikkeling van methodieken waarmee het gedrag van het aquatisch ecosysteem kan worden voorspeld. Het is duidelijk dat de hiervoren vermelde onderzoekingen met betrekking tot de waterkwaliteit in het noordelijk Deltabekken eveneens van groot belang zullen kunnen blijken te zijn voor het zuidelijk bekken, dat door de afsluiting van de Oosterschelde zal worden gevormd. Over een en ander zullen te zijner tijd nadere mededelingen worden gedaan.

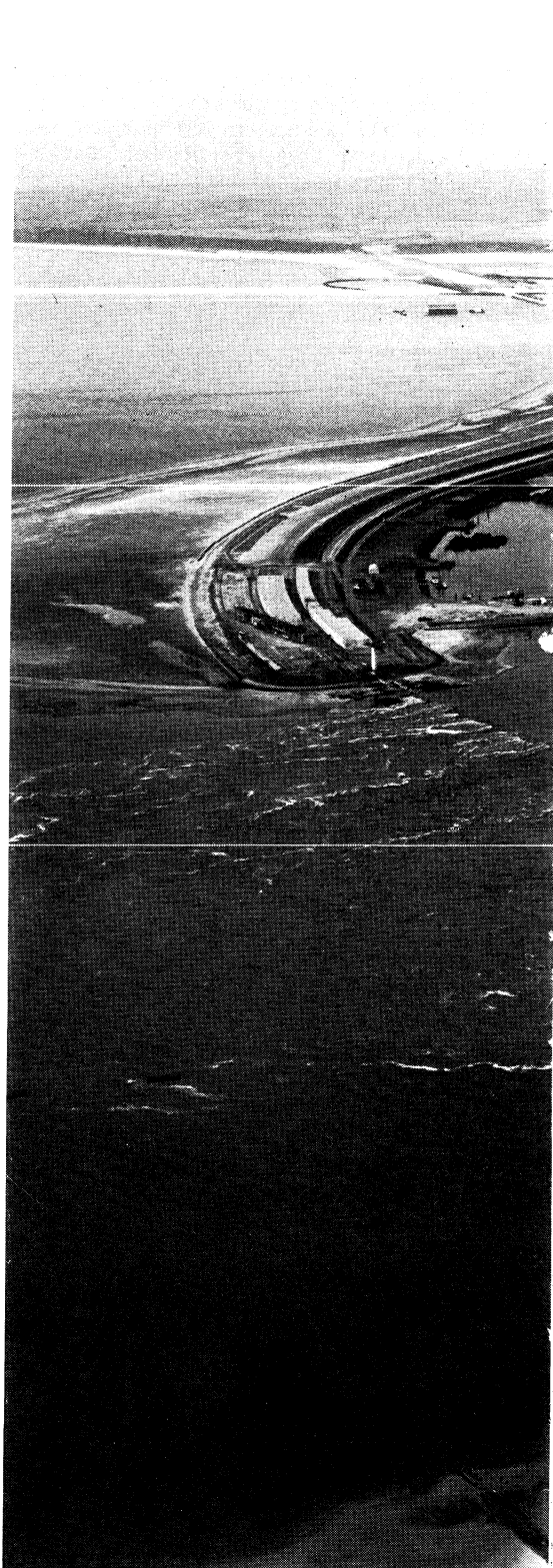
De afsluiting van het Brouwershavense Gat

De afsluiting van het Brouwershavense Gat, waarvan in het vorige Bericht reeds melding werd gemaakt, heeft zich geheel voltrokken: de caissons zijn gesloten, de poreuze be-teugelingsdam in het zuidelijk sluitgat is vol-gestort met grind. De caissonsluiting in de Kous en de geleidelijke sluiting in het eigen-lijke Brouwershavense Gat waren technisch gezien twee afzonderlijke operaties. Slechts in de tijd waren ze, om hydraulische redenen, op elkaar afgestemd.

Het plan voor de afsluiting van de Kous met behulp van 2 landhoofdcaissons en 12 door-laatcaissons is in de periode tussen 5 april en 1 mei van dit jaar vrijwel geheel overeen-komstig het draaiboek uitgevoerd. Een uit-voerige bespreking van het sluitingsprogram-ma is te vinden in Bericht nr. 55 (februari 1971).

Op 5 en 6 april werden de landhoofd-caissons geplaatst. Omdat de caissons bij het uitvaren van het dok dwars op stroom zouden komen te liggen, werd besloten ze op de laag-waterkentering naar buiten te slepen. Tegen de stroom in werden de caissons vervolgens in $2\frac{1}{2}$ uur naar het sluitgat gevaren. Na een parkeertijd van $1\frac{1}{2}$ uur aan de meerzijde van het sluitgat volgde de indraai- en afzink-manoeuvre, die ongeveer 40 minuten in be-slag nam. Enkele minuten voor de hoogwater-kentering werden de landhoofdcaissons aan de grond gezet. Niet zodra was dat gebeurd, of alle hulpmaterialen werden van de cais-sons verwijderd, terwijl meteen een begin gemaakt werd met het opvullen van de naad tussen landhoofd en landhoofdcaisson met loodslakken en met stortsteen 10/300 kg; met dezelfde materialen werden de caissons aan de zeezijde aangestort; de ballastblokken werden met zand gevuld.

De 12 doorlaatcaissons die daarna werden geplaatst – de eerste op woensdag 14 april – zijn alle afgezonken tijdens de laagwater-kentering. Behalve de laatste werden ze alle op de voorafgaande hoogwaterkentering uit het dok gesleept. Dan volgde een vaartocht van $2\frac{1}{2}$ uur met de stroom mee. Afhankelijk van de omstandigheden van weer en stroom werd aan de meer- dan wel aan de zeezijde van het sluitgat geparkeerd. Op 16 april



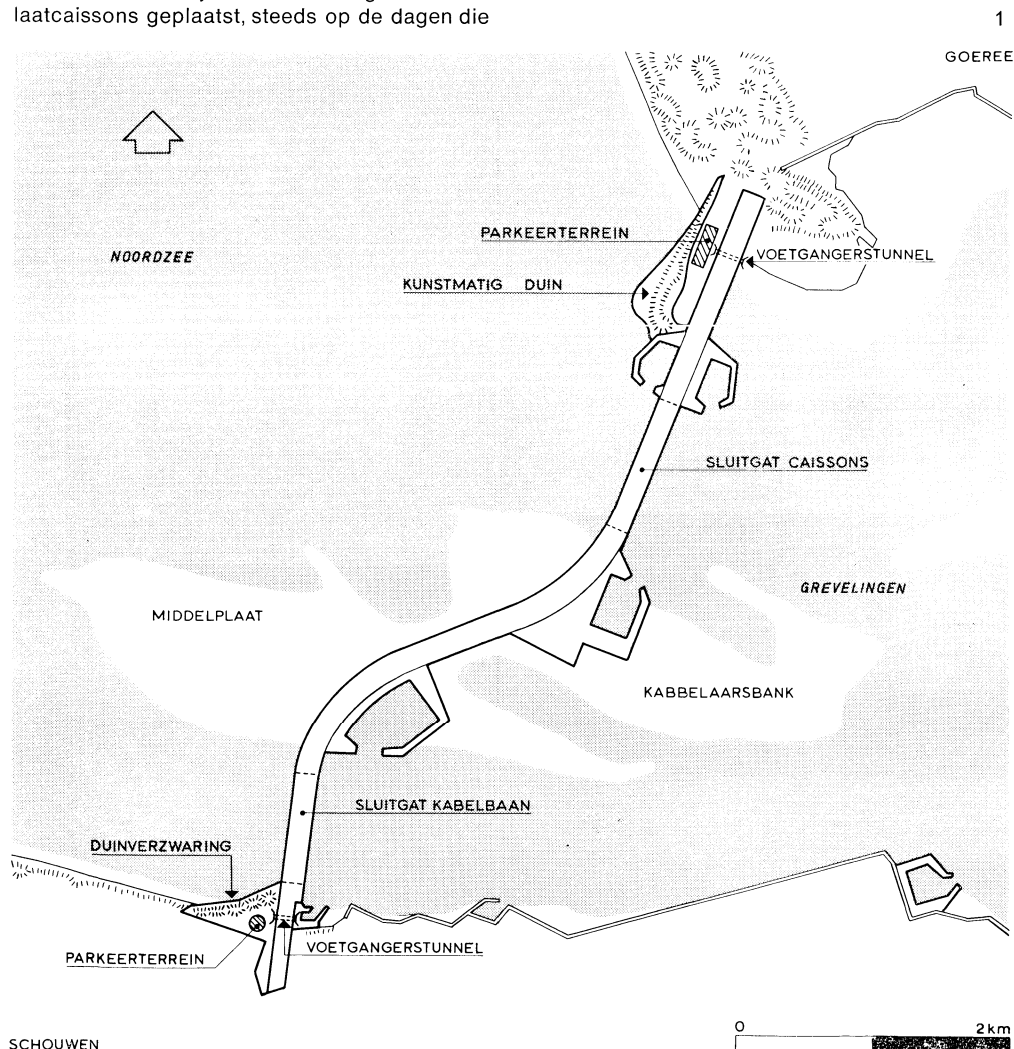


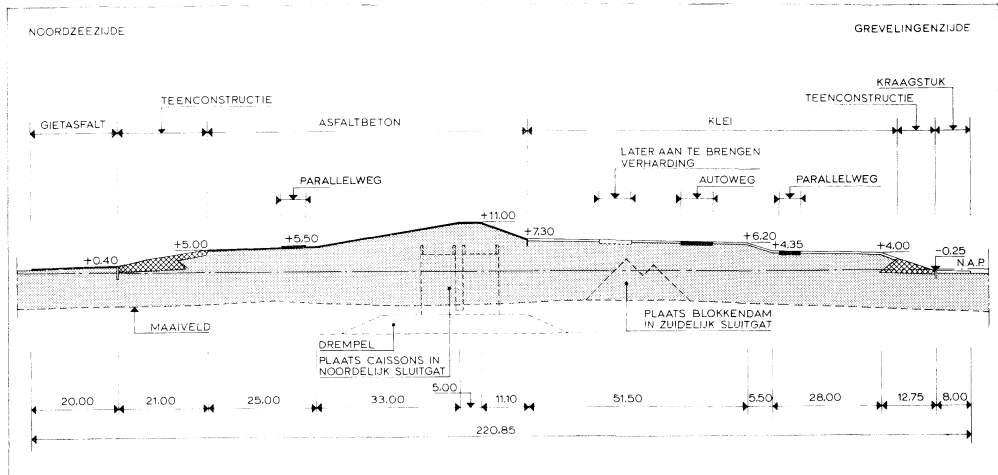
nootten de bij hogere waterstanden optredende golven tot parkeren voor het sluitgat, terwijl het gat op 28 en 29 april niet voor het parkeren kon worden gepasseerd vanwege de te hoge snelheden over de drempel. Het opvaren, indraaien en afzinken van de caissons nam ongeveer 45 minuten in beslag. Daarna werden de drijfschotten verwijderd, naadvullingen en aanstortingen van loodslakken en steen 10/300 kg aangebracht, en werden de ballastbakken gevuld met zand. In een aantal gevallen werd van de voorgenomen plaatsingsvolgorde afgeweken; ook in de overige manoeuvres werden soms variaties aangebracht.

Na het plaatsen van de landhoofdcaissons werden aanvankelijk afwisselend aan de zuid en aan de noordzijde van het sluitgat doorlaatcaissons geplaatst, steeds op de dagen die

1 Overzicht van de dam door het Brouwershavense Gat

2 Doorsnede van de afsluitdam





2

daarvoor in het sluitingsschema waren aangewezen. De eerste afwijking vond plaats op vrijdag 23 april; toen werd, hoewel het schema dit niet vermeldde, toch een caisson afgezonden. Dit deed men om in de laatste, meest spannende week een extra vrije dag ter beschikking te krijgen. Op 27 april werd volgens zuidzijde van het sluitgat; op 28 april werd de volgende plaatsing uitgevoerd, wéér aan de zuidzijde. Er was aan die kant van het sluitgat namelijk een tamelijk steile ontgronding opgemerkt, die men door verplaatsing van het kopeffect wilde afremmen. Om dezelfde reden werd de voorlaatste caisson op 29 april alweer aan de zuidkant van het sluitgat geplaatst. Omdat gebleken was dat varen over de drempel bij ebsnelheden tot 2 m/sec. geen bezwaar opleverde, werd de caisson op 29 april niet, zoals was gepland, op de hoogwaterkentering over de drempel getrokken, maar pas 1 uur voor de laagwaterkentering. Door deze maatregel kon de caisson 8 uur later uit het dok worden gebracht dan anders het geval zou zijn geweest. Tijdens de overtocht van de caissons waren alleen een runnerploeg en een pompploeg aan boord, en daarnaast toezichthoudend personeel van de Rijkswaterstaat. Pas tijdens het parkeren kwam de ploeg aan boord die de sluiters moest bedienen. Juist voor het indraaien werden de drukschotten van de caissons weggesleept, en de lekpompen verwijderd. Als een caisson bij het indraaien tegen het scharnier lag werden de vergrendelingshaken van de drijfschotten losgetrokken. Na het indraaien werden de caissons gedrukt tegen vulklossen tussen de kopwand van de reeds geplaatste caisson en de ribben van de nieuw aangekomen caisson. Op het laatste moment, een

minuut of twee voor de caisson de bodem raakte, kon dankzij deze vulklossen nog een plaatscorrectie worden aangebracht. Deze werkwijze werd gevolgd vanaf de derde caissonplaatsing; het overzicht van de afwijkingen der caissons uit de drempelas maakt wel duidelijk hoe gunstig deze handelwijze heeft gewerkt.

In drijvende toestand maakten de caissons een slagzij van 1 à 2 graden. De beiden compartimenten van een caisson waren ook niet gelijk van inhoud. Om de caissons toch zo rechtstandig mogelijk te laten zinken waren ter voorbereiding op de afsluiting afzinkproeven uitgevoerd in het bouwdok. Aan de hand van de resultaten werd een programma opgesteld voor het openen van de afsluiters, waardoor de caissons tijdens het afzinken niet meer slagzij maakten dan 4°; de drempel raakten ze nagenoeg in de evenwichtsstand. Mede door deze handelwijze werd het gemakkelijker de caissons nauwkeurig in de as van de drempel te plaatsen.

De laatste caisson zou door het sluitgat worden gevaren op de hoogwaterkentering voorafgaand aan de plaatsingskentering. Om te vermijden dat de tegen de stroom in gesleepte caisson onderweg een te grote weerstand zou ondervinden als gevolg van de toenemende vloed, vertrok het convooi al voor de laagwaterkentering uit het bouwdok; zo kon het met het laatst van de eb mee en slechts tegen het begin van de vloed in naar het sluitgat worden gesleept. Er moest toen eerst enige uren aan de meerzijde van het sluitgat worden gewacht, tot de passage over de drempel mogelijk werd, bij hoogwaterkentering. Daarna volgde nog een parkeertijd van 5 uur op zee. De indraaimanoeuvre werd

om 13.00 uur ingezet. Ze trok grote belangstelling. De Minister van Verkeer en Waterstaat behoorde tot de ooggetuigen. Om 14.00 uur kwam deze laatste caisson aan de grond. Gedurende het weekeinde werden de aanstortingen en naadvullingen aangebracht, werden de ballastbakken gevuld en werd de caisson ontmanteld. Op maandag 3 mei werden omstreeks de laagwaterkentering, om 15.30 uur, de schuiven gesloten.

De sleep- en indraaimanoeuvres werden uitgevoerd door 6 sleepboten, twee boten van 2800 pk met Voiht-Schneider aandrijving, die achter de sleep lagen en hem konden afremmen, en die het convooi tenslotte tegen de laatste ebstroom in naar het scharnier trokken; en voorts vier schroefboten, 2 van 900 pk en 2 van 600 pk. Die laatste twee duwden bij het indraaien tegen de kopwand

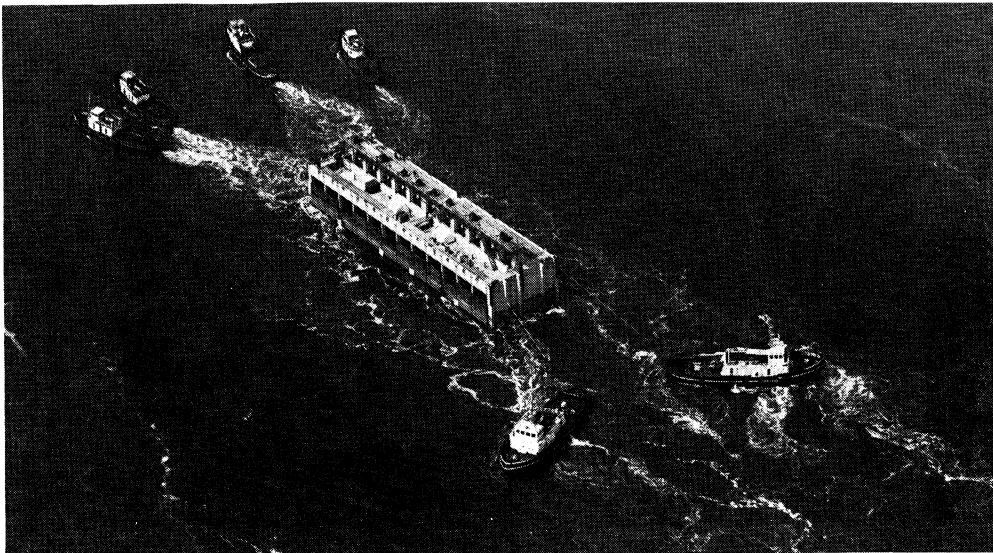
1 Indraaimanoeuvre van een doorlaatcaisson

2 Convooi sleepboten met caisson

3 De drijfschotten worden weggetrokken

1





2

aan het vrije einde van de caisson, de eerste twee corrigeerden de 'staart' na het indraaien, en trokken bij het afzinken in richtingen loodrecht op de drempel. Bij de laatste plaatsing werd deze vloot versterkt met een 1500 pk Voiht-Schneiderboot, zodat de indraai-manoeuvre al bij een hogere stroomsnelheid kon beginnen; er bleef derhalve meer tijd over om de caisson in te spannen in draden die tussen de twee uiterste caissons liepen. De sluitingsoperatie heeft een zeer voor-spoedig verloop gehad; ze werd dan ook be-gunstigd door uitstekend weer. Een enkele maal werd slechts bij het uitvaren, parkeren of indraaien hinder ondervonden van mist. Door goede bebakening van de route en door de assistentie van enkele vletten, kwamen de convoien steeds zonder moeilijkheden over. Golfgang van enige betekenis trad slechts op bij de plaatsing der landhoofdcaissons; er liep toen een deining van 40 cm hoogte met een periode van 7 seconden. Sleepboten en caissons bewogen daarop langzaam op en neer. Door de elasticiteit van het systeem zou men de grootte van de krachten die in het spel waren gemakkelijk onderschatten. Toen een der caissons contact maakte met de vaste grond, en vlak daarop een der boten van een golf af in de draad viel, knapte die zonder meer af.

Voor methode en programma van de afsluiting van het zuidelijk sluitgat van het Brouwers-havense Gat wordt de lezer opnieuw verwezen naar Bericht nr. 55 (februari 1971). De kabel-baan zelf, de wijze van belading, de signa-lering van de stortplaats, het is alles daar beschreven.

Hoewel de genoemde systemen geheel vol-



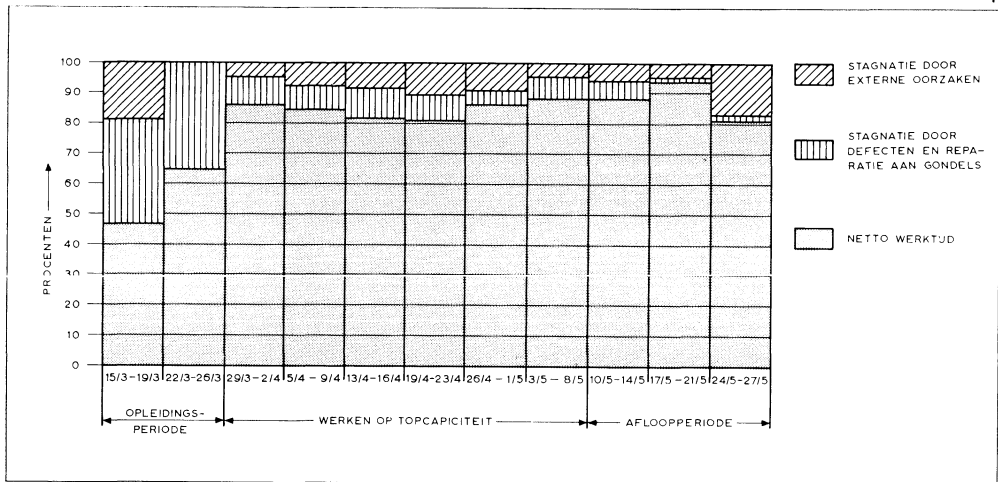
3

gens verwachting hebben gewerkt, is de capaciteit van 400 blokken per uur niet bereikt. Daarvoor is een aantal oorzaken aan te wijzen: de tijd die een gondel nodig had om het circuit te doorlopen, bleek langer dan was berekend; na een storing duurde het soms lang tot het bedrijf weer op volle toeren draaide. Het gebeurde nogal eens dat de elektronische uitrusting van een gondel defect raakte, zodat er niet harder gereden kon worden dan 3 m/sec. De reparatie kon in dat geval het beste al rijdend geschieden, maar dat kostte wel tijd. In alle andere gevallen van langdurige storing werd een defecte gondel uitgerangeerd. Ondanks de verlaging van de productie is de sluiting geen ogenblik in gevaar geweest.

De mate van vernauwing van het zuidelijke sluitgat was gefaseerd in samenhang met de

bleek de aanlooptijd gunstig te verlopen, zodat de productie al gauw voorlag op het schema. Bovendien stond de kade in de eerste fase steiler dan naar verwachting in de eindfase het geval zou zijn, zodat een grotere hoogte werd bereikt dan de planning aangaf. Tenslotte bleek nog dat de stroomsnelheden in het noordelijke sluitgat hoger werden dan was verwacht. Op woensdag 21 april werd derhalve het nachtbedrijf geheel gestaakt, terwijl het sluitgat overdag zo weinig mogelijk werd vernauwd door alleen onder de beide oevers te storten, en wel zo hoog mogelijk, en als het kon zelfs tot definitieve hoogte. De verdere vernauwing van het zuidelijke sluitgat diende te worden uitgesteld tot na het tijdstip van maximale ebstroom voorafgaand aan de plaatsing van de voorlaatste caisson.

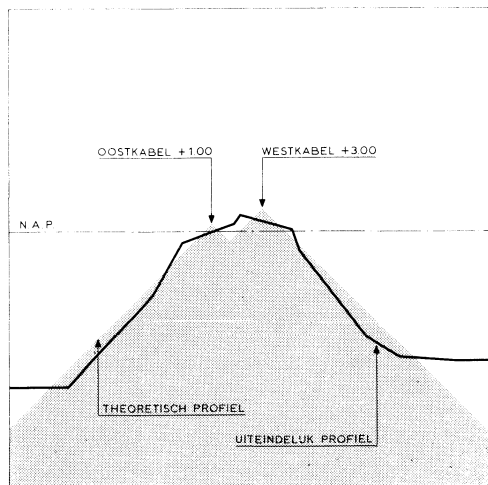
1



vernauwing van het noordelijke sluitgat. Het hiervoor aanvankelijk opgestelde schema moest op grond van meer gedetailleerd modelonderzoek worden gewijzigd. Bij de plaatsing van de laatste caisson in het noordelijk sluitgat diende in het zuiden een ruimer doorstrooprofiel over te zijn dan aanvankelijk was geraamd. Het zou misschien voor de hand gelegen hebben, het kabelbaanbedrijf dan ook later te laten beginnen. Gezien de tegenslagen die bij het bedrijfsklaar maken van de gondels moesten worden geïncasseerd, koos men voor een andere tijdsindeling: de sluiting begon op de oorspronkelijke datum, maar zo nodig, dat wil zeggen als het profiel te nauw zou gaan worden, zou men het bedrijf tussendoor tijdelijk staken. Op 17 maart vielen de eerste blokken, op 22 maart ging de proeffase officieel in. Nu

Voor de berekening van het aantal benodigde blokken is gebruik gemaakt van de ervaring bij de Haringvliet-sluiting. Berekend werd wat voor een blokkenkade met 43% holle ruimte, hellingen 1 : 1 en een toegevoegde hoeveelheid van 5% wegens zakkings, 143 322 stuks blokken nodig zouden zijn. Toen op 28 mei het laatste blok viel, telden men 149 439. De bijna 50 000 blokken, overgebleven van de Haringvliet-sluiting, die vanaf schepen in het profiel waren geworpen, bleven buiten deze berekening en telling.

De poreuze blokkendam werd vanaf 6 mei, toen het noordelijk deel van de betegelingsdam klaar was, volgespoeld met grind 30/100 mm. Dit werk werd verricht door twee werkeenheden, elk bestaande uit een kraan en een lopende band. De hier toegepaste methode was alleen nog maar in een model



2

- 1 Produktiegrafiek van het kabelbaanbedrijf
- 2 Het profiel van de blokken-dam

beproefd – in het Haringvliet was aan de binnenzijde van de sluitkade een afdichtingslaag aangebracht –, en er werd dus met bijzondere belangstelling uitgezien naar de resultaten van deze manier van secundaire sluiting. Na aanvankelijke moeilijkheden in verband met de vaststelling van de graad van vulling van de blokkendam, is dit werk verder voorspoedig verlopen. Het debiet door de dam bleek na vulling van de poriën met grof grind voldoende te zijn afgenomen om het zand dat nodig is voor de vorming van het damlichaam, zonder gevaar voor uitspoeling te kunnen aanbrengen.

De damvakken door de sluitgaten zullen hetzelfde profiel hebben als de in voorgaande jaren uitgevoerde damvakken over de Middelpaalt, de Kabbelaarsbank en in de geul daartussen. Terwille van de aansluiting zullen de

koppen van die damvakken worden opengebroken. De daarbij vrijkomende materialen zullen zoveel mogelijk in de dammen worden verwerkt. Op sommige gedeelten van de damvakken is het damprofiel tot op heden niet geheel op hoogte gebracht, namelijk daar waar terwille van de afsluitingswerkzaamheden werk- en opslagterreinen ter beschikking moesten blijven; dan werd ter plaatse de dam niet hoger opgebouwd dan N.A.P. + 7 m, en van een tijdelijke verharding voorzien. Thans vervullen die terreinen geen functie meer, en na afvoer van de nog aanwezige materialen kunnen de verhardingen worden opgebroken. Dan zullen de definitieve damkappen worden aangebracht en van een asfaltbetonnen taludverdediging worden voorzien. De waterstand op het Grevelingenbekken is na de afsluiting gekomen op ongeveer N.A.P. Om der wille van waterhuishoudkundige belangen zal het peil nog verder worden teruggebracht, en tot na de afsluiting van de Oosterschelde worden gehouden op N.A.P. – 20 cm. Als instrument voor de handhaving van het bekkenpeil dient de scheepvaartsluis bij Bruinisse, waar in de deuren van het westelijke hoofd spui-openingen zijn opgenomen. De binnenteeën van de afsluitdam, die wordt aangelegd op N.A.P. – 25 cm, komt daardoor juist onder water te liggen. De uitvoering van een teenconstructie vlak onder de waterlijn is echter gecompliceerd, en dus duur. Daarom zal tot ongeveer het einde van dit jaar een verder tot N.A.P. – ca. 50 cm verlaagde waterstand worden aangehouden, waardoor de binnenteeën geheel in den droge zal kunnen worden aangelegd. In juni werd begonnen met spuien om de genoemde waterstand te bereiken. De loswallen en haventerreinen langs de werkhavens worden in verband met het uiteindelijke peil verlaagd tot N.A.P. + 1 m. Ook de andere afmeergelegenheden zullen worden aangepast.

Over de dam worden drie wegen aangelegd; een tweebaans autoweg over de daarvoor bestemde berm juist naast de kruin van de dam; een parallelweg over de buitenberm en een parallelweg aan de meerzijde van de hoofdverkeersweg. Voorlopig wordt van de grote autoweg alleen de oostelijke rijbaan, 2 rijstroken breed, in uitvoering genomen. De parallelwegen zijn over de bestaande damvakken al tijdens de bouw aangelegd; er moet alleen nog een laag asfaltbeton overheen gebracht worden. De autoweg moet nog over de volle lengte van de dam worden gemaakt. De verharding ervan zal worden opgebouwd uit een laag zand-cementstabilisatie van 17 cm dik, en daarop twee lagen grindasfalt-

beton van elk 6 cm. De bovenste laag wordt gevormd door 5 cm dik open asfaltbeton, afgestrooid met 2 à 3 kg steenslag per m². De oostelijke parallelweg, die de eerste door- gaande verbinding over de dam zal vormen, moet op 31 maart 1972 klaar zijn.

Behalve wegen zullen ook opritten, aanslui- tingen, viaducten en ondertunnelingen moe- ten worden gemaakt.

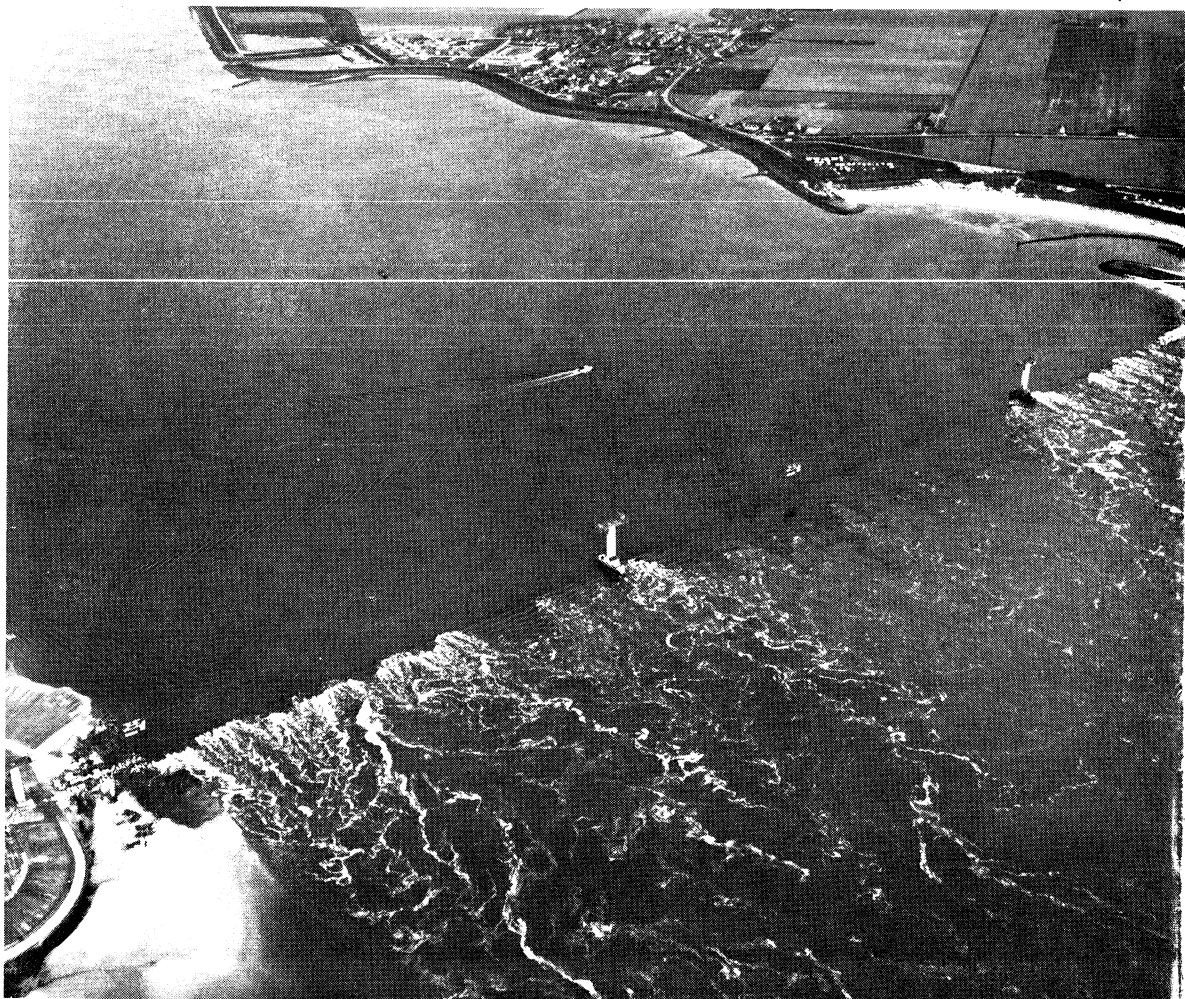
Op Goeree en Schouwen zullen de nieuwe wegen moeten worden aangesloten op het be- staande wegennet. Het opslagterrein Schou- wen, dat deel uitmaakt van de verzwaarde duinverdediging van de kop van Schouwen, wordt omgevormd tot een cirkelvormig par- keerderrein met beplanting er omheen. Ook op het damvak door het Springersdiep, aan de Goereese kant, zal een parkeerterrein ge- maakt worden. Dit parkeerterrein zal aan-

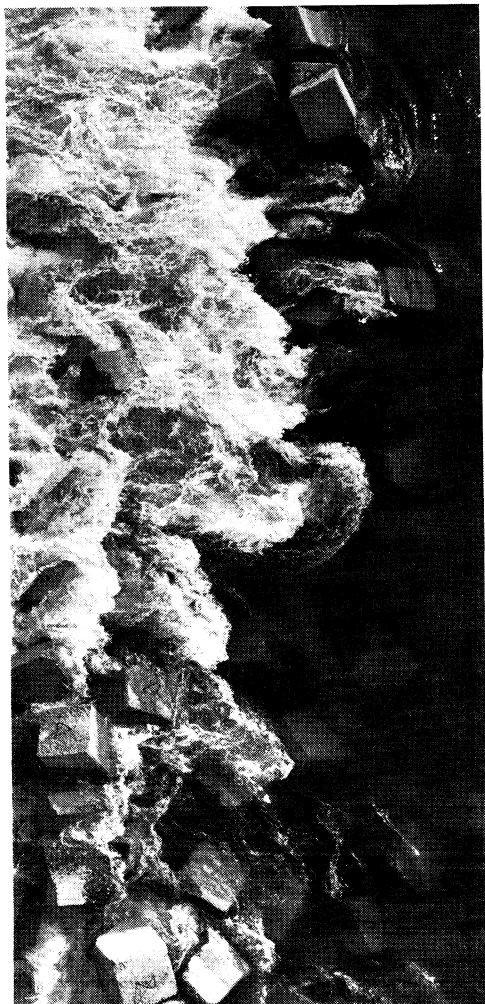
1 Ebstream over de blokken- dam in opbouw. Opname van 22 april

2 Detail van de turbulenties bij de blokkendam; 6 april 1971

3 Gondel aan de oostkabel, bezig te storten. Het is nu vloed; 6 april 1971

1

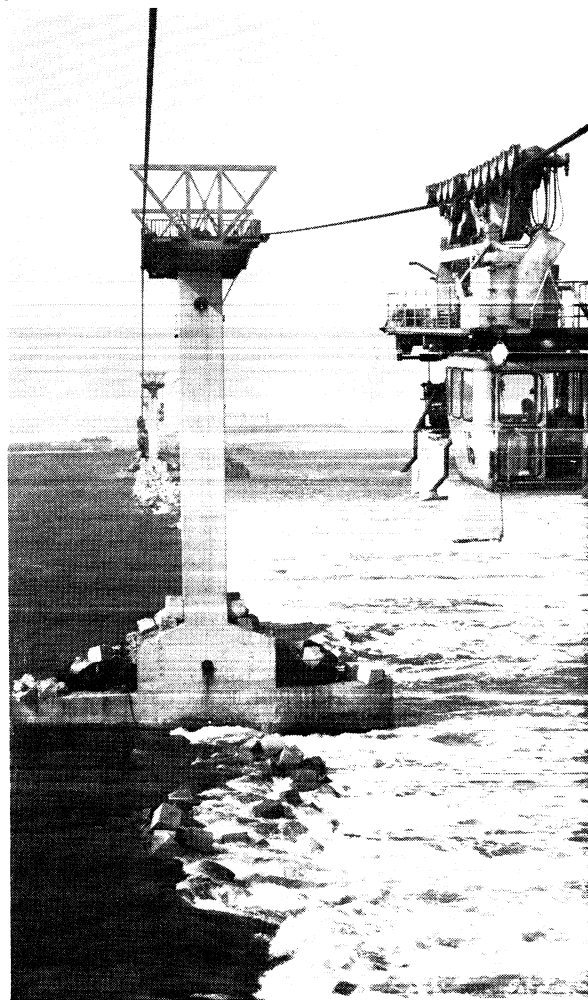




sluiten op de westelijke parallelweg, die daar op een kunstmatig duin zal worden aangelegd dat al in 1969 werd opgespoten. Aan de zeezijde van deze weg zal een voorduin worden gemaakt. Dit voorduin zal zich uistrekken van de werkhaven aan de westzijde van de dam naar de kust van Goeree. De twee gevormde duinregels en de duinpan ertussen zullen worden beplant met helm, gras en struiken. De parkeerterreinen zullen worden geplaveid met groenstenen, dat zijn geperforeerde tegels waar gras doorheen kan groeien. Op het damvak over de Kabbe-laarsbank zullen in een later stadium viaduc-ten worden aangelegd over de hoofdverkeers-
weg; voorlopig blijft het bij de aanleg van zandlichamen voor de opritten.
Te verwachten is dat althans aanvankelijk de meeste bezoekers kunnen worden verwacht

2 nabij de aansluiting van de dam op de stran-
den van Schouwen en van Goeree. Om te
voorkomen dat deze mensen de autoweg gaan
oversteken zullen nabij beide aansluitingen
voetgangerstunnels worden gemaakt onder
alle wegen door, zodat men veilig van het
Grevelingenmeer naar de Noordzee kan
wandelen.

3



A. De werken van het Deltaplan

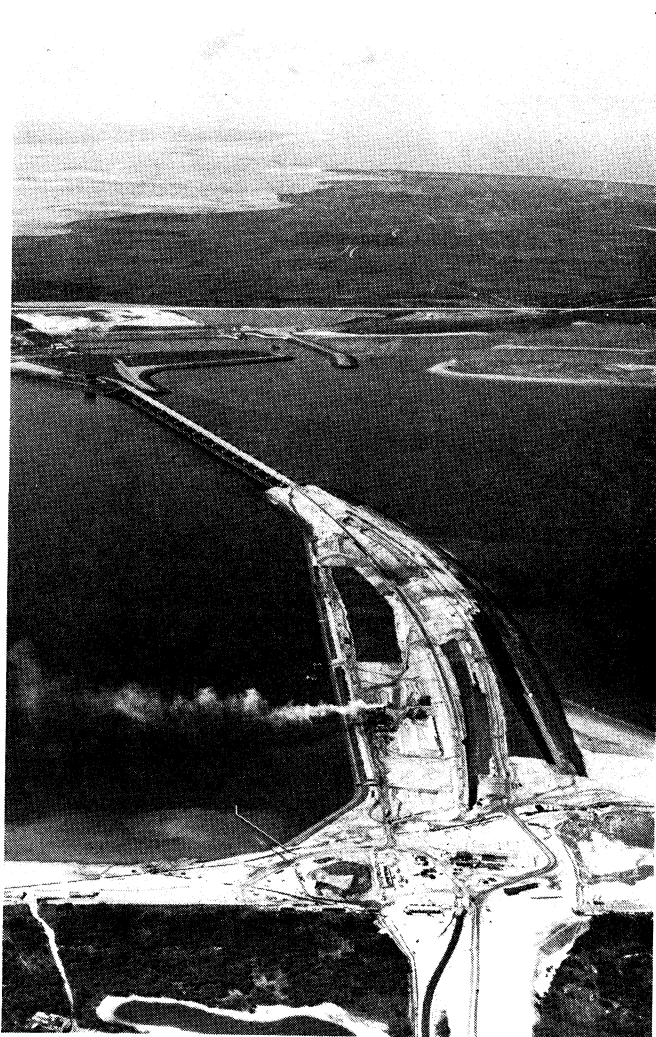
Haringvliet

Werken aan en rondom de afsluitdam

De zandzuiger 'Gouda', die tot eind maart zand had gespoten in het profiel van de dam door het Rak van Scheelhoek, werd in april afgevoerd. De zandzuiger 'Adamas' werkte voort aan een strandverbreding ter plaatse van de aansluiting van de dam op de Voornse oever, en bracht ook zand in het zanddepot voor de Brielse Dijkkring. De betonnen onderbouw van het voormalig laadstation van de kabelbaan op het Voornse plateau werd gesloopt. De werkzaamheden aan de afsluitdam en de wegen erover werden in een vlot tempo voortgezet. De glooiingen in het damgedeelte door het Rak van Scheelhoek kwamen zowel aan de zee- als aan de rivierzijde gereed; op de glooiingen werd een asfaltbekleding aangebracht. Ook verder werd het damlichaam geprofileerd, en met klei afgedekt.

De weg voor het langzaam verkeer werd aangelegd tot aan de voetgangerstunnel op het strand van Voorne. Het werk aan de voetgangerstunnel wordt nog voortgezet.

Begin juni werd een aanvang gemaakt met de aanleg van de hoofdverkeersweg – de toekomstige

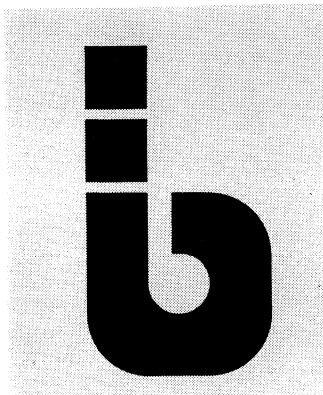


stige Rijksweg 57 – over de dam, vanaf de provinciale weg op Goeree-Overflakkee tot aan de duinregel van Voorne. Ten zuiden van het sluizencomplex wordt het een weg met twee gescheiden rijbanen; noordelijk van de sluizen, op het damgedeelte door het Rak van Scheelhoek, wordt thans alleen de westelijke rijbaan aangelegd.

Volkerak

Bouwput voor een spui- en een jachtensluis in de Volkerakdam

De oorspronkelijke ontwerp-overeenkomst voor de aanleg van deze bouwput is gewijzigd,



2

in verband met een ingrijpende verandering in het ontwerp van de fundering. De paalfundering die oorspronkelijk was voorzien is in het nieuwe plan om financiële zowel als constructieve redenen vervangen door een grondverbetering. De nieuwe aannemingssom bedraagt f 4 810 000,—.

Van het cutterwerk in de bouwput is inmiddels 441 000 m³ uitgevoerd.

Men is begonnen mijnsteen te lossen in de kaden van het te maken werkterrein, van een losplaats en van de afsluitdam van de bouwput. Zand werd uitgereden in de kade van de losplaats en in de afsluitdam. Er wordt thans zand geperst in het werkterrein en in de losplaats, alsook in een zanddepot ten behoeve van de straks genoemde grondverbetering. Het zandverzet bedroeg hier 395 800 m³.

Brouwershavense Gat

Voor een gedetailleerde beschrijving van de sluitingsoperaties in het Brouwershavense Gat wordt verwezen naar een afzonderlijk artikel over dat onderwerp, elders in dit Bericht. Hier volgen nog enkele bijzonderheden.

Caissonsluiting in het noordelijk sluitgat

Nadat op 5 en 6 april bij hoogwater de landhoofdcaissons waren geplaatst, waardoor het sluitgat een loodrechte beëindiging kreeg aan beide kanten, konden de eerste drie doorlaatcaissons op laagwater worden

1

Afwerking van de dam door het Rak van Scheelhoek; 28 april 1971

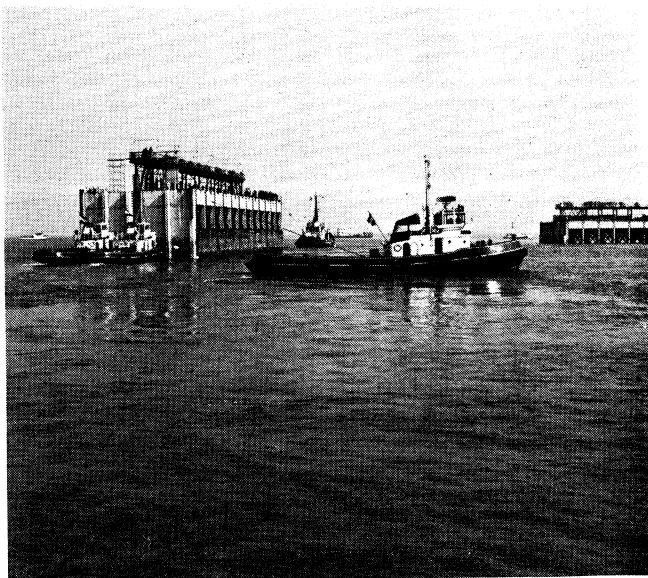
2

Vignet en vlaggeteken, gebruikt ter aanduiding van de afsluiting van het Brouwershavense Gat

3

Een caisson wordt boven de drempel gemanoeuvreerd

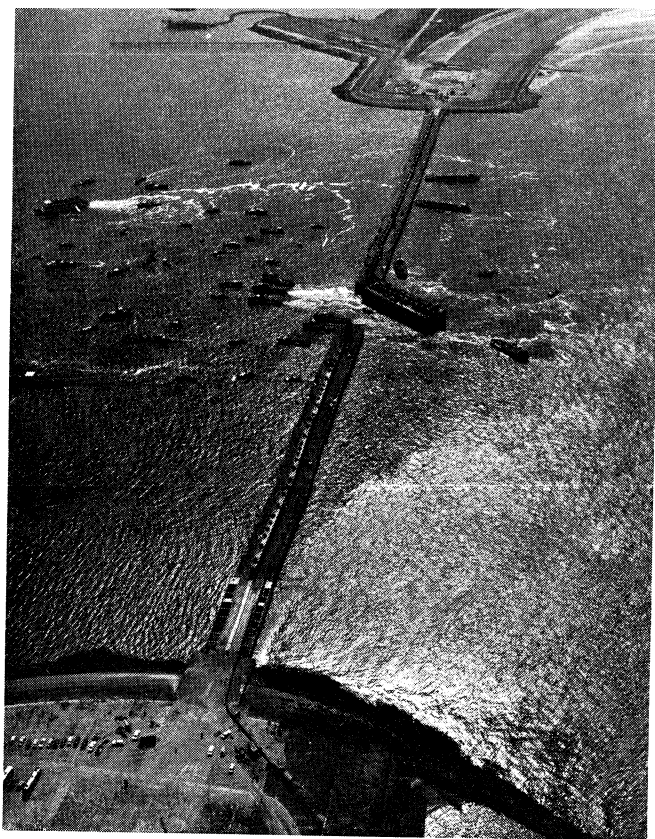
3



afgezonken op 14, 15 en 16 april. In de daaropvolgende week werden vijf caissons afgezonken op de laagwaterkentering. Dat gebeurde op 19, 20, 21, 22 en 23 april. De laatste caisson werd op zaterdag 1 mei onder grote belangstelling geplaatst. De schuiven van de doorlaatcaissons werden op 3 mei tijdens de laagwaterkentering om 15.30 uur neergelaten, nadat de aanstortingen en naadvullingen waren voltooid. In de daaropvolgende nacht en dag kwam de waterstand op het Grevelingenbekken als gevolg van lekkage in de beteugelingskade door het zuidelijke sluitgat weer op ongeveer N.A.P. Daarna bereikte het getij op het afgesloten meer nog een amplitude van ongeveer een halve meter, totdat ook de sluitkade tot boven hoog water was opgestort. Sindsdien was er nog slechts een waterstandsverschil tussen hoog en laag water merkbaar van 20 centimeter.

De ballastbakken op de caissons werden onmiddellijk met zand gevuld. Daardoor kon al op 3 mei het eerste wegverkeer plaatsvinden over een op de ballastbakken aangelegde rijbaanverharding bestaande uit hoogovenslakken.

De drijfschotten werden aanvankelijk opgeslagen op het haven-



nachtdienst gewerkt, met een onderbreking van 21 tot 28 april, toen alleen de dagdienst draaide om het doorstroomprofiel van het zuidelijke sluitgat niet te vroeg te vernauwen. Het werktempo werd toen afgeremd om te hoge stroomsnelheden in de Hompelgeul en in het noordelijk sluitgat te vermijden, die hinderlijk zouden zijn geweest voor de manoeuvres met de caissons. Vanaf 10 mei werd alleen het dagbedrijf nog maar voortgezet, hoofdzakelijk om de beide kruinen van de blokkendam op hoogte te brengen. De oostelijke kruin was als eerste over de gehele lengte op de gewenste hoogte, en wel op 17 mei. Op 28 mei werden de laatste blokken gestort in de westelijke kruin.

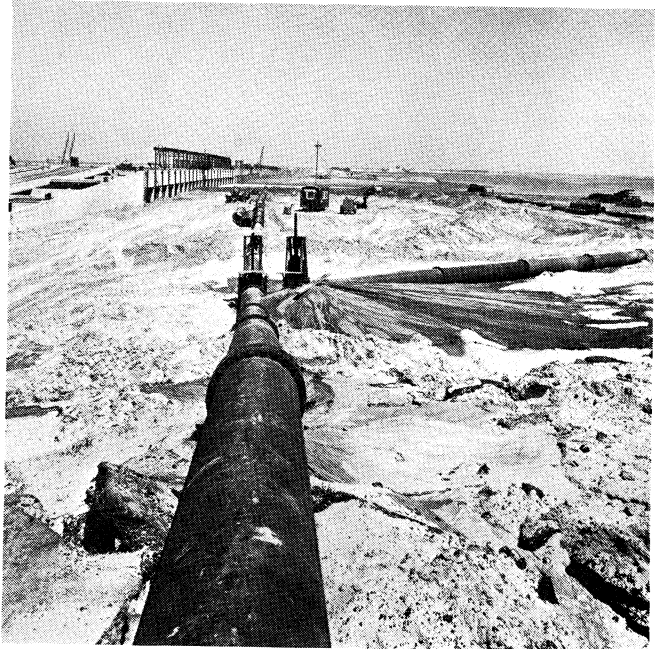
Het bedieningspersoneel van de kabelbaan werd ten dele tewerkgesteld bij ander werk van de aannemer. Een aantal gondels met personeel werden bedrijfsklaar gehouden voor het geval er stormschade aan de blokkendam zou worden veroorzaakt. Deze stand-by-periode eindigde eind juni, toen het zandstort aan de zeezijde de Schouwense never bereikte, en het Brouwers-

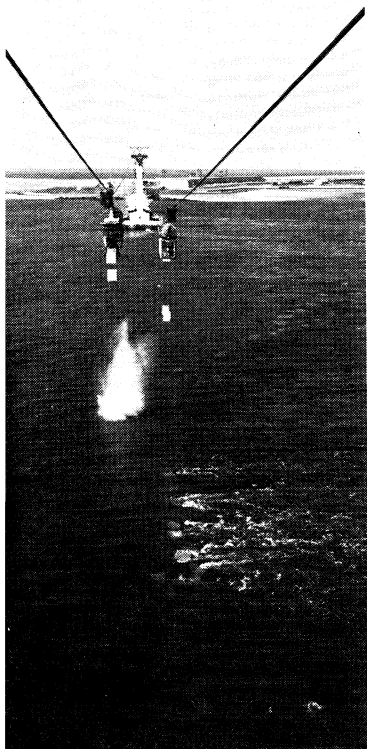
2

terrein van het damvak Kabbe-laarsbank, en later per auto over de caissons afgevoerd naar het voormalige bouwdoek nabij Zonnemaire. Ook de stalen constructiedelen van de lierbor-dessen en de lieren, elektro-motoren, hijskabels en dergelijke werden na demontage afgevoerd naar het bouwdoek. De Phoenixcaisson, die als reservecaisson zou kunnen dienen, en die voor de aanvang van de sluitingsoperatie in de vluchthaven Zijpe aan de grond was gezet, is er niet aan te pas gekomen. Hij werd inmiddels weer drijvend gemaakt, naar de Schelphoekkom gesleept, en daar aan de grond gezet.

Kabelaansluiting in het zuidelijk sluitgat

In totaal werden ongeveer 150 000 blokken met behulp van gondels van de kabelbaan gestort. Tot 8 mei werd in dag- en





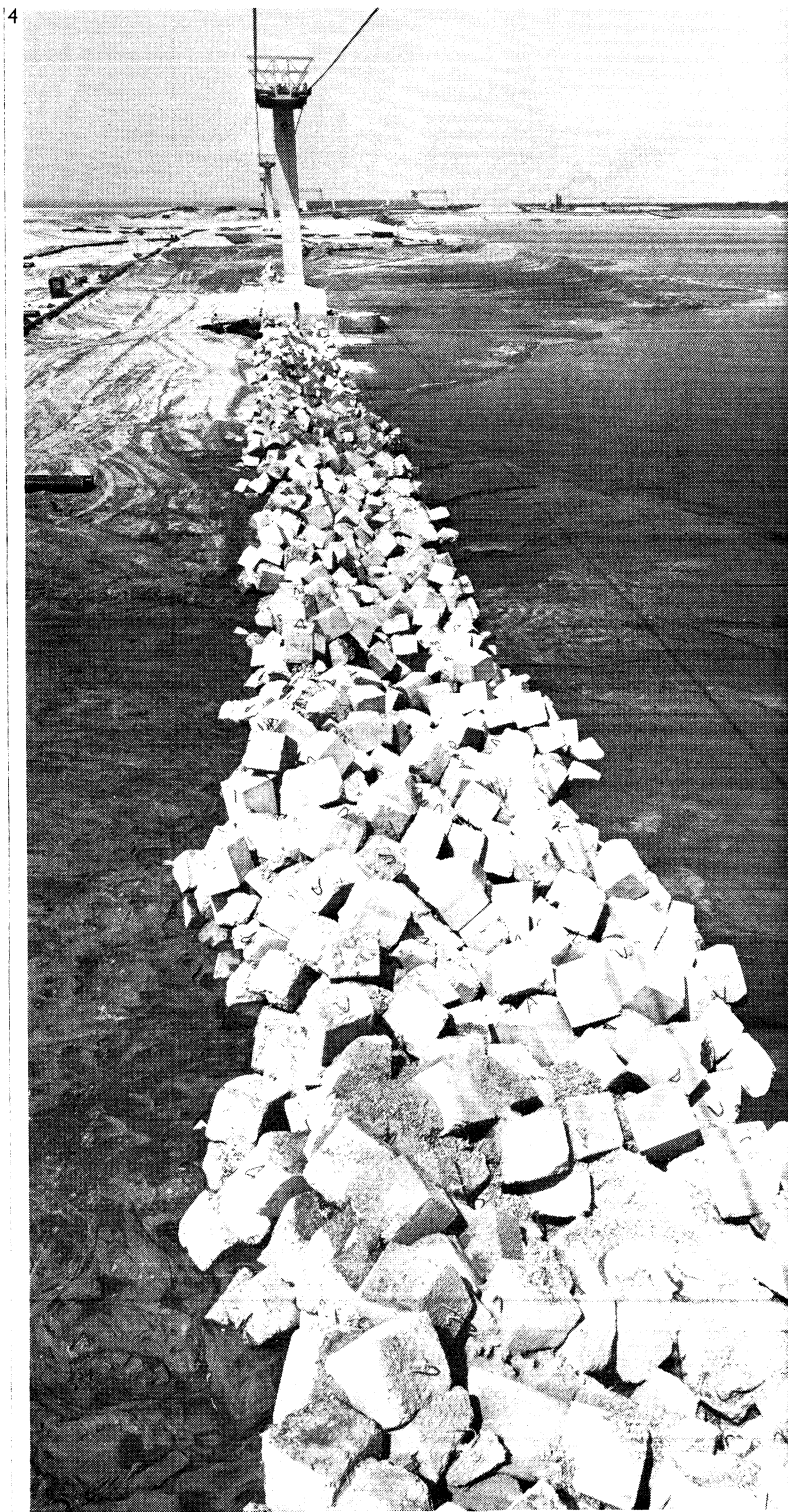
3

- 1 Het laatste caisson op 1 mei 1971
- 2 Stand van het zandbedrijf in de Kous, 1 juli 1971
- 3 Kabelbaanbedrijf, op 30 april
- 4 Stand in het zuidelijk sluitgat op 1 juli 1971

havense Gat definitief van de Noordzee was afgesloten.

Afdichting

Vanaf 5 mei werd grind 'ingewassen' in de sluitkade van betonblokken. Begonnen werd vanaf de Middelplaat. Met de baggermolen 'Botlek' werd grind opgehaald uit een onderwaterdepot in de werkhaven Middelplaat, en overgeslagen in zelfvarende beuschepen. Deze schepen werden bij de dam



door een drijvende kraan gelost op een transportband die het grind op de blokkenkade uitstrooide. Het grind werd gestort aan die kant van de dam waar de hoogste waterstand was, zodat de lekstroom als gevolg van het verval over de dam het grind het damlichaam inspoelde; bij gelijke waterstand binnen en buiten werd tussen de beide kruinen gestort. Aanvankelijk werd met één werkeenheid gewerkt, maar vanaf 10 mei kwam er een tweede drijvende kraan met transportband bij. Op 10 juni werd dit werkonderdeel voltooid. Bij wijze van proef werden twee gedeelten van de

sluitkade, een van 15 m en een van 50 m lengte, niet met grind ingewassen.

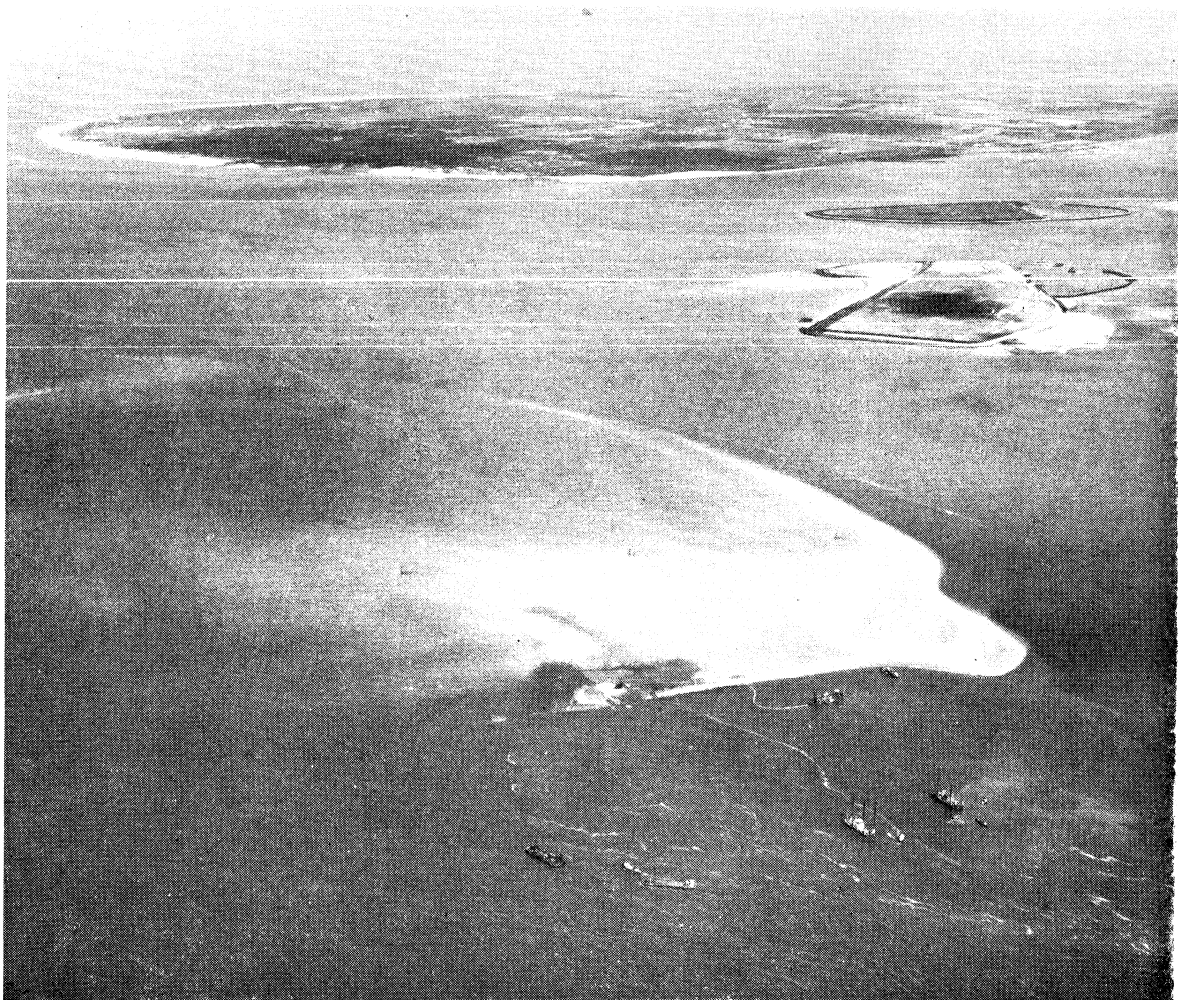
In de blokkenkade werd in totaal 160 000 ton grind 30/100 mm verwerkt; van maandags tot vrijdags werd dag en nacht gewerkt.

Zandbedrijf

Direct na het neerlaten van de schuiven der doorlaatcaissons werden de profielzuigers 'Beverwijk 37' en 'Edax' ingezet om de caissonrij aan beide zijden in te pakken in een zandlichaam. Er werd in vol-continudienst gewerkt, dat wil zeggen dag en

nacht en in de weekends, 168 uur per week. Tot 25 mei was de bakkenzuiger 'Beverwijk 39' met vijf bakken eveneens vol-continu in de weer om het stort aan de binnenzijde van de caissons te suppleren.

In het zuidelijk sluitgat werd zand geperst vanaf 8 mei; toen werd de profielperszuiger 'Sliedrecht 22' ingezet, en op 15 mei de 'Sliedrecht 12', beide in vol-continudienst. Het zand werd geperst van noord naar zuid, waarbij de 'Sliedrecht 22' samen met de vanaf 10 mei aan de zeezijde werkende sleephopperzuiger 'Geopotes VI' het stort aan de zeezijde opvulde. Vanaf



26 mei werd aan de meerzijde ook zand geklapt, door tussenkomst van de 'Beverwijk 39'. Het zandpersen voor de met grind ingewassen damgedeelten leverde geen enkele moeilijkheid op. Ook voor de korte niet ingewassen gedeelten ging het makkelijk, maar het zandstort, dat aan de zeezijde verder gevorderd was, strekte zich bij die gedeelten door de kade heen uit tot aan de meerzijde; bijgevolg moest op die stukken meer zand worden verwerkt, en lag het tempo van de voortgang lager.

Opbouw van het werkeiland 'Noordland'; daarachter de eilanden 'Neeltje Jans' en 'Roggenplaat'. Foto van 28 april 1971

Overige werkzaamheden

Van de beëindiging der damvakken werd de bekleding opgenomen en afgevoerd of opgeslagen. Voor zover mogelijk werd de stortsteen van de kraagstukken opgenomen en afgevoerd; ter plaatse van de toekomstige teenconstructies werden de aanwezige kraagstukken volledig opgeruimd. Aan de meerzijde, waar de waterstand na de sluiting ongeveer op N.A.P. was gekomen, moest men wachten met de opruimingswerkzaamheden totdat het peil was teruggelopen tot N.A.P. - 50 cm. Bij die waterstand kunnen ook de nieuwe teenconstructies ter plaatse van de sluitgaten worden aangebracht. Aan de zeezijde werd een begin gemaakt met het plaatsen van damwand en van steenkorven voor de teenconstructie. De buitenkade werd ten dele opgebouwd met de uit de damkoppen vrijkomende mijnsteen. De hoogte van haventerreinen en loswallen werd door het weghalen van de opzetstukken van

2 m hoogte, verlaagd tot ongeveer N.A.P. + 1 m. Op de damvakken Middelpaalt en Kabbelaarsbank werd begonnen met de aanleg van 3 km van de oostelijke rijbaan van de toekomstige Dammenweg. De funderingslaag ervan is aangebracht.

Oosterschelde

Werkhaven Sophiapolder

Ten behoeve van de aanleg van het werkeiland 'Noordland' werd in de verslagperiode 115 000 ton mijnsteen aangevoerd, 65 000 ton stortsteen, en 30 000 bossen rijnshout.

Werkhavenplaats Schelphoek

De haven werd alleen gebruikt voor de afvoer van mijnsteen ten behoeve van de aanleg van het werkeiland 'Noordland' en van zink- en stortsteen voor de werkzaamheden aan het werkeiland 'Neeltje Jans'.

Werkeiland Neeltje Jans

Het werkeiland Neeltje Jans kwam in de verslagperiode gereed. In de werkhaven moet nog enig baggerwerk worden uitgevoerd. Als extra werk is aan de zeezijde nabij de zuidwestkop van het eiland 18 000 m² bezinking aangebracht, waarop later een stroomgeleidende krib zal worden gebouwd uit betonblokken van 2,5 ton gewicht. Op het eiland zal een cementstabilisatieverharding worden aangebracht voor het opslaan van grote betonblokken die bij de kabel aansluiting in het Brouwershavense Gat zijn overgeschoten.

Werkeiland Noordland

Dit werk werd gegund aan de aannemerscombinatie Bos & Kalis/Verstoep/Oosterwijk, voor een bedrag van f 9 971 000. Op 5 april ging het eerste zinkstuk naar de bodem. Op 19 april werd de eerste mijnsteen geklapt, waarna vanaf 21 april zand in het eiland werd gebracht. Begunstigd door het goede weer slaagde men erin,

ongeveer 35 000 m² zinkstuk te plaatsen, en 100 000 ton mijnsteen te lossen. Hoewel er 400 000 m³ zand in het werk werd gebracht, kon de zandproductie de voortgang van de andere werkonderdelen niet bijhouden.

Oeververdedigingswerken langs de Grevelingendam

De werkzaamheden kwamen gereed. In totaal werd 9 400 m² bezinking aangebracht en 33 000 ton grind gestort.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Werkhaven en zeewaterbassin op Texel

Op 16 april werd aanbesteed het maken van een werkhaven en een zeewaterbassin met bijkomende werken nabij de haven van Oude Schild, gemeente Texel. Het werk werd gegund aan de firma De Vries en Van der Wiel te Hilversum, voor een bedrag van f 5 571 900,-. Ten behoeve van de op het eiland Texel nog uit te voeren Deltawerken moet een werkhaven worden aangelegd. Deze werkhaven zal, nadat de dijkversterkingswerken zijn voltooid, als vissershaven ingericht kunnen worden. Daarmee wordt een belangrijke ontlasting van de thans overbelaste haven van Oude Schild mogelijk. Het zeewaterbassin zal een onderdeel vormen van de bij Oudeschild te bouwen elektriciteitscentrale annex zoetwaterfabriek. Langs de te maken werkhaven en het zeewaterbassin wordt een waterkering aangelegd op Deltahoogte. Dan kan de verzanding en verhoging van de bestaande zeedijk daarachter achterwege blijven. Op deze manier kan een buitendijks zeewaterbassin worden aangelegd zonder de kosten van de Deltawerken ongunstig te beïnvloeden. Met het werk is inmiddels een begin gemaakt.

Opgave van bestede en gegunde bestekken en gesloten onderhandse overeenkomsten

Opgave van de door het Rijk ten behoeve van de uitvoering van de Deltawerken gesloten overeenkomsten

DED-1326 20 november 1970

Het opdrijven van de in het Veerse Meer aan de grond staande BX-caisson, het verslepen ervan naar Vlissingen en het aldaar aanbrengen van staalconstructies aan de caisson met bijkomende werken
Aannemingssom: f 238 095,-
Aannemer: n.v. Koninklijke Maatschappij 'De Schelde' te Vlissingen

DED-1329 15 oktober 1970

Het leveren in 1970, 1971 en 1972 van Duitse mijnsteen ten behoeve van de Deltawerken
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: 'Utroma' n.v. te Arnhem

DED-1330 15 februari 1971

Het leveren en plaatsen van een houten magazijn op een door derden te maken fundering op een terrein van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst te Schiedam
Aannemingssom: f 40 900,-
Aannemer: Van 't Verlaats Houtbouw Hardinxveld n.v. te Hardinxveld

DED-1331 3 maart 1971

Het maken van een gewapend-betonfundering, met bijkomende werken, voor een door derden te plaatsen magazijn en het bouwen van een garage met olieberging op het terrein van de Waterloopkundige Afdeling van de Deltadienst te Schiedam
Aannemingssom: f 78 235,-
Aannemer: C. Aleman te Schiedam

DED-1335 22 december 1970

Het huren van de bok 'Bato' ten behoeve van het verrichten van grondboringen en sonderingen in het Deltagebied
Aannemingssom: verrekenprijzen
Aannemer: W. A. van den Tak's Bergingsbedrijf n.v. te Rotterdam

DED-1336 10 februari 1971

Het huren van een dieselpompen ten behoeve van de watervoorziening van een gedeelte van het grondgebied van de Vereniging van Aanwassen onder Fijnaart in de gemeente Willemstad
Aannemingssom: verrekenprijzen
Aannemer: P. C. Klein te Willemstad

DED-1337 21 oktober 1970

Het lossen en opschelven van rijismaterialen in de omgeving van de werkhaven Sophia
Aannemingssom: eenheidsprijzen

Aannemer: Aannemingscombinatie Zinkwerken n.v. te Gorinchem

DED-1346 4 januari 1971

Het huren van de motorsleepboot 'Zuidvliet' mede ten behoeve van de uitvoering van duikwerk
Aannemingssom: verrekenprijzen
Aannemer: Fa. C. P. Noordhoek & Zoon te Kortgene

DED-1347 12 januari 1971

Overeenkomst tot huur en verhuur van een ingericht directiekantoor te Burghsluis ten behoeve van de werken tot afsluiting van de Oosterschelde
Aannemingssom: f 410,- per week
Aannemer: n.v. Aanneming Maatschappij 'Dijksbouw' te Rijswijk (Z.H.)

DED-1349 21 december 1970

Het verbouwen van een rolpontoon tot meetplatform
Aannemingssom: f 15 720,-
Aannemer: n.v. Staalconstructie Apparatenbouw en Scheepsreparatiebedrijf te Hellevoetsluis

DED-1350 2 oktober 1970

Het leveren van rijismaterialen ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavense Gat
Aannemingssom: eenheidsprijzen
Aannemer: fa. Jan Visser Azn. te Werkendam

DED-1351 20 januari 1971

Het leveren van grind ten behoeve van de afsluiting van het Brouwershavense Gat
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: n.v. Utroma te Arnhem

DED-1352 21 oktober 1970

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: Firma Gebr. Dubbelman Bzn. te Lage Zwaluwe

DED-1353 21 oktober 1970

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: n.v. Gebr. van Noordenne te Hardinxveld-Giessendam

DED-1354 21 oktober 1970

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: Fa. P. de Koning te Papendrecht

DED-1355 21 oktober 1970

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: n.v. W. van Wiin-gaarden te Sliedrecht

DED-1359 8 maart 1971

Het leveren en plaatsen van aluminium kozijnen met ramen, deurkozijnen, glasfronten en kanteleuren in een te bouwen woning met garage, rijwielstalling en entree aan het bedieningsgebouw van de spuilsuis in het Haringvliet in de gemeente Stellendam
 Aannemingssom: f 38 150,—
 Aannemer: Paweco-Lichtmetaal n.v. te Zwijndrecht

DED-1362 8 maart 1971

Het leveren en monteren van een centrale verwarming olie-stook-installatie in een te bou-

wen dienstwoning en het uitbreiden van de centrale verwarmingsinstallatie van het ter plaatse aanwezige bedieningsgebouw naar een te bouwen entree en garage bij de spuilsuis in het Haringvliet in de gemeente Stellendam
 Aannemingssom: f 11 250,—
 Aannemer: Geveke Warmte-techniek n.v. te Rotterdam

DED-1363 2 november 1970

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: Firma A. J. van Loon te Drimmelen (N.Br.)

DED-1370 26 februari 1971

Het verrichten van onderhoudswerkzaamheden en leveringen aan en ten behoeve van de drijvende bok 'Ursus' van de Deltadienst
 Aannemingssom: f 67 082,—
 Aannemer: n.v. Arie Rijdsijk-Boss & Zonen te Hendrik Ido Ambacht

DED-1373 18 december 1970

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: Firma v/h T. W. Volker en Zn. te Sliedrecht

DED-1374 18 december 1970

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde
 Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: Firma G. v. Wevers-wijk en Zn. te Zijdeveld

DED-1378 24 februari 1971

Het bouwen en leveren van een directievaartuig met toebehoren ten behoeve van de Deltadienst van de Rijkswaterstaat
 Aannemingssom: f 783 300,—
 Aannemer: n.v. Scheepswerf en Machinefabriek v/h H. J. Koopman te Dordrecht

DED-1384 19 januari 1971

Het leveren van rijsmaterialen ten behoeve van de afsluiting van de Oosterschelde

Aannemingssom: eenheids-prijzen
 Aannemer: n.v. W. van Wiin-gaarden te Sliedrecht

BR-5043 14 september 1970

Het vervaardigen en leveren van zes diesel-elektrische aggregaten ten behoeve van de afsluiting van het Volkerak
 Aannemingssom: f 278 680,—
 Aannemer: Dynaf n.v. Fabriek van Elektrische Aggregaten en Apparaten te Alkmaar

BR-5044 14 september 1970

Het vervaardigen, leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een elektrische installatie voor dertien doorlaat- en twee landhoofdcaissons ten behoeve van de afsluiting van het Volkerak
 Aannemingssom: f 190 990,—
 Aannemer: Elektrotechnische Mij. n.v. van Rietschoten en Houwens te Rotterdam

BR-5066 17 september 1970

Het vervaardigen en franco leveren van lichtmasten, uithouders en seinmasten ten behoeve van de schutsluis in het Haringvliet
 Aannemingssom: f 21 603,75
 Aannemer: Elektrotechniek n.v. te Amsterdam

BR-5140 9 september 1970

Het vervaardigen en leveren van de vaste banen Zuid en Noord met de daarbij behorende baan-ingangen, garages enz. ten behoeve van de kabelbaan voor het afsluiten van het Brouwershavense Gat
 Aannemingssom: f 511 000,—
 Aannemer: F. Kloos en Zonen's Werkplaatsen n.v. te Kinderdijk

BR-5141 9 september 1970

Het leveren van wentellagers c.a. ten behoeve van de kabelbaan Brouwershavense Gat
 Aannemingssom: f 19 691,16
 Aannemer: F.A.G. Nederland n.v. te Rotterdam

BR-5142 9 september 1970

Het vervaardigen en leveren van voorbereekte smeedstalen onderdelen ten behoeve van de kabelbaan Brouwershavense Gat
 Aannemingssom: f 31 085,—
 Aannemer: n.v. Koninklijke

Nederlandsche Grofsmederij
te Leiden

BR-5143 9 september 1970

Het leveren van kogeldraai-
ringen ten behoeve van de
kabelbaan Brouwershavense Gat
Aannemingssom: f 16 580,-
Aannemer: n.v. Handelsmaats-
schappij Smitfort te 's-Graven-
hage

BR-5144 9 september 1970

Het leveren van tonlagers c.a.
ten behoeve van de kabelbaan
Brouwershavense Gat
Aannemingssom: f 16 900,-
Aannemer: F.A.G. Nederland n.v.
te Rotterdam

BR-5145 9 september 1970

Het vervaardigen en leveren van
voorbewerkte gietstalen onder-
delen ten behoeve van de kabel-
baan Brouwershavense Gat
Aannemingssom: f 27 479,-
Aannemer: Koninklijke Demka
Staalfabrieken n.v. te Utrecht

BR-5174 3 september 1970

Het vervaardigen en leveren van
2 stuks balansen c.a. en 2 stuks
kabelverankeringen c.a. ten be-
hoeve van de kabelbaan voor
het afsluiten van het Brouwers-
havense Gat
Aannemingssom: f 167 000,-
Aannemer: Boele's Scheeps-
werven en Machinefabriek n.v.
te Bolnes

BR-5178 9 oktober 1970

Het vervaardigen, conserveren
en leveren van staaldraadkabels
c.a. ten behoeve van de lieren
van de doorlaatcaissons Brou-
wershavense Gat
Aannemingssom: f 23 720,-
Aannemer: n.v. Verkoopkantoor
Vereenigde Touwfabrieken te
Rotterdam

BR-5182 17 september 1970

Het vervaardigen en leveren van
een ponton met loopbruggen
c.a. ten behoeve van de werk-
haven in het Springersdiep
(afsluiting Brouwershavense Gat)
Aannemingssom: f 31 400,-

Aannemer: Constructiebedrijf
M. J. Stekelenburg te Middel-
harnis

BR-5220 19 augustus 1970

Het vervaardigen, leveren en
ter plaatse bedrijfsvaardig op-
stellen van vier stuks 20-tons
elektrisch gedreven brugkranen,
elk voorzien van een elektrisch
gedreven loopkat voor het
transport van betonblokken, voor
de afdamming van het Brou-
wershavense Gat
Aannemingssom: DM 1 113 467,-
Aannemer: Wissneth & Co. K.G.
te Detmold - Duitsland

BR-5262 11 november 1970

Het conserveren c.q. schilderen
van diverse onderdelen van het
sluizencomplex in het Haring-
vliet
Aannemingssom: f 313 600,-
Aannemer: n.v. Schildersbedrijf
J. Th. Mansveld en Zonen
te Utrecht

BR-5287 17 september 1970

Het vervaardigen en leveren van
twee draagkabels en zes kabel-
sockets voor de kabelbaan over
het Brouwershavense Gat, met
bijkomende werken
Aannemingssom: verrekenprijzen
Aannemer: Tréfileries et Câbles
de Bourg et du Harre te
Bourg-en-Bress

BR-5423 18 februari 1971

Het vervaardigen en leveren van
een garage-overkapping, een
hijsjuk, bordessen en trapper,
alsmede het leveren van 2 stuks
10-tons elektrische takels en
4 stuks 1-tons handbewogen
wormtakels met loopkatten ten
behoefte van de kabelbaan voor
de afsluiting van het Brouwers-
havense Gat
Aannemingssom: f 141 700,-
Aannemer: Koninklijke Fabrieken
Penn & Bauduin n.v.
te Dordrecht

BR-5446 5 februari 1971

Het vervaardigen, leveren en
bedrijfsvaardig monteren van de
elektrische installatie voor de
luchtbellenschermen van de
Volkeraksluizen nabij Willemstad

Aannemingssom: f 109 550,-
Aannemer: Van Rietschoten en
Houwens Elektrotechnische
Maatschappij n.v. te Rotterdam

BR-5469 12 februari 1971

Het vervaardigen en leveren van
een transportwagen ten behoeve
van het transport van gondels
van de kabelbaan over het
Brouwershavense Gat
Aannemingssom: f 21 250,-
Aannemer: Nooteboom, Fabriek
van Wegtransportmiddelen n.v.
te Utrecht

BR-5482a 14 januari 1971

Voorschotovereenkomst voor
het vervaardigen, leveren en
bedrijfsvaardig opstellen van
een aanvullende elektrische
installatie voor de spuisluis en
de schutsluis in het Haringvliet
Aannemingssom: f 1 250 000,-
Aannemer: Heemaf n.v.
te Hengelo

BR-5572 18 februari 1971

Het revideren van lieren van de
caissons voor de afsluiting van
het Brouwershavense Gat
Aannemingssom: f 15 702,30
Aannemer: Hollestelle en Zonen
n.v. te Goes

SS-495a 24 juni 1970

Overeenkomst tot wijziging van
overeenkomst SS-495 voor het
maken van doorlaat- en land-
hoofdcaissons in gewapend
beton, het verrichten van droge
en natte grondwerken en het
uitvoeren van bijkomende wer-
ken in een bouwput, gelegen
ten oosten van de polder Nieuw-
Bommenede op Schouwen-
Duiveland, in de gemeente
Brouwershaven
Aannemingssom: verhoogd met
f 304 750,-
Aannemer: Combinatie 'Caisson-
bouw Brouwershavensche Gat'
te Zonnemaire

Z-1422 26 oktober 1970

Aanbrengen van bestortingen
van fosforslakken aan de linker-
oever van het Mastgat, voor de
calamiteuze Oud-Kempenshof-
stede- en Margarethapolder op
Tholen in de gemeente Stavenis-
se
Aannemingssom: f 597 800,-
Aannemer: Zinkcen n.v.
te Hellevoetsluis

Opgave van de door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Delta-werken gesloten onderhandse overeenkomsten

Provincie Zeeland (wp. Walcheren) nummer 19

Leveren en bedrijfsvaardig opstellen van een elektromechanische pompinstallatie met bijkomende werken voor het nieuw te bouwen gemaal bij het Kanaal door Walcheren te Veere
Aannemingssom: f 230 220,-
Aannemer: Koninklijke Machinefabriek Stork n.v.
te Hengelo

Provincie Zeeland (wp. 'Het Vrije van Sluis') nummer 6-1969 10 juli 1970

Het graven en/of verruimen van leidingen, lang $\pm$ 5 km, het leggen van duikers en het verwerken van de vrijkomende grond, met bijkomende werken, een en ander in het kader van het plan tot verbetering van de waterbeheersing in westelijk Zeeuwsch-Vlaanderen (aanpassingsleiding tussen Hoofdplaat en sluis Nol Zeven)
Aannemingssom: f 356 400,-
waarvan f 186 500,- t.b.v. de Deltadienst
Aannemer: Aannemingsbedrijf S. Zijlstra te Andel (N.B.)

Provincie Zeeland (wp. 'Het Vrije van Sluis') nummer 3-1968/1971 1 september 1970

Het aanbrengen van wegverhardingen op het ten behoeve van de verbetering van het dijkvak Hoofdplaat-Oost afgegraven gedeelte van de Statendijk met bijkomende werken, gelegen in de gemeente Oostburg (IJzendijke)
Aannemingssom: f 87 200,-
Aannemer: c.v. Gebr. van 't Verlaat te Hardinxveld

voor de uitvoering van de Deltawerken openbaar aanbestede en gegunde werken

DED-1252 dienstjaar 1971

Het bouwen van een dienst-

woning, een garage met rijwielstalling en een entree aan het bedieningsgebouw van de spuisluis in het Haringvliet in de gemeente Stellendam
Aannemingssom: f 191 650,-
Aannemer: Fa. P. J. Wielhouwer en Zoon te Middelharnis

DED-1288 dienstjaar 1970-1971

Het maken van een polderweg, grondwerken en bijkomende werken in en nabij de Zuiderdieppolder in de gemeente Dirksland
Aannemingssom: f 190 000,-
Aannemer: Aannemingsmaatschappij G. van Herk Tzn. n.v. te Nieuwerkerk a/d IJssel

DED-1316 dienstjaar 1970-1971

Het maken van de eilanden 'Schutteplaat' en 'Mosselplaat' met bijkomende werken in het Veerse Meer in de gemeente Veere
Aannemingssom: f 992 960,-
Aannemer: Kraaijeveld's Aannemingsbedrijf n.v. te Barendrecht

SS-607 dienstjaar 1970-1972

Het maken van een inlaatsluis en een verkeerskoker in gewapend beton, gelegen in verschillende bouwputten in de gemeente Goedereede, en met maken van een voetgangers-tunnel in gewapend beton, gelegen in een bouwput in de gemeente Hellevoetsluis, en het uitvoeren van bijkomende werken
Aannemingssom: f 1 862 000,-
Aannemer: n.v. Aannemingsmaatschappij W. C. van Dijk te Hardinxveld-Giessendam

Gem. Brouwershaven dienstjaar 2-1970/1971

Maken van een loswal met verbindingsweg
Aannemingssom: f 745 000,-
Aannemer: Aann.-bedr. 'Schouwen-Duiveland' n.v. te Zierikzee

Gem. Middenschouwen dienstjaar 1-1970/1971

Maken van een havenaanpassing en een gewapend betonnen loswal c.a. te Scharendijke
Aannemingssom: f 381 500,-
Aannemer: A. Mans & Zn. te Melissant

Opgave van de door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Delta-werken gegunde openbaar aanbestede bestekken

Gem. Brouwershaven dienstjaar 1-1970/1971

Maken van een havenaanpassing
Aannemingssom: f 159 000,-
Aannemer: fa. C. de Koning en Zonen te Papendrecht

Verantwoording van de foto's

Aerocarto	344					
P. Bosland	355					
Hofmeester	335	340	352	360	365	
	369	372	374	375	376	
	377	378				
E. Th. Kuhuwaël	333					
Rijkswaterstaat	368	369	373	376	377	
Gerrit Schilp Ir.	330	336				
Slagboom en Peeters	349					

Inhoud

A. De werken van het Deltaplan

De ontwikkeling van de waterbouwkundige
techniek in verband met de afdamming van
getijgeulen 387

Caissonsluitingen en geleidelijke sluitingen
399

De bodembescherming van een sluitgat 413

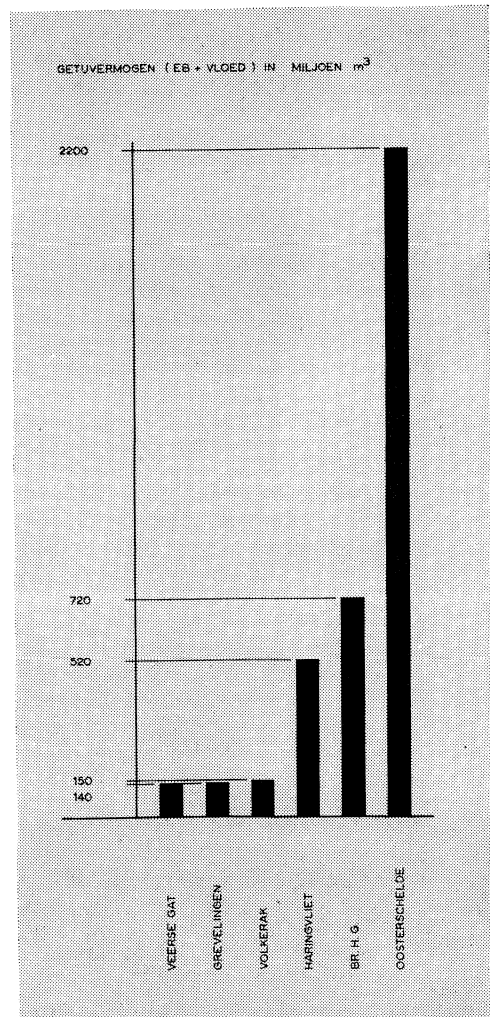
Begeleidend golfonderzoek bij de caisson-
sluiting van de Kous 419

Grondmechanische ervaringen bij de afsluiting
van het Brouwershavense Gat 424

Vorderingen 438

De ontwikkeling van de waterbouwkundige techniek in verband met de afdamming van getijgeulen

De afsluiting van de Oosterschelde is veruit het grootste waterbouwkundige werk in zijn soort dat ooit werd ondernomen. Een vergelijking met voorafgaande afsluitingswerken kan zich niet bepalen tot het simpelweg opnoemen van enkele verhoudingscijfers. Daarvoor verschillen tal van omstandigheden te zeer. De verschillen in omvang van de onderscheiden werken komen het beste naar voren bij vergelijking van het getijvermogen – dat is het totale watervolume van de eb- en vloedstromen die per getij door een geul trekken – van de af te sluiten zeearmen. De afsluiting van de stroomgeulen is immers steeds het kritieke onderdeel van de werken. Telt men de getijvermogens van alle afsluitingswerken die na de Tweede Wereldoorlog voltooid werden bij elkaar – dus vanaf het dijkherstel op Walcheren tot en met het Brouwershavense Gat – dan komt men op een totaal van 1800 miljoen m³; dat is nog ruim minder dan het getijvermogen van de Oosterschelde alleen, waarvan de drie geulen: de Hammen (500 miljoen m³), de Schaar van Roggenplaat (450 miljoen m³) en de Roompot (1250 miljoen m³), tezamen een vermogen hebben van 2200 miljoen m³. De twee sluitgaten van de Afsluitdijk (1932), haalden daar samen nog niet het vierde gedeelte van. Maar het verschil tussen de afsluiting van de Zuiderzee en die van de Oosterschelde is nog groter wanneer men ook het getijverschil in het ene en het andere gebied in rekening brengt; voor de Zuiderzee bedroeg dit gemiddeld 1,00 m, voor de Oosterschelde gemiddeld 2,80 m. De grootste afdamming tot nu toe, die van het Brouwershavense Gat, blokkeerde geulen met een gezamenlijk vermogen van 720 miljoen m³. De afsluiting van de Oosterschelde betekent



dus naar zijn omvang gezien een flinke sprong ten opzichte van alle voorgaande werken. Deze schaalvergroting heeft voor een groot aantal aspecten van ontwerp en uitvoering verreikende gevolgen. Gelukkig kon men daarbij toch voortbouwen op een schat van ervaring en lering die men bij voorgaande werken heeft kunnen opdoen. Alle hier genoemde werken zijn binnen een vrij kort tijdsbestek op elkaar gevolgd; die periode van nauwelijks 40 jaar kan thans nog voldoende duidelijk worden overzien; de ervaring van het ene werk kon betrekkelijk gemakkelijk, veelal door persoonlijke contacten, worden overgedragen aan de ontwerpers en uitvoerders van het volgende – en al die factoren dragen er toe bij dat de verkregen ervaring maximaal kan worden uitgebuit. De ingenieurs die de Zuiderzeewerken ontwierpen, hebben hun inzichten en ervaringen ter beschikking kunnen stellen van de droogmaking van Walcheren in 1945, de herstelwerken van de ramp van 1953 en daarna ook weer van de Deltawerken. In de Deltacommissie zaten enkele ingenieurs die hun sporen hadden verdiend bij de Zuiderzeewerken. En zulke verbindingen lagen er niet alleen bij de directie, maar ook in de aannemerswereld. Hiermee vergeleken bevonden de waterstaatsingenieurs en de aannemers die destijds waren belast met het ontwerp en de uitvoering van de afsluiting van de Zuiderzee zich in een veel moeilijker positie. Zij konden niet teruggrijpen op ervaringen met soortgelijke werken in het nabije verleden. Het enige werk waaruit men voor de Zuiderzeewerken enige lering kon trekken, was de afsluiting van het Sloe in 1871.

Dit werk lag toen echter ruim 50 jaar terug, en de gegevens die er nog van konden worden achterhaald, waren naar moderne maatstaven gemeten slechts zeer summier. Daarbij komt dat het algemene peil van de waterbouwkundige wetenschappen in 1870 aanzienlijk lager lag dan in 1930, en dat de mogelijkheden van de toen gangbare constructies en van het aannemersmateriaal veel minder stoutmoedige uitvoeringswijzen toelieten. De ontwikkeling waar men thans dankbaar de vruchten van plukt, is eigenlijk pas door de Zuiderzeewerken ingeleid. Ir. V. I. P. de Block van Kuffelen, toenmalig hoofd der Zuiderzeewerken, sprak in 1930 ten besluite van een lezing over deze werken voor het Koninklijk Instituut van Ingenieurs: 'Bagger- en zinkwerken staan in het algemeen bij meer wetenschappelijk werkende ingenieurs niet in hoog aanzien. Wanneer echter, gelijk in het onderhavige geval, de omstandigheden er toe

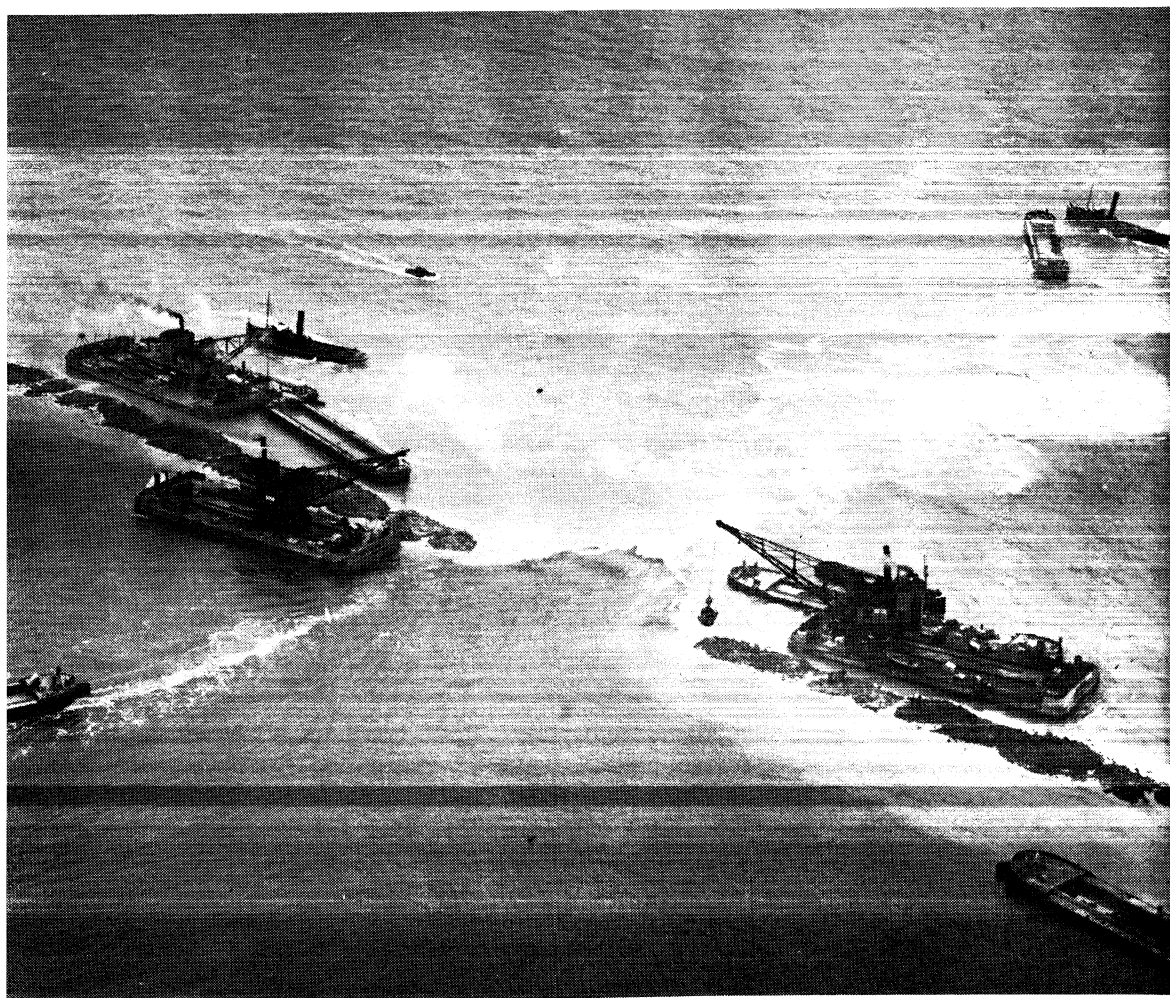
leiden, dat het nodig is deze werken onder geheel bijzondere omstandigheden zodanig uit te voeren, dat zij veilig moeten zijn tegen stroomaanvallen die veel sterker zijn dan gebruikelijk is, en niet meer eenvoudig gesteund kan worden op een sedert lang verkregen ervaring, dan blijkt wel dat ook op dit gebied een wetenschappelijk onderzoek onontbeerlijk is.

Het aanzien van bagger- en zinkwerken is bij de 'meer wetenschappelijk werkende ingenieurs' inmiddels flink gestegen. In de laatste halve eeuw is de natte waterbouwkunde meer en meer toegankelijk gemaakt voor een wetenschappelijke aanpak; de Zuiderzeewerken hebben daarbij een belangrijke pioniersrol vervuld. De ontwikkeling van de waterbouwkunde vertoont immers een sterke wisselwerking tussen praktijk en theorie; voor de vorming van wetenschappelijke theorieën blijft het een weerbarstigste materie; het is zeer moeilijk de complexe en vaak uitgesproken grillige verschijnselen die de waterbouwkundige ingenieur in de natuur ontmoet, in formules op te vangen en aan schematisering te onderwerpen. Zoals men weet wordt bij dit werk gebruik gemaakt zowel van wiskundige benadering als van simulering der verschijnselen in hydraulische modellen. Hoewel men op beide wegen nog vele moeilijkheden ontmoet kan de ontwikkeling op deze terreinen sedert de uitvoering der Zuiderzeewerken spectaculair genoemd worden. Ook de vooruitgang van de technologie, zowel voor wat betreft nieuwe toepassingen van bouwmaterialen als wat de ontwikkeling van nieuw materieel aangaat, heeft sterk bijgedragen tot de verhoging van het waterbouwkundig peil. Men ziet ook hier een proces van wisselwerking: nieuwe, grotere werken waren aanleiding tot de ontwikkeling van nieuwe constructies en nieuw materieel, die dan op hun beurt weer hun stempel drukten op latere ontwerpen, waarin met de nieuwe mogelijkheden rekening kon worden gehouden.

In velerlei opzicht heeft de waterbouwkunde zo in de loop der laatste decennia een nieuw aanzien gekregen. Er is een zichtbaar verschil tussen de Afsluitdijk, die nog met een grasmat bedekt is, en de met asfalt beklede dam door het Brouwershavense Gat; een nog groter verschil bestaat tussen de manieren waarop de stroomgeulen in het tracé van beide dijken werden gedicht. In de Zuiderzee werd het beeld in sterke mate bepaald door grote keileemkranen, terwijl in het Brouwershavense Gat de silhouetten van kabelbaan en caissons overheersten.

Sluitgat bij De Vlieter in de
Afsluitdijk van de Zuiderzee,
een dag voor de sluiting

De techniek van het dichten van geulen heeft zich waarschijnlijk in nog sterkere mate ontwikkeld dan de dijkenbouw in het algemeen. Juist en vooral voor dit essentiële onderdeel van het afsluitingswerk in de Oosterschelde zal het nodig zijn een beroep te doen op de ervaring en kennis die vanaf de sluiting van de Zuiderzeedijk zijn bijeengegaan. Omdat we nu zijn aangekomen bij de moeilijkste fase van de Deltawerken, het ontwerp en de uitvoering van de drie getijgeulen in de Oosterschelde, zal aan dit aspect van het werk in dit nummer buitengewone aandacht worden besteed.



Afsluitingsmethoden

In beginsel worden voor de afsluiting van een getijgeul thans twee principieel verschillende methoden onderscheiden: de geleidelijke sluiting en de caissonsluiting. De eerstgenoemde methode is van oudere oorsprong, waarschijnlijk omdat zij bij niet te grote geulen al met eenvoudige hulpmiddelen kan worden verwekelijkt. In 1871 werd deze methode toegepast bij de afsluiting van het Sloe, dat toen nog een open verbinding vormde tussen de Ooster- en Westerschelde. De toen reeds betrekkelijk ondiep geworden getijgeul werd gedicht door daarin over de volle breedte min of meer gelijktijdig enkele lagen zinkstukken op elkaar aan de grond te brengen.

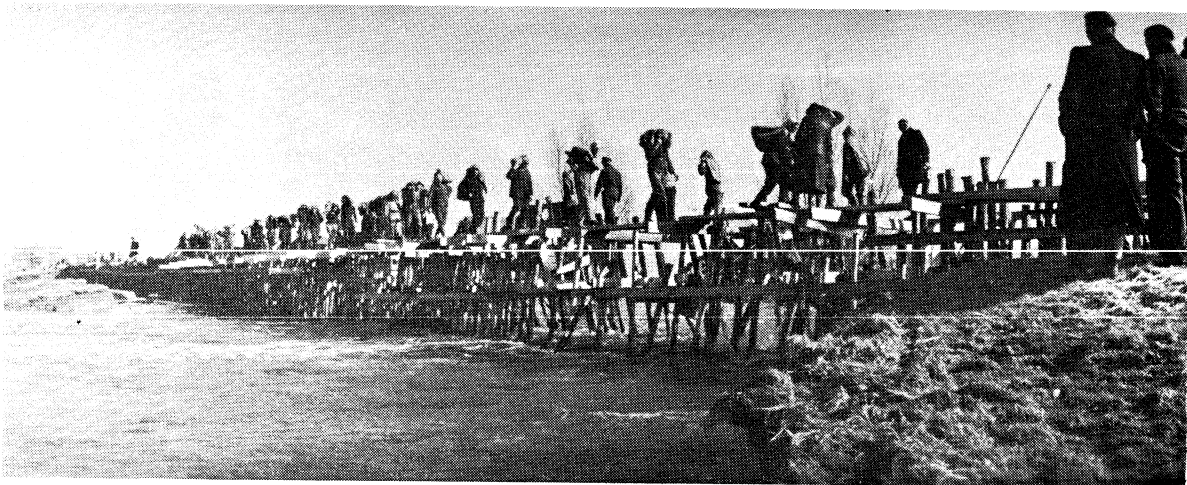
Bij latere sluitingen werd veelvuldiger de

middelen en zo kwam het dat bij de dichting van dit gat de caisson zijn intrede deed. Zet men de eigenaardigheden van deze alternatieve sluitmethodes bij elkaar, dan ontstaat het volgende beeld:

Bij een geleidelijke sluiting wordt de getijgeul zoveel mogelijk gelijkmatig over de hele breedte verondiept, totdat de sluitdam boven water is gekomen. Tot het laatst toe trekt de stroom over de gehele breedte van de geul in en uit. Ofwel: men werkt van een of twee kanten de geul langzaam dicht. In de steeds nauwere opening met nagenoeg de diepte van de oorspronkelijke geul, concentreert zich de stroom meer en meer naarmate het werk vordert.

Sluit men daarentegen met caissons, dan plaatst men enkele zeer grote voorwerpen – caissons veelal, maar casco's van schepen

1



zogenaamde steigermethode toegepast.

Wanneer men in het dwarsprofiel van een geul een steigerwerk van palen heit, heeft men een brugconstructie waarvan de geul kan worden gedicht met eenvoudige materialen als klei, puin of zandzakken. Ook kan men, van beide uiteinden van het profiel af werkende, een kleine geul langzaamaan dichtgooien.

Het eind van de mogelijkheden met deze methode komt in zicht wanneer er bij geleidelijke vernauwing van het geulprofiel zo'n sterke getijstroom gaat optreden, dat het ingebrachte materiaal weer wordt uitgeschuurd.

Met conservatieve methodes staat men dan verder machteloos, zoals bleek bij de dichting van de bres in de Nolledijk op Walcheren.

Daar lag, in de geschiedenis van de Nederlandse waterbouw, het keerpunt; vanaf dat ogenblik moest worden gezocht naar nieuwe

1 Sluiting van het stroomgat van de Kadijk op Zuid-Beveland, na de stormramp van 1953. Voorbeeld van de steigermethode

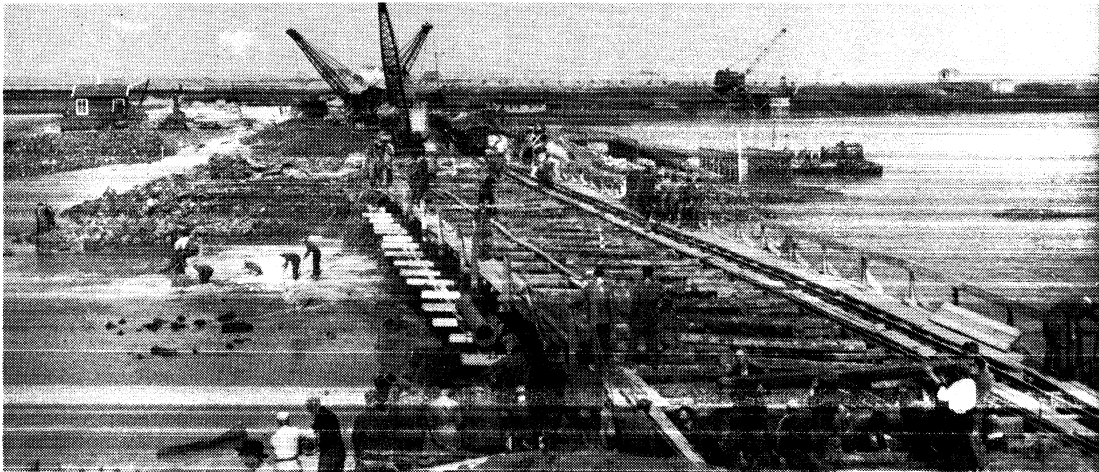
2 Opbouw van een steiger bij de afsluiting van het Dijkwater op Schouwen, zomer 1954

kan ook – in hoog tempo in het gat, en sluit daarmee het profiel in korte tijd geheel of vrijwel geheel af. Men kan in dat geval werken met geheel gesloten elementen of met doorlaatcaissons die, nadat zij zijn geplaatst, weer kunnen worden geopend, zodat het water er betrekkelijk ongehinderd door kan stromen. Ze worden pas gesloten wanneer alle caissons van de rij zijn geplaatst en hun positie voldoende is verankerd door eigen stabiliteit en lekdichtheid ten opzichte van de ondergrond. Enige voorbeelden zullen de besproken methodieken nader kunnen toelichten. Het beginsel van geleidelijke sluiting waarbij gelijk wordt opgewerkt over de hele breedte van het sluitgat, werd voorafgaand aan de Delta werken in Nederland vooral toegepast op plaatsen waar slechts een betrekkelijk zwakke stroom behoefde te worden overwonnen, en

Een enigszins afwijkend soort geleidelijke sluiting werd toegepast bij de dichting van de stroomgaten op St.-Philipsland. De dijkbressen waren daar betrekkelijk ondiep, omdat zich ter plaatse een tamelijk stroombestendige kleilaag bevond; de geulen konden door deze omstandigheid worden gesloten met kistdammen, een procédé waarbij de dam wordt gestort tussen twee tevoren geplaatste houten wanden. Deze sluitingen van het eerste uur hebben het optreden van grote en gevaarlijke bressen op St.-Philipsland op doeltreffende wijze verhindert.

Tenslotte werd in 1954 de afdamming van het Dijkwater op Schouwen volgens de methode van de geleidelijke sluiting voltrokken. Een geleidelijke sluiting kan men ook uitvoeren door twee damkoppen door de geul naar elkaar toe te bouwen. De sluitgaten van

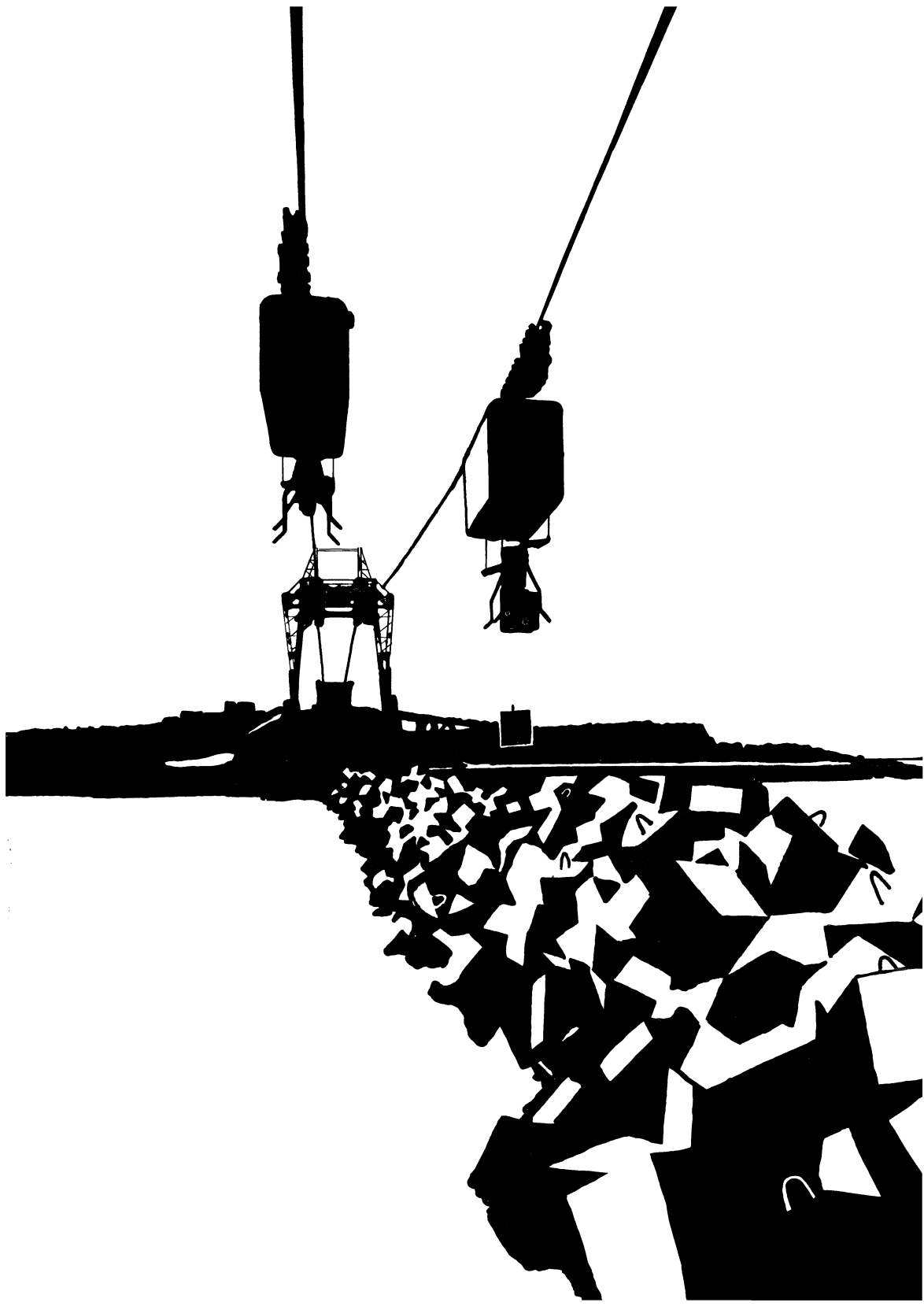
2



waar de geringe waterdiepte in de omgeving de inzet van groot drijvend materieel onmogelijk maakte. In onze tijd werd deze sluiting, en dan met name de steigermethode, voor het eerst toegepast bij de afsluiting van het Zuidsloe, in 1949. Sommigen zagen daarin na de spectaculaire caissonsluitwegen op Walcheren een technische 'terugval'. Na de stormramp van 1953 werd de geleidelijke sluiting nog enkele malen toegepast; allereerst in het stormgat van de Kadijk, tussen de waterschappen Waarden en Kruidingen op het eiland Zuid-Beveland. De beperkte waterdiepte in de omgeving liet geen andere methode toe, hoewel de sterke stroom een dichting met eenvoudige materialen zeer bemoeilijkte. Men gebruikte daar tenslotte zandzakken gevuld met stortsteen, die met de hand in de geul werden gegooid.

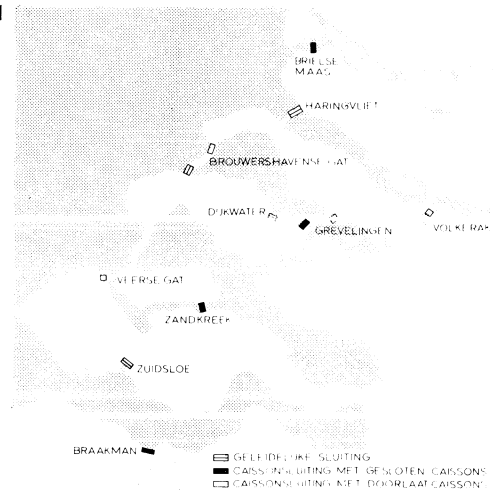
de Afsluitdijk bij de Vlieter en bij de Middellgronden zijn op die manier gedicht. Aanvankelijk had men hier een geleidelijke sluiting over de volle breedte voorzien. De beide geulen, respectievelijk 2800 m en 1650 m breed, zouden geleidelijk met keileem worden verondiept. De overweging echter dat de overigens betrekkelijk erosiebestendige keileem dan gedurende vrij lange tijd blootgesteld zou zijn aan de uitschurende werking van de stroom, heeft tenslotte doen besluiten deze methode te verlaten, en de gaten maar 'over de kop' te dichten. De keileem werd dan telkens alleen aan de kop en maar voor korte tijd aan de stroomaanval blootgesteld. Bij de bouw van de Afsluitdijk was keileem betrekkelijk goedkoop verkrijgbaar, aangezien het niet ver van de sluitgaten kon worden gewonnen. Toen men zich in 1945, twaalf jaar





na de afsluiting van de Zuiderzee, plotseling voor de taak gesteld zag de dijkbressen te dichten die in de Tweede Wereldoorlog op Walcheren waren geslagen, lag het voor de hand voort te gaan volgens de ervaringen met de Afsluitdijk. De grote keileemkranen die voor die grote afsluiting waren gebruikt, stonden nog altijd ter beschikking. Helaas konden men op Walcheren niet aan de keileem komen die voor de Zuiderzeewerken zo'n uitkomst had gegeven. Transport over de grote afstand Zuiderzee-Walcheren was te duur, en bovendien in die vervoersarme tijd vlak na de oorlog niet te verwezenlijken bij gebrek aan transportbakken. Men trachtte zich dan ook te behelpen met een surrogaat: zware klei die in het Hollands Diep bij Klundert werd gevonden. Met dit materiaal ging men aan het

1



2



1 Overzicht van in het Delta-gebied toegepaste sluitingsmethoden

2 Dijkherstel op Walcheren in 1946. Het stroomgat bij fort Rammekens werd gedicht met behulp van Phoenix-caissons

3 Het eerste gebruik van caissons bij een afsluiting; beetles in het gat van de Nollledijk op Walcheren

werk om de bres bij de Nolle te dichten, onmiddellijk ten Westen van Vlissingen. De omstandigheden waren hier echter wel enigszins anders dan in de Zuiderzee. Door het veel grotere tijverschil traden grote verhangen en stroomsnelheden op, en waren de stroomkenteringen, waar men het bij de sluitingen juist van moet hebben, van bijzonder korte duur. Aanvankelijk werd nog goede voortgang gemaakt met de klei uit het Hollands Diep, maar naarmate het gat nauwer werd, namen de verliezen toe; tenslotte liep het werk vast. Er moest worden uitgezien naar een andere dichtingsmethode. De situatie werd gered door toepassing van betonelementen, zogenaamde beetles, die men van het Engelse leger kon overnemen. Deze betrekkelijk kleine betonnen dozen – 12,5 x 6 x 2,5 m – werden drijvend in het gat gebracht en daarna met behulp van explosieven tot zinken gebracht. Toen de Nollledijk kort daarop tengevolge van een zware zomerstorm opnieuw doorbrak, kon het gat wederom slechts met behulp van dit soort dichte caissons worden gedicht. De afmetingen van de caissons waren dit keer groter.

Daarmee was de caissonsluiting als sluitmethode ontdekt. Overal op Walcheren werd van toen af de caisson als hoofdmiddel voor de afdichting van bressen gebruikt. Zowel in Westkapelle als te Veere en Rammekens werden caissons gebruikt die nog afkomstig waren uit de Tweede Wereldoorlog. Wel zocht men caissons van steeds grotere afmetingen en bij Rammekens werd in dit opzicht een voorlopig hoogtepunt bereikt door het gebruik van zogenaamde Phoenixcaissons, met afmetingen van 62 bij 13,40 bij 12,20 m. De caissonsluiting maakt gebruik van een

heel ander waterbouwkundig principe dan de geleidelijke sluiting. In plaats van een sluiting met een continu verloop kwam nu een methode in zwang waarbij een groot deel van de dichting geschiedde met één klap. Daarbij werden bouwelementen geïntroduceerd van zodanige afmetingen dat de constructie ervan, de navigatie ermee in water en het afzinken ervan, de ontwikkeling vereisten van een geheel afzonderlijke techniek en kundigheid. Het manoeuvreren van grote caissons door een aantal sleepboten, waarbij van de kapitein een perfect samenspel en een slagvaardige stuurmanskunst wordt geëist, ontwikkelde zich op Walcheren tot een speciale kunst. Werden de caissons in 1945 in Veere nog geplaatst door uitvieren vanaf twee verankerde kranen, te Rammekens werden de manoeuvres al voornamelijk uitgevoerd met behulp van



sleepboten. Er was in dit sluitgat weinig tijd om de caissons op hun plaats te brengen, aangezien het moest gebeuren tijdens de korte stroomkenteringen. Men moest dan ook nogal eens risico's nemen.

Een tweede probleem, en een groter, bij deze eerste caissonsluitingen, was de achter- en onderloopsheid van de caissons. Die werd veroorzaakt door de onvolkomen aansluiting van de caissons aan de vooraf gemaakte drempels en randen van het sluitgat. Vooral bij die sluitgaten waar grote tijverschillen optraden, zoals op Walcheren en later bij de Braakman in Zeeuws-Vlaanderen, was de onderloopsheid een gevaarlijke factor. Enkele malen is door onderloopsheid een sluiting mislukt, zoals bij Rammekens in de periode van het dijkherstel op Walcheren, en bij Ouwerkerk in de periode na februari 1953.

Deze ervaringen leidden tot het inzicht dat er meer aandacht moest worden besteed aan de opbouw en de afsluiting van de drempels in de sluitgaten. De techniek van het zinken, steenstorten en peilen van drempels diende te worden verbeterd. Bij de reeks van caisson-sluitingen die volgden op het dijkherstel van Walcheren – afsluiting van de Brielse Maas en van de Braakman, dichting, in 1953, van stroomgaten bij Stevensluis, Bath, Kruiningen, Schelphoek en Ouwerkerk – ontmoette men echter steeds weer dezelfde moeilijkheden, en bleef de sluitingsoperatie met caissons steeds zeer riskant; de risico's schenen met de methode te zijn gegeven. Toch zocht men naar verbetering, en wel in die zin dat het grote verval dat kort na de afsluiting van een getijgeul ten gevolge van de getijbeweging optreedt, geen invloed meer zou hebben op

1 De sluiting van de zeedijk bij Ouwerkerk op Walcheren gelukte pas in tweede instantie, en met behulp van Phoenix-caissons

2 In 1952, bij de afsluiting van de Braakman, werd voor het eerst gebruik gemaakt van een doorlaatcaisson



1 de stabiliteit van de caisson alvorens de aansluiting met de bodem en de randen van het sluitgat beter zou zijn verzekerd. Een eerste poging daartoe werd ondernomen bij de sluiting van de Braakman. In een van de beide Phoenix-caissons die men daar gebruikte, werden doorstroomopeningen gemaakt die men op het gewenste ogenblik zou kunnen afsluiten. Daarmee werd bereikt dat het getij onmiddellijk na de plaatsing van de caissons nog enigermate kon doordringen in het achterliggende gebied; het verval tussen binnen- en buitenwater bleef daardoor iets geringer. De schuiven zouden kunnen worden gesloten op een moment dat de caissons langs de bodem voldoende tegen onderloopsheid waren beveiligd. Bij de Braakman werd het geen succes; de openingen waren voor het beoogde doel te klein, en het zeer grote

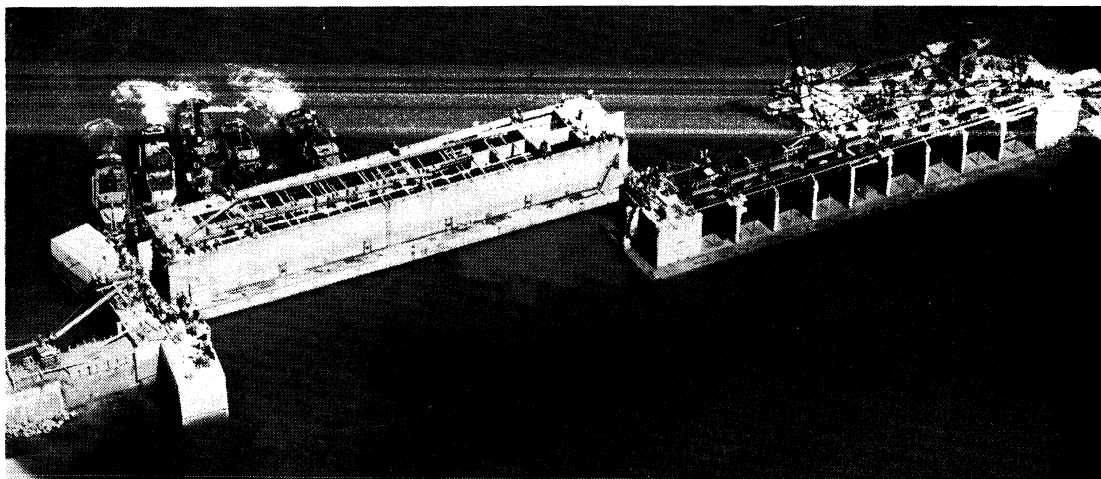
tijverschil op de Westerschelde zorgde toch nog voor aanzienlijke vervallen. De grote moeilijkheden die de onderloopsheid veroorzaakte is men bij de afsluiting van de Braakman dan ook niet gemakkelijk te boven gekomen. Maar de grondgedachte van deze nieuwe modificatie bleek vruchtbaar. Ze leidde uiteindelijk tot de constructie van de grote doorlaatcaissons die later met zoveel succes zouden worden toegepast bij de Delta-werken. Het sluitgat dat men dicht met behulp van gesloten caissons, kan een bepaalde breedte niet te boven gaan. De geulen in de bressen op Walcheren, en ook die na de ramp van 1953, waren nog gering van breedte, in de orde van grootte van 100 m. Zo'n gat zou men desnoods met één caisson kunnen dichtzetten. In sommige gevallen kon men een groter sluitgat bedwingen door enkele een-

heden na elkaar te plaatsen. Zo werd het laatste gat bij Veere gedicht door twee schepen, die tegelijkertijd in het gat werden geplaatst. Bij Rammekens plaatste men, met een getij tussenruimte, twee caissons. Zo werden ook de gaten bij Kruiningen en Schelphoek gedicht. Ouwkerk spande voorlopig de kroon: daar werden vier grote Phoenix-caissons in het gat gevaren. Daarmee was de grens van de mogelijkheden met gesloten caissons wel bereikt.

Verdere ontwikkelingen bij de Deltawerken

Bij vergelijking van de werken van het Delta-plan met de hierboven beschreven kleinere werken vallen twee dingen op: allereerst de aanzienlijke schaalvergroting, maar dan ook de grote samenhang en de fasering der wer-

werk, waar ook ter wereld ontworpen en uitgevoerd. De leiding van elk soort werk zou het zich tot een plicht moeten rekenen te zorgen dat de opgedane kennis en ervaring aan anderen kan worden overgedragen. Meestal krijgt dit aspect bij een werk echter weinig aandacht. Men is zozeer in beslag genomen door de specifieke moeilijkheden van het eigen werk, dat er weinig tijd of aandacht overblijft voor het verzamelen en doorgeven van gegevens in het algemeen belang. Men mist meestentijds ook de medewerking van een uitgebreide meet- en studiedienst, wanneer die althans voor het eigen werk niet strikt noodzakelijk is. Bij een overheidsdienst als de Rijkswaterstaat kan het verlangen om een of ander werk in een algemene studie te betrekken, wel worden vervuld. Men kent hier, in het belang van het ontwerpen en de be-



ken. Ze worden immers over een lange tijd verspreid in opklimmende orde van grootte uitgevoerd. Ook bij de Zuiderzeewerken, op Walcheren en na de ramp van 1953 stond men voor een complex van moeilijke werken, maar die waren samengedrukt in een veel kortere periode, en van lering door het ene werk ten behoeve van het andere kon nauwelijks sprake zijn.

Bij de Deltawerken ligt dit geheel anders. De mogelijkheid is hier gegeven voor een planmatige evolutie van theorie en techniek, waarbij men ieder werk niet slechts beziet in het licht van zijn eigen problematiek, maar het ook plaatst in een groter verband. Men weet immers dat de gegevens en ervaringen die het ene werk oplevert, van eminent belang kunnen zijn voor het volgende werk. In wezen geldt dit natuurlijk voor ieder waterstaatkundig

geleiding van waterbouwkundige werken, dan ook reeds lang studiediensten. Het is echter niet steeds gemakkelijk, al van te voren verband te leggen tussen een bepaald werk en de toekomstige ontwikkelingen van de waterbouw, waarvan veelal de richting nog niet vaststaat. Hoewel men bij de Rijkswaterstaat in de loop van de tijd een schat van belangrijke gegevens heeft opgehoopt, blijft men zich ook daar veelal beperken tot de problemen van het éne, specifieke werk. Bij de Waterloopkundige Laboratoria kan men alle beschikbare inlichtingen over vroegere werken krijgen; maar ook daar komt van een doelgerichte ontwikkeling nog niet genoeg terecht. De Deltawerken nu, boden in veel sterkere mate dan voorheen de kans tot een dergelijke gerichte ontwikkeling te komen, eenvoudig omdat systematische ontwikkeling van kundig-

heden dringend geboden was. Om de omvangrijkste afsluitingswerken, die van het Brouwershavense Gat en de Oosterschelde, met een goede kans van slagen te kunnen ondernemen, was methodische opbouw van ervaring en kennis onontbeerlijk.

In de organisatie van de Deltadienst is dit opzettelijk studiedoel dan ook van de aanvang af bespeurbaar: er werd, op voorbeeld van de Dienst der Zuiderzeewerken, een Studiedienst aan de uitvoerende diensten toegevoegd.

Tevens werd, en dat was een volslagen nieuw onderdeel, een afdeling voor de Ontwikkeling van Nieuwe Werkmethoden in het leven geroepen. Nog meer dan de studiedienst op de praktijk van het werk gericht, heeft deze afdeling tot taak de ontwikkeling van nieuwe materialen en nieuw materieel te stimuleren en te begeleiden.

Het onderzoek van de genoemde begeleidende diensttakken was natuurlijk wel steeds in de eerste plaats betrokken op de werken die werden ontworpen of uitgevoerd. Maar steeds hielden zij daarbij het oog gericht op de verder in het verschiet liggende werken, en steeds ook op dat laatste grote werk – de Oosterschelde.

Hoewel de tactiek van de afsluiting van dit zeegat nog niet vaststond, was de strategie ervan in grote lijnen vanaf het begin wel duidelijk. Ze zou dezelfde zijn als die men gekozen had voor het bedwingen van de Zuiderzee. Nog altijd onderschreef men wat ir. De Block van Kuffelen in zijn eerder aangehaalde rede stelde: 'Bij den bouw van den afsluitdijk zit nu het grondbeginsel voor om zoo lang mogelijk belangrijke wijziging in het regime der waterbeweging te ontgaan en een zoo groot mogelijk deel van de afsluiting tot stand te brengen bij zoo gering mogelijke stroomsnelheden. In de eerste plaats worden dus gebouwd de dijkvakken op de platen, terwijl de sluiting geschiedt door de dichting der diepe geulen, waardoor het grootste deel van de waterbeweging plaats heeft'.

Wat de strategie betreft is er dus niets nieuws onder de zon. De verhouding tussen de getijvermogens van de drie getijgeulen in het afsluitingstracé van de Oosterschelde en de daartussen gelegen ondiepe platengebieden is voor het toepassen van deze strategie zelfs uitgesproken gunstig. Het vermogen van de getijgeulen overweegt zozeer, dat er nog maar weinig veranderingen in het stroombeeld zullen zijn opgetreden wanneer men alle ondiepe gedeelten heeft afgesloten. De werken die tot nu toe op deze ondiepe plekken zijn uitgevoerd, laten het getijsysteem van de Oosterschelde dan ook betrekkelijk onberoerd.

Op strategisch vlak is er geen twijfel mogelijk, hoe de Oosterschelde moet worden aangepakt.

Op tactisch, of zo men wil technisch niveau ligt dat geheel anders. De keuze van de middelen voor de afsluiting van de drie getijgeulen is een moeilijk beslissingsprobleem. De methoden en mogelijkheden waarover men beschikte op het ogenblik dat tot de uitvoering van het Deltaplan werd besloten, waren beslist ontoereikend. Noch de methode van geleidelijk sluiten over de kop, die in de Zuiderzee bij de afsluiting van de Vlieter en de Middeldgronden was gebruikt, noch een toepassing van grote gesloten caissons zou in aanmerking kunnen komen.

Zowel de sluitmethode met behulp van doorlaatcaissons als die met de kabelbaan zijn thans echter zover ontwikkeld en beproefd, dat ze in aanmerking kunnen komen voor de sluiting van de Oosterschelde. Tussen deze beide technieken zal thans een keuze moeten worden gemaakt. Het was voor het maken van deze keuze van belang de ontwikkeling van beide methodes en de meest recente ervaringen ermee in het Brouwershavense Gat, waar ze naast elkaar zijn toegepast, nogmaals in hoofdlijnen te overzien, en de voor- en nadelen van beide nog eens duidelijk voor ogen te halen. Dat overzicht vindt de lezer in het volgende artikel.

Maar niet alleen het sluitgatelement – caissons en kabelbaan – zal bij de afsluiting van de Oosterschelde een dominerende rol spelen; ook de materialen en technieken voor drempelopbouw en bodembescherming, die het veilig fundament voor de eigenlijke sluiting moeten vormen. Ook op dit gebied is in de loop der Deltawerken veel ontwikkelingswerk verricht, waarvan de uitkomst mede bepalend kan zijn voor keuze en ontwerp van de afsluitingen. Toepassing van nieuwe materialen en werkmethoden hebben tot welhaast revolutionaire ontwikkelingen geleid, en het lijkt nuttig ook de hoofdlijnen van deze ontwikkelingsgang nog eens te volgen.

In de periode die onmiddellijk voorafging aan de uitvoering der Deltawerken deden de caissons hun intrede als afsluitmiddel. Vervolgens kwamen ze meer en meer op de voorgrond, terwijl de geleidelijke sluiting nauwelijks tot verdere ontwikkeling werd gebracht. De caisson leek het ideale instrument voor een sluiting in getijwateren. Bij het transport, de navigatie, de plaatsing en het sluiten ervan maakte men steeds een listig gebruik van wat het tij te bieden had, hetzij stroom hetzij stroomloosheid.

De geleidelijke sluiting maakte veel minder gebruik van deze eigenaardigheden. Hoewel het dus eigenlijk voor de hand lag om voor de Delta-afsluitingen integraal over te gaan op caissons, achtte men zo'n definitieve keuze prematuur. Men had de geleidelijke sluiting immers nog niet de kans gegeven ook in andere dan betrekkelijk primitieve omstandigheden te bewijzen wat ze waard was. De krachtige ontwikkeling van nieuwe transportmethoden zou zeker enkele aantrekkelijke toepassingsmogelijkheden openen.

De Deltacommissie, overwegende of zij in haar advies eveneens aanbeveling zou moeten doen voor wat betreft de bij de afsluitingen van het Deltaplan aan te wenden technieken, heeft zich op dit punt daarom welbewust van advies onthouden; zij stelt:

'De commissie wijst er echter op, dat zij een gelijkwaardige, volledige studie van de beide behandelde, in aanmerking komende constructies voor de sluitingsdammen – n.l. de geleidelijke opstorting en een sluiting door middel van caissons met afsluitbare doorlaatopeningen – nodig acht, omdat eerst daarna een verantwoorde keuze kan worden gedaan tussen de beide systemen voor de afsluiting.' Het was echter al spoedig duidelijk dat alleen studie over dit vraagstuk geen voldoende uitsluitsel zou kunnen geven. Het leek wenselijk, beide methoden ook in de praktijk van de Deltawerken te toetsen.

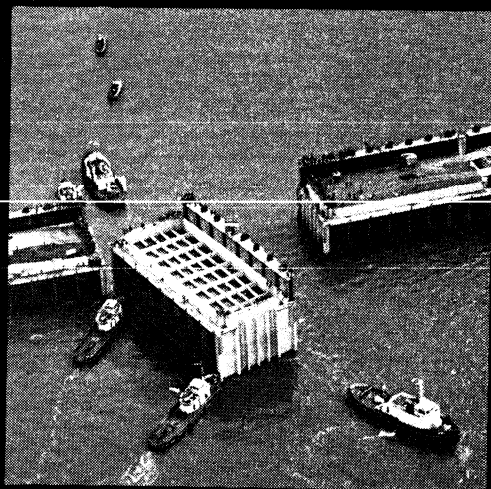
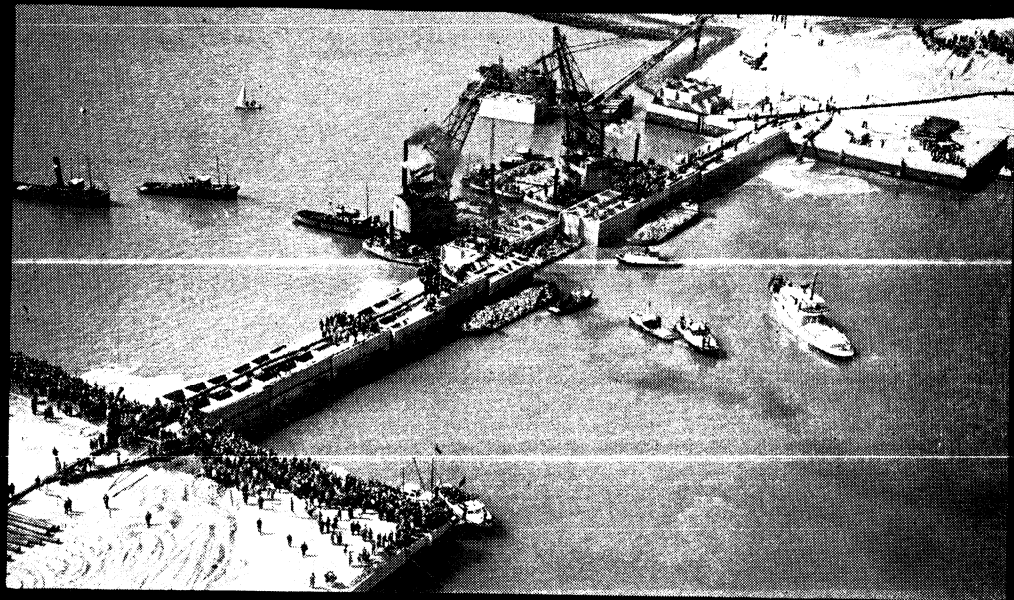
Dit is dan ook gebeurd: de caissons sluiting werd achtereenvolgens toegepast bij de sluiting van het Veerse Gat, het Volkerak en de noordelijke getijgeul van het Brouwershavense Gat, terwijl deze methode ook voor de afsluiting van de Lauwerszee werd gekozen. De geleidelijke sluiting werd aange-

Caissons sluitingen en geleidelijke sluitingen

wend bij de afsluiting van de Grevelingen, het Haringvliet en de zuidelijke geul van het Brouwershavense Gat. In deze reeks van toepassingen zijn beide methoden thans ontwikkeld tot praktisch gelijkwaardige mogelijkheden voor de afsluiting van de Oosterschelde. Van een duidelijk primaat, zoals de caisson dat aanvankelijk voor zich leek op te eisen, kan dus niet meer worden gesproken; er moet thans een keus tussen beide methoden worden gemaakt.

Caissons sluitingen

Bij een sluiting met behulp van caissons wordt de vraag of men gesloten eenheden kan gebruiken dan wel verplicht is te werken met doorlaatcaissons, voornamelijk bepaald door de grootte van het tijverschil en de afmetingen van het sluitgat. Het tijverschil bepaalt de maximale stroomsnelheden die bij vernauwing van het sluitgat kunnen worden verwacht. Wanneer, zoals bij de afsluiting van de Zuiderzee het geval was, het verschil tussen laag- en hoogwater bij gemiddeld getij niet meer bedraagt dan 1 m, kunnen de stroomsnelheden bij springtij oplopen tot ongeveer 4,5 m per seconde, en niet hoger, ongeacht de diepte of de breedte van het sluitgat. De gangbare drempel- en bodembeschermingsconstructies zijn tegen deze stroomsnelheid bestand, en er bestaat in deze situatie dan ook geen bezwaar tegen het gebruik van gesloten caissons, wanneer de tussenpozen tussen de plaatsingen niet te lang worden. Neemt het tijverschil toe tot 2,5 m à 3 m, zoals dat het geval is in het zuidwesten van ons land, dan kunnen de stroomsnelheden oplopen tot 6 à 7,5 m per seconde. Het is



Ontwikkeling van de caissonsluiting gedurende de Deltawerken; afsluiting van de Zandkreek in 1960 (boven), het Veerse Gat, 1961, (links) en het zuidelijke gedeelte van de Grevelingen, 1962



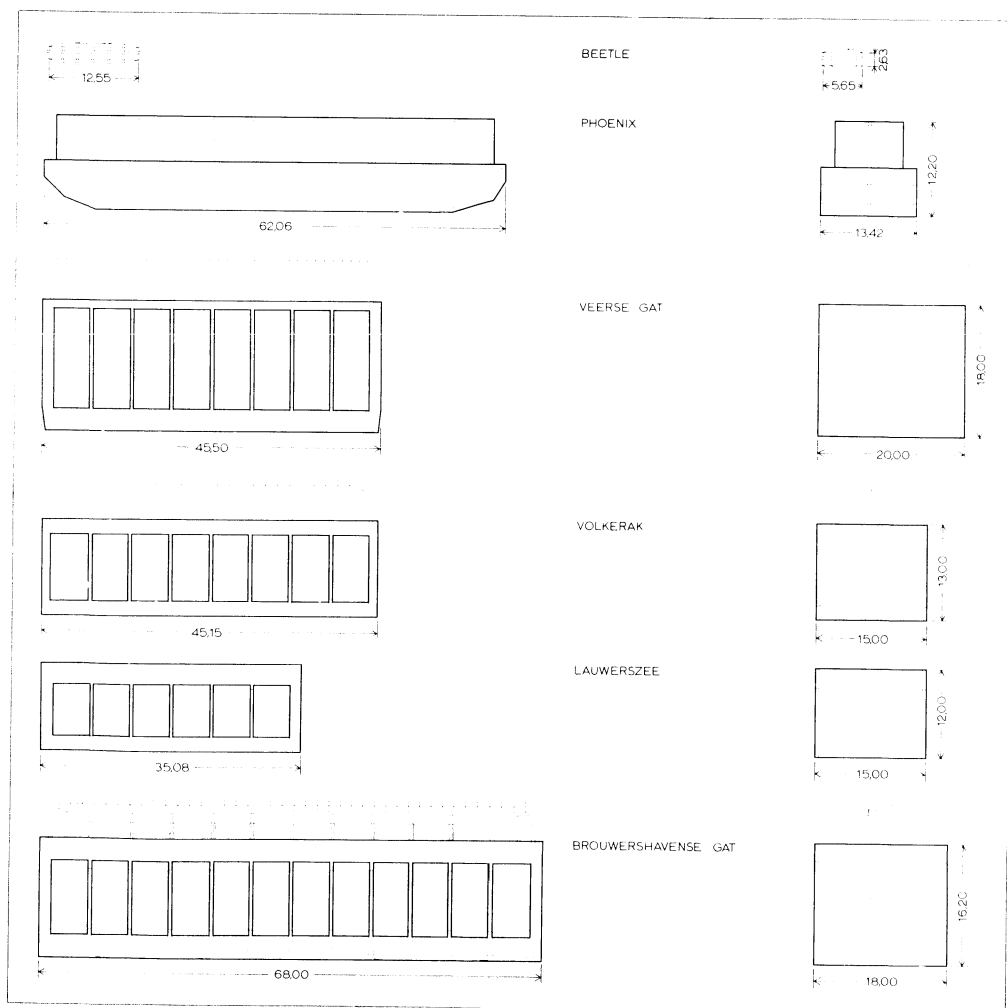
De grote afsluitingen van de laatste jaren:
het Volkerak (links) en de Lauwerszee
(beneden), beide in 1969; de afsluiting van
de Kous vond plaats in 1971



vrijwel onmogelijk om anders dan tegen buitensporig hoge kosten de drempel en de bodembescherming zo te construeren dat ze gedurende langere tijd tegen die snelheden bestand zijn. Onder deze omstandigheden is de toepassing van dichte caissons gebonden aan beperkingen in de afmetingen van het sluitgat. De beperking kan gezocht worden zowel in de breedte als in de diepte. Een smal sluitgat kan worden afgesloten met één element; men moet daarbij denken aan een breedte in de orde van grootte van 50 à 100 m. De toelaatbare drempeldiepte hangt af van de constructieve beperkingen van de caissons, en van de mogelijkheid de drempel vlak af te werken.

Een andere mogelijkheid om bij grote tijverschillen toch te werken met gesloten caissons wordt verkregen wanneer men erin slaagt

Lengte-aanzicht en dwarsprofiel van verschillende types caisson



de maximale stroomsnelheden niettemin te beperken. Men bereikt dit, door de drempel zo hoog te leggen, dat hij gaat werken als 'volkomen overlaat'. In de praktijk kan dit worden verwerkelijkt in brede en zeer ondiepe sluitgaten. Men spreekt dan van 'maai-veld-sluitingen'. Op het reeds hooggelegen maai-veld wordt een bescherming aangebracht waarop kleine dichte caissons kunnen worden geplaatst. De breedte van zo'n sluitgat is in principe niet aan beperkingen onderhevig. Dichte caissons kunnen dus zonder meer worden toegepast bij tijverschillen tot één meter. Bij grotere tijverschillen kunnen ze alleen worden gebruikt in sluitgaten van niet meer dan 100 m breed, behalve wanneer de drempel die als overlaat fungeert, zeer hoog ligt.

In de zee-armen die moeten worden afgesloten ingevolge het Deltaplan hebben we te doen met tijverschillen tussen 1,5 en 3 m; in alle gevallen dus meer dan de kritieke 1 m. Het Veerse Gat en de Oosterschelde hebben of hadden tijverschillen van 2,8 à 2,9 m, het Brouwershavense Gat 2,4 m en het Haringvliet 1,6 m. Door de grote diepte der geulen kan er niet gedacht worden aan hooggelegen drempels. De sluitgatbreedten variëren van 300 tot 2000 m. Het gebruik van gesloten caissons is hier uitgesloten.

Aangezien het hele probleem van deze afsluitingen ligt in het oplopen der stroomsnelheden ten gevolge van de vernauwing van het sluitgat, kan een oplossing worden gevonden in het gebruik van doorlaatcaissons. Dit type caisson veroorzaakt ook wel een zekere vernauwing, door de aanwezigheid van een bodembak, wanden en tralieverbanden, maar er blijven toch ruime doorstroomopeningen beschikbaar waardoor het water in en uit kan trekken. Welke afmetingen men het sluitgat in een bepaald geval zal geven, hangt af van de maximale stroomsnelheid die men wil toelaten tijdens de opbouw van de drempel en bij het plaatsen van de caissons. In het algemeen wordt in de eerste fase – het zogenaamde wintersluitgat – een stroomsnelheid van 2 m per seconde bij gemiddeld getij als grens genomen, terwijl tijdens de sluiting geen hogere snelheden mogen voorkomen dan 4 à 5 m per seconde. Bij hogere snelheden treden gevaarlijke wervelstraten op, waarvan het ongunstig effect alleen kan worden voorkomen door een zeer hoog tempo van caissonplaatsingen.

Een geheel ander criterium wordt gevormd door de kosten van drempel en caisson tezamen in vergelijking met de kosten van andere sluitingsmethoden.

Het principe van de doorlaatcaissons is al

naar aanleiding van de plannen tot afsluiting van de Zuiderzee naar voren gebracht door ir. J. de Booy jr. Hoewel het denkbeeld dus ten tijde van de bouw van de Afsluitdijk bekend was, is het toen niet toegepast, omdat het wegens het betrekkelijk geringe tijverschil mogelijk bleek de sluitgaten te dichten met in de nabijheid aanwezig keileem.

Na de stormramp in 1953 werd de caissonsluiting opnieuw in studie genomen. Er werden talrijke ontwerpen voorgesteld, alle met hun constructieve en waterloopkundige voor- en nadelen. In hoofdlijnen is die ontwikkeling gevolgd in deze Berichten. Slechts op de meest essentiële en algemene punten gaan we nu nog in.

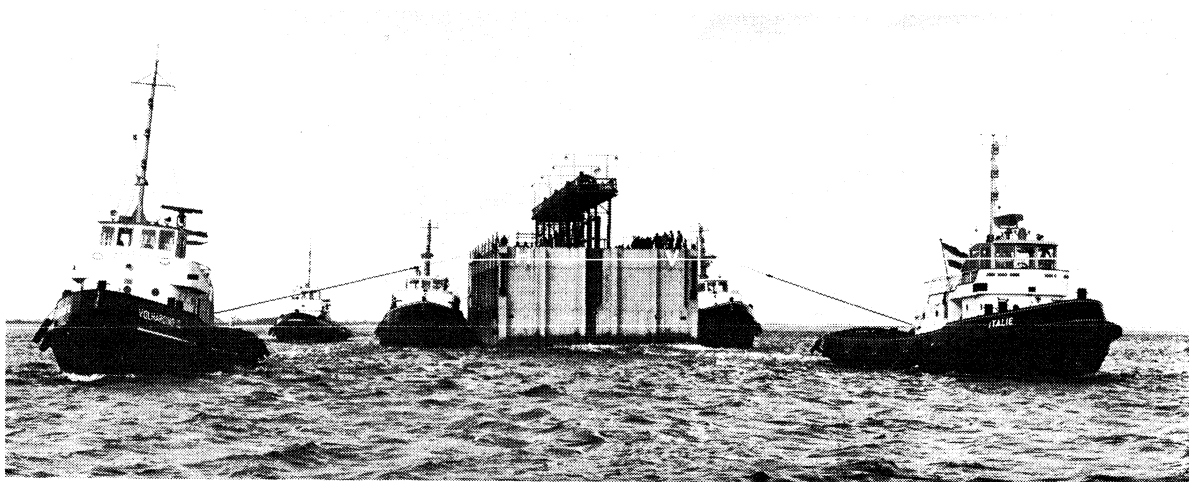
Een caisson moet zo geconstrueerd worden dat hij voldoende sterk is om over water te worden versleept van bouwdok naar sluitgat en om daar te worden afgezonken. Daarna moet hij voldoende stabiel op de drempel staan. Doorgaans wordt een caisson neergezet op een drempel waarvan de bovenste laag bestaat uit zware stortsteen. Vanwege de grofheid van de steen komen er in het oppervlak van zo'n drempel altijd wel onregelmatigheden voor, zodat een caisson met vlakke bodem slechts plaatselijk zal worden ondersteund. Aangezien er vooraf geen zekerheid bestaat waar de caisson zal worden ondersteund en waar niet, wordt bij de sterkteberekening uitgegaan van de ongunstigst denkbare mogelijkheden, namelijk oplegging op de beide uiteinden, dan wel ondersteuning van alleen het midden. Deze veronderstellingen beperken de mogelijke lengte van een caisson om zowel constructieve als financiële redenen tot een zeker maximum. In de praktijk hield men een maximale lengte aan van ongeveer 50 m.

Aangezien het uitvoeringstechnisch aantrekkelijk is het aantal caissonplaatsingen bij een sluiting zoveel mogelijk te beperken, en het daarnaast op grond van nautische overwegingen gewenst moet worden geacht dat de verhouding tussen breedte en lengte van een caisson 1 : 3 of 1 : 4 bedraagt, gaat de voorkeur niettemin uit naar caissons van grotere lengte dan 50 m. Maar dan moet de onzekerheid omtrent de oplegging worden weggenomen. Dat bereikt men door de caissonbodem een gewelfde vorm te geven, waardoor de oplegging gefixeerd wordt op ongeveer 1/4 en 3/4 van de caissonlengte. Om onderloopsheid tegen te gaan worden er ribben onder de caisson aangebracht, die wel een afsluitende werking hebben, maar geen dragende functie, aangezien zij door hun geringe breedte gemakkelijk in de drempel dringen.

Nadat hij tot zinken is gebracht, moet de caisson gegarandeerd standvast zijn, ook bij vervalddrukken en golfklappen. Of dit zo is wordt bepaald door het gewicht van de caisson en van de wrijvingscoëfficiënt tussen drempel en caisson. Veelal wordt in de caisson een ballastbak opgenomen, die na het afzinken met zand wordt gevuld, teneinde de caisson extra zwaarte te geven. Proeven op ware grootte hebben inzicht verschaft in de wrijvingsverschijnselen tussen caisson en drempel. De wrijvingscoëfficiënt is bij een vlakke bodem minimaal 0,5, en bij een geribde bodem minimaal 0,6. Daarboven ligt dan nog een veiligheidsmarge voordat de caisson doorgaand verschuift.

Tijdens de overvaart en bij het afzinken is het gewenst dat de caissons rechtstandig blijven. Dat kan men het beste bereiken door ze

Een doorlaatcaisson omringd door sleepboten op weg naar het sluitgat. Foto genomen bij de afsluiting van het Volkerak, in 1969



symmetrisch te bouwen volgens de lengte-as. De caissons waarmee het Veerse Gat werd gesloten, misten deze symmetrie doordat er aan één zijde stalen schuiven in waren opgehangen, en aan de andere kant houten schotten. In het midden van de caissons was om de stabiliteit tijdens het zinken te bevorderen, een tijdelijk slingershot aangebracht. Bij latere ontwerpen werden voor de tijdelijke afdichting aan beide zijden houten schotten gebruikt, terwijl de stalen schuiven voor de definitieve sluiting in het midden waren aangebracht. Tijdens het varen en afzinken dienden die tevens als slingershot. De eisen van stevigheid en stabiliteit resulteren in relatief zwaar uitgevoerde vloeren, wanden en tralieverbanden. Dit is natuurlijk strijdig met de wens de caissons zo weinig mogelijk weerstand te laten bieden aan de

stroom.

Gebleken is dat de effectiviteit van doorlaatcaissons toeneemt naarmate ze op een dieper gelegen drempel worden geplaatst. Dit komt het beste uit, wanneer men de afvoercoëfficiënt beschouwt, een getal dat aangeeft welk deel van het totale doorstroomoppervlak ook effectief als zodanig werkt. Bij een drempeldiepte van N.A.P. – 6 tot 6,5 m, zoals in de Lauwerszee het geval was, bedraagt de afvoercoëfficiënt 0,6 tot 0,7. In het Volkerak, waar de drempel lag op N.A.P. – 7 m, bedroeg de afvoercoëfficiënt 0,75 tot 0,8 m, mede als gevolg overigens van een betere hydraulische vormgeving. In het Brouwershavense Gat lag de drempel op N.A.P. – 10 m; de afvoercoëfficiënt der caissons bedroeg er 0,80 tot 0,85. De groei in de afmetingen der caissons heeft ook gevolgen voor het slepen en afzinken.

De krachten die het stromende water op een caisson uitoefent, nemen toe naarmate die caisson langer en breder wordt, en dieper komt te liggen. De ervaring leert dat caissons het best kunnen worden gemanoeuvreed door sleepboten. Wanneer de caissons groter worden, moet er ook meer sleepbootkracht worden geleverd. Ter wille van de overzichtelijkheid en het samenspel kan het aantal sleepboten rondom een caisson echter niet onbeperkt worden uitgebreid. Daarom moet het vermogen per boot worden opgevoerd, terwijl de manoeuvreerbaarheid daar niet onder mag lijden. Zware zeeslepers kunnen voor dit werk bijvoorbeeld niet worden ingezet. Gelukkig zijn de tankers in de periode waarin de caissons al maar groter werden, nog veel harder gegroeid. De moderne grote tankers vragen bij het binnenlopen van havens eveneens zwaardere, zeer manoeuvreerbare sleepboten. Werd 10 tot 15 jaar geleden in hoofdzaak nog gewerkt met sleepboten van 600 tot 900 pk, thans wordt het merendeel van het werk verzet door boten van 2800 pk. Zulke zware sleepboten kunnen gemakkelijk het vermogen opbrengen om een zeer grote caisson te manoeuvreren.

Samenvattend kan gesteld worden: ook bij grote tijverschillen kan men een veilige afsluiting verwezenlijken met behulp van caissons. Caissons komen het best tot hun recht in diepe sluitgaten. Hun maximale lengte wordt hoofdzakelijk bepaald door constructieve en financiële overwegingen. Hoe diep de caissondrempel mag liggen, hangt af van de mogelijkheden om die drempel redelijk vlak af te werken.

Geleidelijke sluitingen

Wij zagen reeds dat bij de geleidelijke sluiting twee methodes kunnen worden onderscheiden: een geul wordt gedicht over de volle breedte, of men werkt van beide kanten naar het midden, 'over de kop'. Bij de afsluiting van de Zuiderzee werd aanvankelijk de eerste methode overwogen, maar uiteindelijk koos men de tweede, omdat het stortmateriaal, keileem, niet tegen een langdurige stroomaanval bestand leek.

Dezelfde bezwaren tegen een geleidelijke sluiting over de volle breedte gelden ook bij de Deltawerken, maar dan nog in versterkte mate, omdat de vervallen groter zijn. Bij de geleidelijke sluiting in het Haringvliet en de Grevelingen waren de vervallen nog betrekkelijk gering: respectievelijk maximaal 60 en 90 cm. In verhouding tot de in deze wateren optredende getijverschillen waren de vervallen

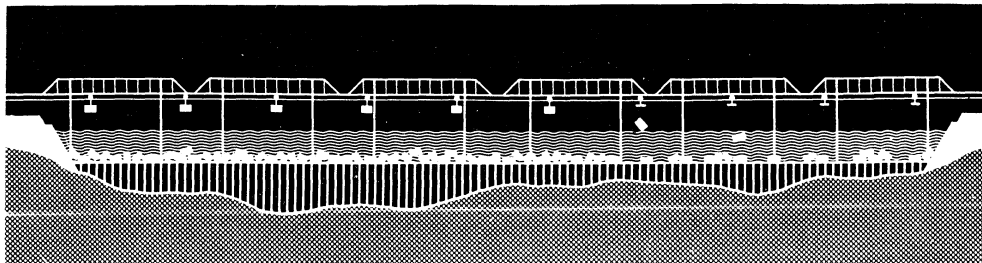
klein: in de Grevelingen omdat het hier niet ging om een aan de achterzijde afgesloten gebied, in het Haringvliet omdat men daar de vervallen kon beperken door de sluizen open te zetten.

In het Brouwershavense Gat was het verval, en daarmee de stroomsnelheid, veel groter, aangezien het hier wel de afsluiting betrof van een achterwaarts geheel afgesloten gebied; er was om die reden een direct verband tussen het tijverschil en de vervallen.

Deze waarde neemt in de Oosterschelde verder toe. Met name het ebval zal twee keer zo groot zijn als dat in het Brouwershavense Gat. Met dit gegeven moet uiteraard rekening worden gehouden bij de keuze van het stortmateriaal. In de Grevelingen kon worden volstaan met betrekkelijk lichte stortsteen; in het Brouwershavense Gat daarentegen was men genoodzaakt zware betonblokken te gebruiken om het verval te kunnen weerstaan, terwijl de stabiliteit van de dam anderzijds werd bedreigd door een krachtige golfaanval. Ook in de Oosterschelde zullen in geval van een geleidelijke sluiting betonblokken worden gebruikt, naar zich laat aanzien van nog groter stukgewicht.

Ondanks het feit dat bij een geleidelijke sluiting van een der grote zeegaten in het Deltagebied grotere snelheden zouden zijn te verwachten dan bij een caissonsluiting, was er bij de uitwerking van het Deltaplan een goede reden om naast de caissonsluiting de geleidelijke afdichting als mogelijkheid te blijven bestuderen.

Uit bodemonderzoek in het Brouwershavense Gat bleek namelijk dat daar plaatselijk zeer lage sondeerwaarden voorkwamen, hetgeen duidt op losse pakking van het bodemmateriaal. Bij wijzigingen in de belastingtoestand door bijvoorbeeld de aanleg van een drempel of het plaatsen van caissons zouden wateroverspanningen kunnen ontstaan, die in losgepakte zandlagen kans op zettingsvloeiing ten gevolge hebben. Bij een zettingsvloeiing verliest de bodem onder toenemende druk hoe langer hoe meer stabiliteit. Een zettingsvloeiing bij een caissonsluiting zou ernstige stagnaties opleveren, en caissons verloren doen gaan. Bij een geleidelijke sluiting zou ter plaatse van de zettingsvloeiing alleen extra materiaal moeten worden gestort. Overigens zou de kans op een zettingsvloeiing kleiner zijn doordat de belasting meer geleidelijk wordt opgevoerd. Daarbij komt dan het probleem van de wervelstraten. Bij een caissonsluiting met zijn landhoofden en kopwanden zullen sterke turbulenties optreden die plaat-



Schets van een ontwerp dat nooit werd uitgevoerd: een stalen brug, berijdbaar voor auto's, die tegelijk dienst doet als kabelbaan

selijk grote ontgrondingen kunnen veroorzaken. Bij een geleidelijke sluiting zou men de ontgrondingen wellicht beter kunnen beperken, ondanks de hogere stroomsnelheden. De onderzoeken in verband met de toepassing van een geleidelijke sluiting in het Deltagebied lopen al vanaf 1959. Steeds heeft men daarbij gesteld dat voorafgaand aan de beslissing over het al of niet toepassen van de geleidelijke methode in een der primaire sluitingen, een proef zou moeten worden genomen bij een secundaire sluiting. Voor een dergelijke proef leende zich goed de afsluiting van de noordelijke geulen van de Grevelingen, ook wat het tijdschema betreft. De afsluiting zou namelijk plaatsvinden in 1964. De resultaten van de proef zouden dan nog verwerkt kunnen worden in de beslissingen ten aanzien van de afsluiting van het Haringvliet (1970), het Brouwershavense Gat (1971), en uiteindelijk de Oosterschelde (1978).

Voortbouwend op de traditionele methode met een houten steiger door het sluitgat, dacht men voor de Deltawerken eerst aan een stalen brug op spudpalen, waarvan vrachtauto's materiaal zouden storten in het gat. De brug zou door een nogal groot aantal palen moeten worden ondersteund, en wanneer een paar spuds hun stabiliteit zouden verliezen door zettingsvloeiing of iets anders, zou hij als transportweg verloren zijn. Men liet daarom het denkbeeld van een brug varen, en richtte zijn gedachten op een kabelbaan. Ook dan zouden tussensteunpunten nodig zijn, maar niet meer dan één of twee. Door diep te funderen zou men de stabiliteit ervan wel kunnen verzekeren, zodat ze ook bij een zettingsvloeiing niet zouden bezwijken. Deze vaste hulp-

constructie loste heel wat problemen op die aan de stalen brug kleefden, maar de bewegende delen, bij de brugconstructie gewone vrachtauto's, waren bij de kabelbaan moeilijker te ontwerpen. De keus viel op een systeem waarbij elke gondel van de kabelbaan zijn eigen motor zou hebben, teneinde onafhankelijk van de andere te kunnen bewegen. Een motorstoring zou dan slechts een geringe vermindering van capaciteit tot gevolg hebben. Met de firma Neyrpic te Grenoble (Frankrijk) werd een studie-overeenkomst gesloten om een voorontwerp nader uit te werken; later werd met diezelfde firma de levering overeengekomen van een complete kabelbaaninstallatie.

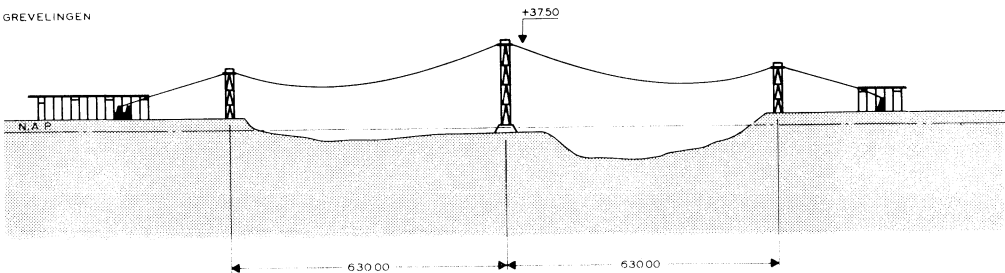
Voor de afsluiting van de noordelijke geulen van de Grevelingen werd voornamelijk stortsteen als materiaal gebruikt. Aanvankelijk stelde men zich voor een last van 10 ton in vier gelijke porties te laten vallen; later werd een stalen net ontworpen waar men de stortsteen geleidelijk uit kon gieten. Tegenover de nuttige last van 10 ton stak het uiteindelijk bereikte eigen gewicht van de gondels, niet minder dan 20 ton, ongunstig af. De ontwerptijd voor de gondels was te kort geweest, en dat uitte zich in een aantal moeilijkheden en storingen waarmee het kabelbaanbedrijf in de Grevelingen geteisterd werd. De sluiting verliep evenwel naar wens, en het experiment leek de moeite van het vervolgen waard. Met een telkens verbeterd instrument werden vervolgens zowel het Haringvliet als een der geulen van het Brouwershavense Gat afgesloten. Bij deze laatste sluiting was het gewicht van gondel en last gezamenlijk nog steeds 30 ton. Maar het eigen gewicht van de nieuwe gondels was nu slechts 15 ton, en

Vergelijking van de verschillende
kabelbaanopstellingen in het
Deltagebied

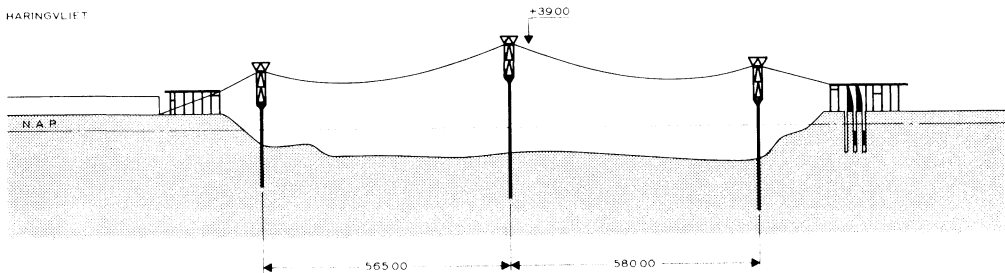
deze gondels namen telkens niet 10 maar
15 ton nuttige last mee.

Gaan we de ontwikkeling van het instrumen-
tarium waarmee men een geleidelijke sluiting
voltrekt, nog eens systematisch na. De kabel,
het belangrijkste vaste onderdeel van de
kabelbaan, heeft als constructie geen wijzi-
ging ondergaan. Slechts is een betrekkelijk
geringe wijziging aangebracht in de kabel-
doorsnee. Wel is verandering gekomen in de
manier waarop de kabels op spanning worden
gehouden. Bij de Grevelingensluiting zorgde
een scharnierend contra-gewicht met balans
voor een constante kabelspanning. Bij het
Haringvliet paste men drie in verticale schach-
ten vrijhangende gewichten toe. Men onder-
vond bij het plaatsen van die verticale schach-
ten veel moeilijkheden, en bij het Brouwers-
havense Gat keerde men daarom terug naar

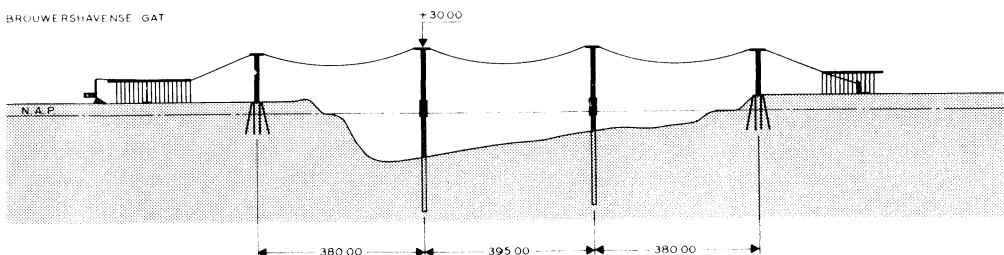
GREVELINGEN



HARINGVLIET



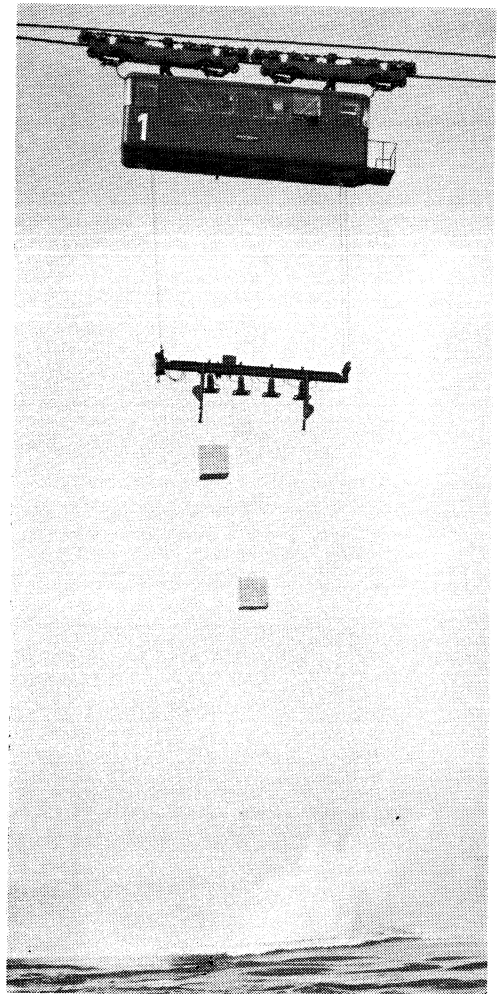
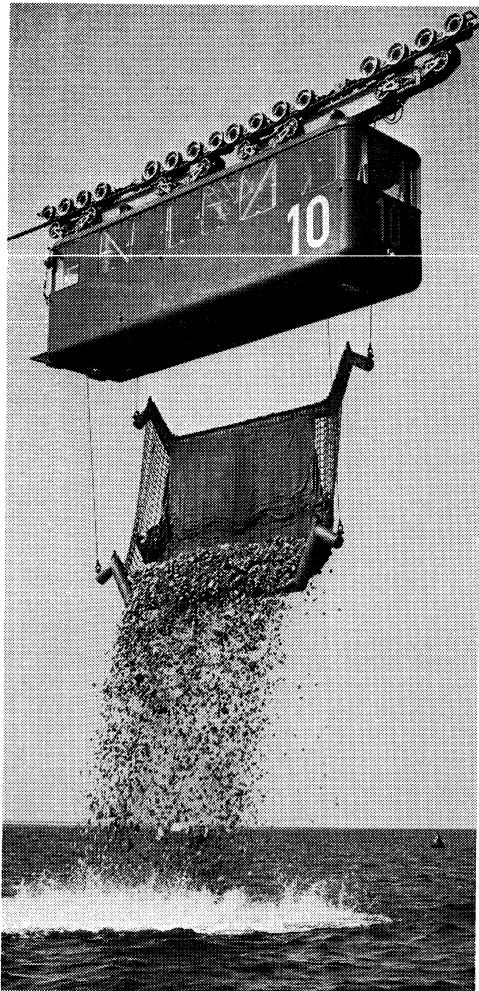
BROUWERSHAVENSE GAT



de eerstvermelde methode. De kabels werden ondersteund door de bovenbouw van een aantal draagtorens. Geleidelijk heeft men de onderlinge afstanden van deze torens steeds kleiner gekozen. Dat maakte snellere opeenvolging van de gondels mogelijk, en het verkleinde ook de doorhang van de kabels, wat weer resulteerde in een grotere gemiddelde snelheid van de gondels. Bij de Grevelingen waren de overspanningen 630 m lang, in het Haringvliet 580 m en 565 m, in het Brouwershavense Gat achtereenvolgens 380 m, 395 m en 380 m.

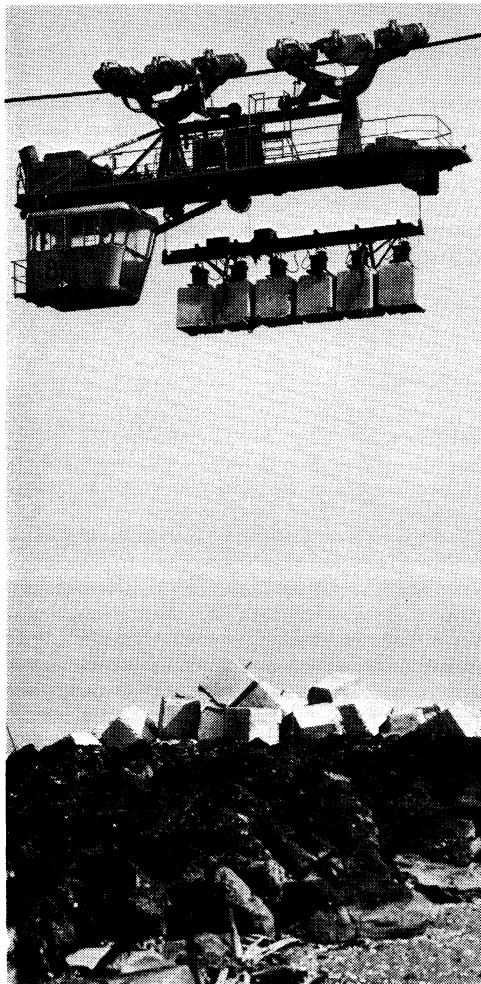
Bij de afsluiting van de Grevelingen waren de draagtorens uitgevoerd als een stalen vakwerk. Het bovenste deel was een portaal, waar de beide kabels en dus ook de gondels doorheen gevoerd werden. Bij het Haringvliet ging men over op een minder kwetsbare

Verschillende gondels en stortmaterialen; van links naar rechts: het bedrijf in de Grevelingen, het Haringvliet en het Brouwershavense Gat



constructie van beton, en bij het Brouwershavense Gat werd de portaalvorm verlaten. Een centrale toren werd daar bekroond met een betonnen juk, waar de draagkabels aan bevestigd werden. De gondels passeerden de toren daar aan twee kanten.

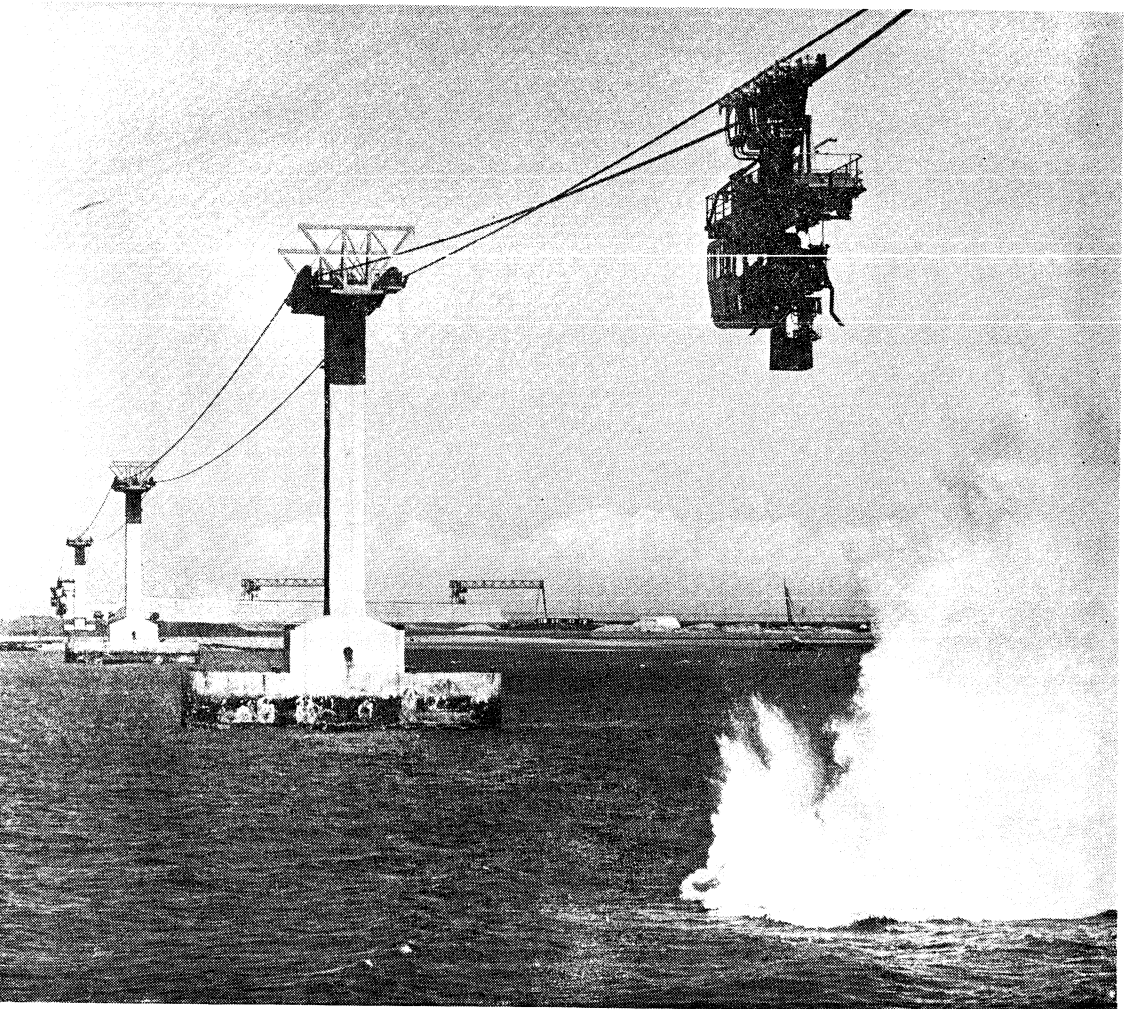
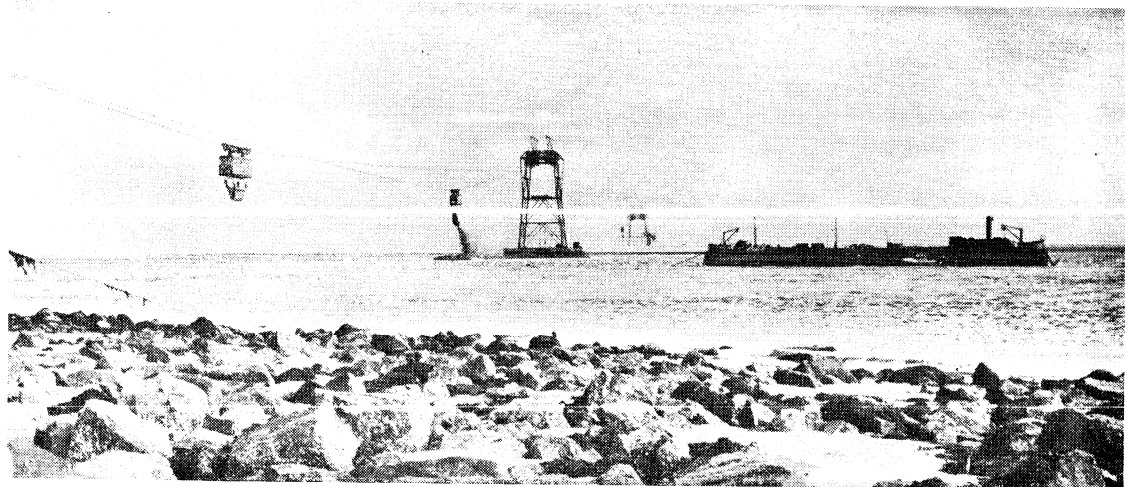
De middentoren van de kabelbaan over de Grevelingen was gefundeerd op vier eenheidscaissons. Het sluitgat was op die plek namelijk al van nature ondiep, waardoor er gemakkelijk een klein eiland kon worden gevormd. Bij het Haringvliet stonden alle drie de draagtorens in het water. Alleen al om hydraulische redenen was de vorming van drie kleine eilandjes in het sluitgat onmogelijk. Maar bovendien hadden de opgetreden wateroverspanningen onder het kunstmatige eilandje in de Grevelingen aangetoond, dat het zaak was de toren dieper te funderen. Men koos



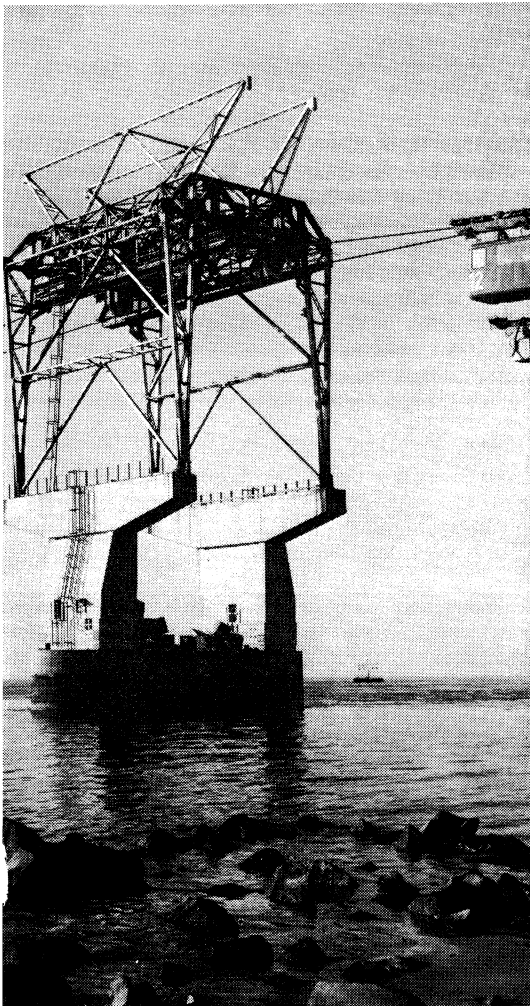
daartoe een puttenfundering van het type dat ook de Oosterscheldebrug draagt. Drie putten per toren bleken voldoende om ook de druk van eventuele ijsvelden te kunnen weerstaan. Deze betrekkelijk goedkope manier van funderen is ook bij het Brouwershavense Gat weer toegepast.

De grootste veranderingen, het werd boven al aangestipt, zijn aangebracht in de constructie van de motorgondels. De gondels van de Grevelingen werden na het aanbrengen van een aantal modificaties opnieuw gebruikt in het Haringvliet. Deze gondels hadden als krachtbron een dieselmotor, die via een stelsel van tandwielen 16 loopwielen aandreef; dit zware mechanisme was een van de oorzaken van het ongunstige eigen gewicht. Voor het Brouwershavense Gat werd een geheel nieuwe gondel ontworpen, ditmaal met behulp van plunjerpompen en hydromotoren aangedreven door een gasturbine. Behalve verschil in technische opzet vertoonden de nieuwe gondels ook een heel ander aanzicht. De zeer omvangrijke cabine van het Grevelingentype werd in het Brouwershavense Gat vervangen door een veel eenvoudiger gondel, waar alleen de bemanning en het besturingsmechanisme in een gesloten cabine waren ondergebracht; de motor stond op een open platform.

De beteugelingsdam door de Grevelingen werd opgestort met grind, stortsteen 10-300 kg en bij wijze van proef met enkele experimentele materialen zoals verpakt zand en verpakt en onverpakt zandafval. De veel grotere stroomaanval in het Haringvliet en het Brouwershavense Gat zou, naar de berekening leerde, zeker in de laatste fase een veel zwaardere steensortering vereisen, namelijk minstens 300-1000 kg en mogelijks zelfs 1000-2000 kg. Bij zulke hoge gewichten werd het met het oog op de gevoeligheid van de kabelbaan beter geoordeeld, op maat gegoten betonblokken te gebruiken, dan natuursteen van allerlei vorm en gewicht. Uitvoerig werd in het Waterloopkundig Laboratorium nagegaan of een dam van betonblokken onder de te verwachten omstandigheden voldoende stabiel zou zijn. Uit de proeven bleek dat met kubusvormige blokken van 2½ ton een stabiele beteugelingsdam kon worden gemaakt. Van dat soort blokken zijn er inmiddels 344.000 gemaakt, en 302.000 verwerkt in het Haringvliet en het Brouwershavense Gat. In het beton werd een eenvoudige haak ingegoten, en mede hierdoor konden de blokken met hun regelmatige vorm mechanisch worden getransporteerd, in depot opgeslagen en later uit het depot onder de gondels worden aangehaakt. In plaats van met een kettingnet



Constructie van de draagtorens
in de Grevelingen (links boven),
het Haringvliet (rechts beneden)
en het Brouwershavense Gat



waren de gondels bij de laatste twee geleidelijke sluitingen daarom uitgerust met een stortbalk waaraan 4, respectievelijk 6 blokken van 2½ ton konden hangen. Deze blokken werden dan door tussenkomst van een systeem van optische geleiding juist in het bedoelde baanvak gelost, één voor één en in een bepaald ritme, dat te grote opslingering van de baan moest voorkomen.

Bij een geleidelijke sluiting wordt doorgaans gestort in horizontale lagen dan wel in lagen die ongeveer evenwijdig lopen met het bodemoppervlak. Bij de zijkanen van een sluitgat is het veelal mogelijk het stortverloop zo te kiezen, dat sterke wervelstraten worden vermeden. Daarmee voorkomt men al te diepe ontgrondingen nabij de oevers. Elke sluiting vertoont wat de oevers betreft weer andere specifieke trekken en van geval tot geval is dan ook gedetailleerd modelonderzoek nodig. In het Haringvliet werd op grond van zulk onderzoek nabij de oevers begonnen met het opstorten van een onderwaterkade met een flauw, onder een hoek van 1 : 50 verlopende kruin. In het Brouwershavense Gat werd nadat al in het wintersluitgat een laag blokken was gestort met een drijvende kraan, in de eerste fase van het kabelbaanbedrijf alleen gestort onder de Schouwense oever. Daardoor werd de stroom uit deze zwakke oever gedrukt. Een dam die is opgebouwd uit blokken van 1 m³ is niet bepaald waterdicht. Er blijft een poriëgehalte in over van 40 %, en tengevolge van het verval over de dam ontstaat er in de dam een zeer turbulente waterbeweging. Dit maakt het onmogelijk de dam zonder meer af te dichten met zand.

Op grond van uitvoerig modelonderzoek werd in het Haringvliet een afdichtingsconstructie beproefd bestaande uit een banket van grof grind tegen de beteugelingsdam, en daarbovenop een stroomafdichtende laag van warm zandasfalt. Terwille van het onderzoek werd deze afdichting enkele malen aangebracht bij een verval dat kunstmatig was opgevoerd door sluiting der uitwateringsluizen. De constructie bleek wel te voldoen, maar ze eiste enorme hoeveelheden grind en zandasfalt. De onderzoekingen in het Waterloopkundig Laboratorium richtten zich daarom op de mogelijkheid grind niet tegen de dam aan te brengen, maar erin. Het bleek dat met deze methode een snelle en niet te dure afdichting kon worden verkregen. Bij toepassing in het Brouwershavense Gat nam de stroom door de dam zo sterk af dat het tegen de blokkendom opgespoten zand niet meer uitspoelde. Deze methode biedt dus perspectief naar de toekomst.

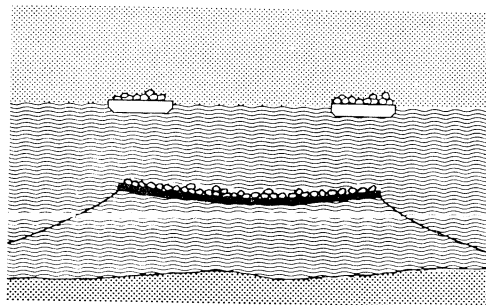
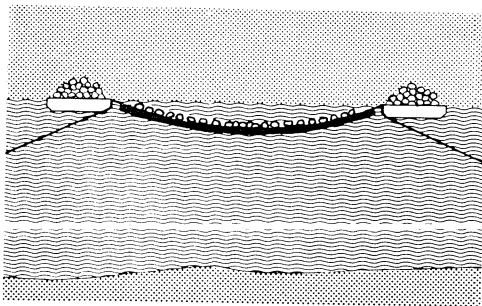


De bodembescherming van een sluitgat

Welke methode van afsluiting men ook kiest, het zal bij de beweeglijke zandbodem in onze zeegaten steeds geboden zijn op de plaats van de afsluiting voorzieningen te treffen tegen de stroomaanval. In de eerste plaats zal in het tracé van de afsluiting vaak een drempel moeten worden aangebracht die als fundament dient voor de afsluiting zelve. Dit is vooral belangrijk wanneer er caissons worden gebruikt. Tevens moet de naaste omgeving worden beschermd tegen uitschuring door de stroom, die tijdens de afsluiting ter plaatse soms vrij sterk zal kunnen toenemen, om te beginnen al onder invloed van de opbouw van de drempel. Aan weerszijden van de drempel moet daarom nog een bodembescherming worden aangebracht met een breedte die, afhankelijk van de omstandigheden, varieert van enkele tientallen tot een paar honderd meter.

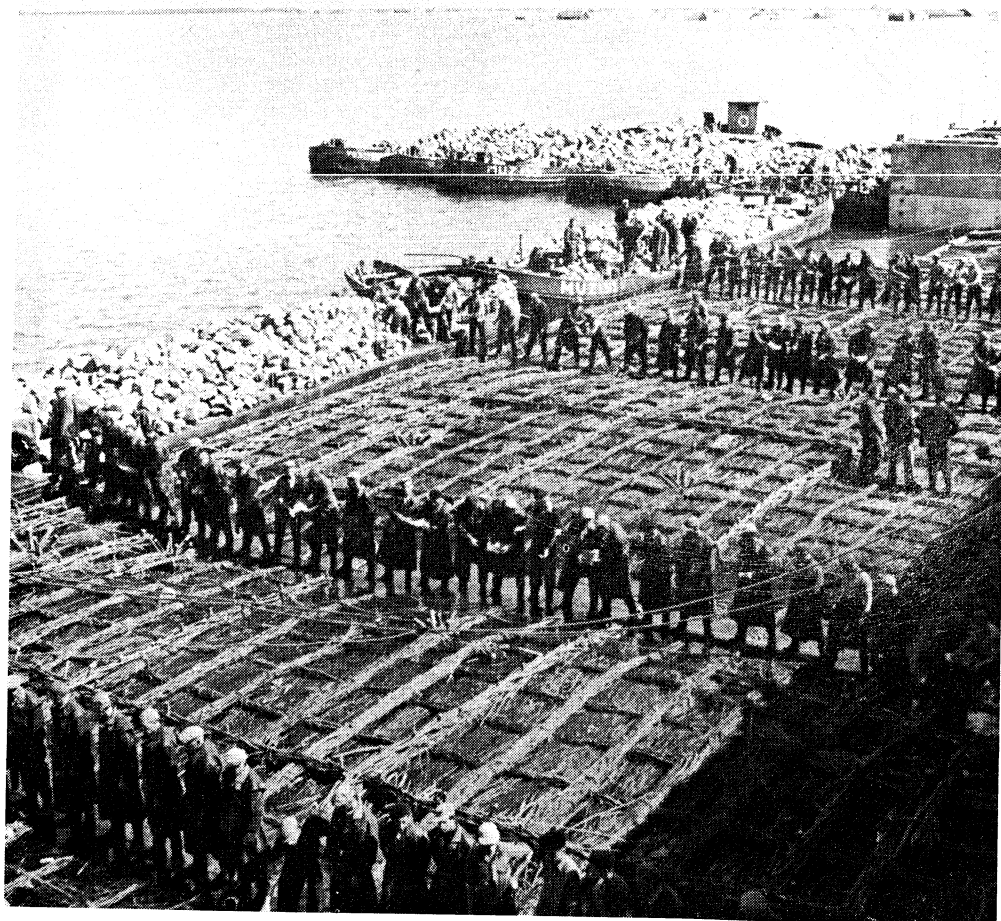
Het beschermen van oevers tegen uitschuring door getijstroom is in Nederland geen nieuw probleem. Reeds eeuwen zijn we daarmee geconfronteerd, en op basis van zeer lange ervaring ontwikkelde zich een beproefde methode die lange tijd nauwelijks aan wijzigingen onderhevig is geweest. Te verdedigen bodemgedeelten worden al eeuwen afgedekt met zogenaamde 'zinkstukken'. Een zinkstuk is een gevlochten rijzen matras, die wordt afgedekt met steen. De constructie en vooral de samenstelling van het zinkstuk zijn in hoge mate bepaald door de materialen die daarvoor van oudsher in eigen land beschikbaar waren: rijshout en riet, waarvan de matras werd vervaardigd, en klei en puin, waarmee de matras kon worden afgedekt. Pas in de loop van de vorige eeuw ging men er toe over zinkstukken af te

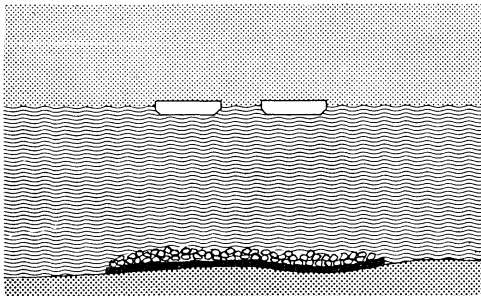
storten met uit het buitenland – vooral België – ingevoerde natuursteen. Vele hectaren oeververdediging van dat type kan men in onze kustgebieden vinden, met name in Zeeland; veel van die bodemverdedigingen bieden nu al meer dan een eeuw weerstand aan de stroom. Soms liet men het zinkstuk zelf uit de verdediging weg, en beperkte men zich tot steenbestortingen, die afhankelijk van de ondergrond, soms ook voldoende weerstand konden bieden. Was dat niet het geval, dan was men later genoodzaakt steen bij te storten. Het lag dus wel voor de hand dat de ontwerpers van de Zuiderzee-afsluiting opnieuw hun toevlucht namen tot deze beproefde verdedigingstactieken. De stroom waartegen men de bodem beschermen moest, was echter veel sterker dan langs dijke oevers wordt aangetroffen. Onder buitengewone omstandigheden kon hij aanzienlijk zijn, en zelfs oplopen tot meer dan 5 m/sec. Men trad dus wat dit betreft bij de zinkstukken in de sluitgaten buiten de ervaring. Met name bestond onzekerheid omtrent de weerstand die een stuk kan ontlenen aan zwaardere steenbestorting. De schaalvergroting leidde wellicht tot kwalitatieve veranderingen. De enige ervaring waar men op kon terugvallen was die met de sluiting van het Sloe in 1871; voorts waren er buitenlandse publikaties aangaande de stroombestendigheid van steen in berg-rivieren. De steun van modelonderzoek was onontbeerlijk om een extrapolatie van de bestaande toestand te verkrijgen. Dit onderzoek leidde tot een constructieverzwaring in de richting dwars op de stroom; de wiepen in deze richting werden uitgebreid tot een dikte van 40 cm. Men achtte het evenwel gevaarlijk, zonder meer op de modelproef te vertrouwen



Traditionele methode van af-
zinken van een klassiek zinkstuk

Het traditionele afzinken is een
bijzonder arbeidsintensief karwei





en zocht naar een mogelijkheid het nieuwe zinkstuk te beproeven op ware grootte. De gelegenheid tot zo'n proef deed zich voor in de stortkom van de Maasstuw bij Roermond. De uitkomsten van de proeven op ware grootte lagen nog iets gunstiger dan die van de modelproef, en in de praktijk waren de ervaringen met deze constructieverbetering van het zinkstuk zo goed dat de dikke wiepen later weer werden toegepast bij de dichting van de stroomgaten op Walcheren en daarna nog bij de afsluiting van de Brielse Maas. De verbetering was overigens maar betrekkelijk. Veel bezwaren die aan het klassieke zinkstuk kleven voor het gebruik op grote schaal en onder extreme omstandigheden, waren er nog niet door verholpen. Het vervaardigen van een klassiek zinkstuk is tijdrovend werk, evenals het bestorten ervan, waarvoor bovendien grote hoeveelheden steen benodigd zijn. De dichtheid van een klassiek stuk onder zware stroom is namelijk voor een belangrijk deel afhankelijk van de steenbestorting; op de steenlaag bij sterke stroom zou kunnen worden bezuinigd als het zinkstuk zelf van een dichtere constructie was. Voorts is de manier waarop een klassiek zinkstuk aan de grond wordt gebracht, erg tijdrovend. Dat kan namelijk alleen geschieden bij geringe stroom, dat wil in tijwateren zeggen op of omstreeks de kenteringen. In enkele belangrijke opzichten was er dus, bij al die afsluitingen in de eerste helft van deze eeuw, nog niet veel aan het aloude zinkstuk veranderd. Het bleef een sterk in de traditie geworteld ambachtelijk werkstuk, waarop de moderne technologische ontwikkelingen nog geen vat hadden kunnen krijgen. Een principiële wending, zoals die in de sluitingsmethodieken tot stand kwam

sinds de dichting van het stroomgat bij de Nolle, kon voorts nog in de ontwikkeling van de bodembescherming niet worden geforceerd. Pas met de uitvoering van de Deltawerken werden nieuwe wegen gebaad.

Vanaf de aanvang van de Deltawerken was het duidelijk dat met de bestaande bodembeschermingsconstructies en werkmethoden niet kon worden volstaan, zowel vanwege de zwaardere eisen die werden gesteld als vanwege de grote hoeveelheden die bij de Deltawerken nodig zouden zijn. Er is dan ook onmiddellijk een begin gemaakt met de ontwikkeling van nieuwe materialen en werkmethoden, waarbij de uitvoering van elk volgend werk werd gebruikt om nieuwe mogelijkheden in de praktijk te onderzoeken. Deze ontwikkeling heeft ertoe geleid dat er thans drie typen bodembescherming ter beschikking staan, die ieder voor zich aan hoge eisen voldoen, en die als gevolg van hun specifieke eigenschappen in één of meer dan één onderdeel van een sluitgat kunnen worden toegepast. Deze drie typen zijn: gemoderniseerde zinkstukken, gegradeerde steenbestortingen en asfaltmastiëkbekledingen.

Over het klassieke zinkstuk nog een paar opmerkingen. Is bij een niet-turbulente overtrekkende stroom nog zanddichtheid te bereiken bij stroomsnelheden tot 4 à 4,5 m/sec., zodra er wervelstraten optreden, die opgewekt kunnen worden bijvoorbeeld door de landhoofden van een sluitgat, gaat er al bij stroom van 2 à 3 m per seconde zand door de mat heenlopen. Bij toepassing van een zinkstuk onder een caisson of sluitkade is de stroming door het zinkstuk als gevolg van het verval over de drempel maatgevend. Al bij kleine verhangen, in de orde van grootte van 4 ‰, begint zand tussen de wiepen van het onderwaterwerk op te warrelen, en daarna wordt het door het hele rijshoutpakket heen meegevoerd. De kritieke waarden die hier werden genoemd in verband met overtrekkende stroom en verhangen kunnen in het Deltagebied in sluitgaten plaatselijk worden overschreden. Als het niet lukte het zinkstuk zanddichter te maken, zou het voor de Deltawerken slechts in zeer beperkte mate bruikbaar kunnen zijn. Op uitgebreide schaal is getracht de zanddichtheid te vergroten door kunststofweefsels in het rijshouten pakket op te nemen. Het lag voor de hand om weefsels te kiezen met een maaswijdte kleiner dan de korrel-diameter van het zand dat men wilde tegenhouden. Dergelijke weefsels bleken echter al bij aanwezigheid van heel kleine percentages slib in de bodem verstopt te raken, en praktisch ondoorlatend te worden, niet alleen voor

zand, maar ook voor water. Onder het weefsel ontstond dan een water-overdruk, die een uitweg zocht bij de naden in het weefsel en daar waar de zinkstukken elkaar overlapt. Op zulke plaatsen vond sterke afstroming van het water plaats en daarmee gepaard aanzienlijke erosie. Gebruikte men een meer open weefsel, dan vond behalve het water ook het zand vrijwel ongehinderd doorgang. Na de teleurstellende proeven met betrekkelijk dunne weefsels is men overgestapt op weefsels met een meer samengestelde structuur, die uiterlijk doen denken aan kokosmatten. Door toepassing van verschillende weefseltechnieken is een matstructuur ontwikkeld die een zeer kleine kans op verstopping combineert met de daaraan tegengestelde eigenschap van maximale zanddichtheid. Dat op deze kunststofmat toch nog een, zij het aanmerkelijk geringere, hoeveelheid rijshout wordt aangebracht, hangt daarmee samen dat men de mat voldoende stijfheid en drijfvermogen wil geven om hem vlak te kunnen verslepen en zinken. De rijshoutlaag vangt ook de beschadiging op die onvermijdelijk wordt veroorzaakt door de bestorting met steen. Verschillende typen zinkstuk zijn op ware grootte beproefd, waarvoor men in een bij Lith gelegen stuw van de Maaskanalisatie gelegenheid vond. Ook de methode van aan de grondbrengen is fundamenteel gewijzigd. Het nieuwe procédé werkt sneller, en veel nauwkeuriger. Het zinkstuk-nieuwe-stijl wordt aan kop en staart ingespannen tussen bakken of zinkpontons. Een kopbuis met zinkgewicht aan de ene zijde drukt de kop van het stuk naar de bodem. Dan wordt er een steenstort boven het stuk gelegd, die zijdelings stortsteen overboord begint te werken. Zo wordt de rest van het stuk naar beneden gedrukt. Deze werkwijze kan zonder stroom of met stroom worden uitgevoerd, zij het dat de stroomsnelheden niet te zeer mogen oplopen. De trekkrachten in de kunststofzool kunnen tijdens het afzinken hoog oplopen. Berekent men het weefsel op een breekkracht van 30 ton per strekkende meter, dan is men altijd aan de veilige kant. Vergelijk daarmee eens de breekkracht van het klassieke zinkstuk: 2 ton per strekkende meter!

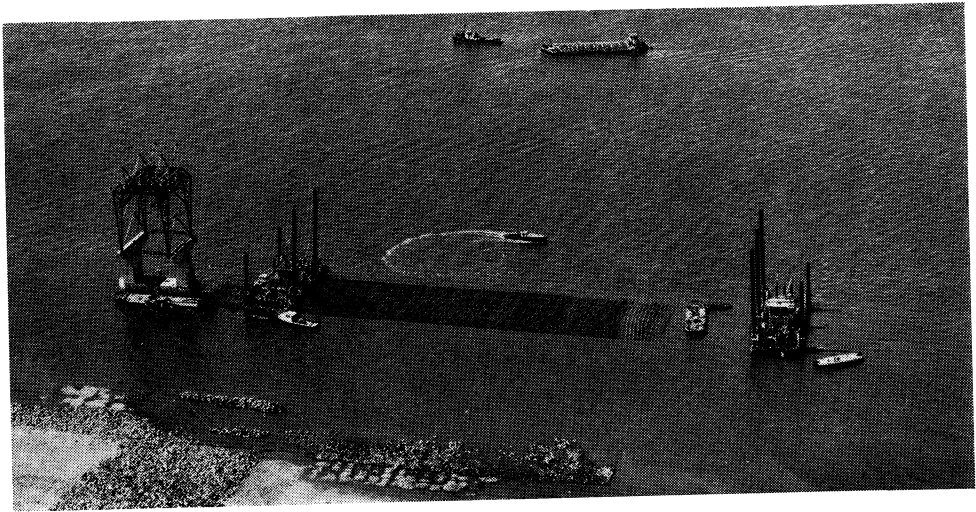
De randen van deze zinkstukken worden tegen omklappen onder invloed van de stroom beveiligd door gestroomlijnde betonbalken die aan de uitstekende zool zijn bevestigd. Deze extra gewichten van 1,2 ton per stuk zijn 1,5 m lang; ze voegen aan de rand van het zinkstuk dus een gewicht toe van 800 kg per strekkende meter. Onderling grijpen ze in elkaar met een visbekconstructie, waardoor het stuk

1 Gestrekt zinken met behulp van spudpontons

2 Schematische voorstelling van het zinken

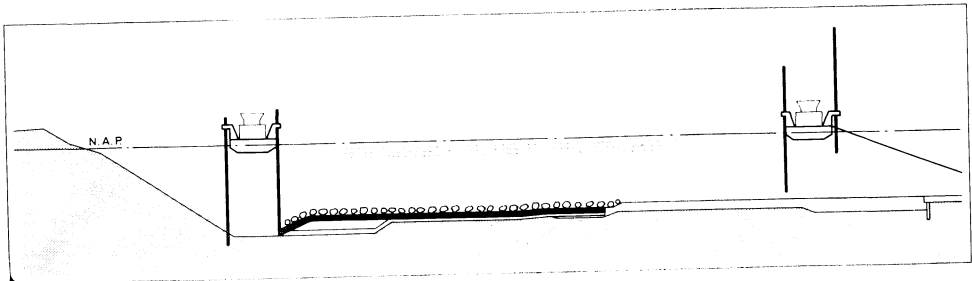
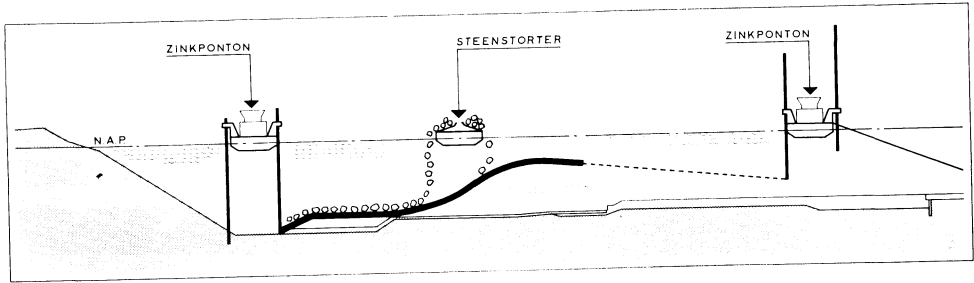
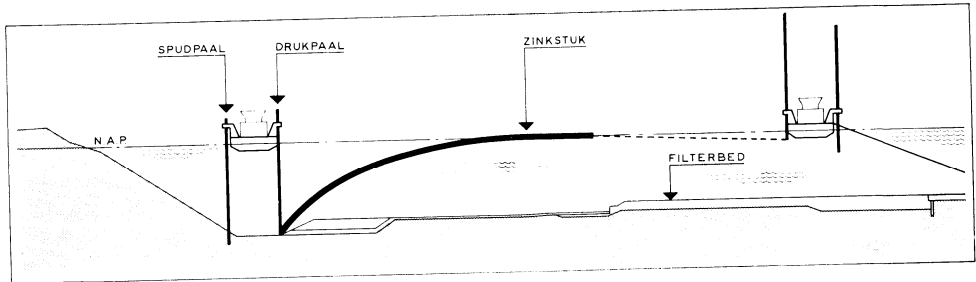
over de volle 30 m breedte soepel genoeg blijft om zich aan de bodem aan te passen. Gegradeerde steenbestortingen zijn net zo opgebouwd als filterconstructies bij de waterzuivering. Ze bestaan uit een aantal opeenvolgende lagen loskorrelig materiaal van opwaarts toenemende diameter. Het water dat men er door voert, passeert de steenlagen onder een rechte hoek. Gebruikt men zo'n constructie als bodembescherming dan gaat het erom het bodemmateriaal op zijn plaats te houden, maar het water zo vrij mogelijk te laten passeren, zulks ter voorkoming van de stabiliteit bedreigende drukverschillen. Elke laag moet de eronder liggende tegen uitspoeling beschermen. De bovenste laag moet bestand zijn tegen de overtrekkende stroom. Binnen de gegradeerde steenbestorting kunnen ook horizontaal stromingen optreden; dat doet zich vaak voor in een drempeel waar caissons op staan.

De voorwaarde dat de bovenste laag de overtrekkende stroom in een sluitgat moet kunnen weerstaan, heeft geleid tot gebruik van stortsteen van gemiddeld 200 kg stukgewicht. Zulke grote steenbrokken waren bij de opbouw van waterfilters nooit gebruikt, en weer moest men ten opzichte van bekende gegevens extrapoleren. Nu bleek dat gegradeerde steenbestortingen in de bovenste lagen niet aan de berekeningen beantwoordden. Laboratoriumproeven wezen naderhand uit dat de stroming in de gegradeerde steenlagen bij toenemende korreldiameter van karakter verandert. In zand en in de fijnere filterlagen heeft de stroming een laminair karakter: de waterdeeltjes bewegen zich evenwijdig aan elkaar. In de grovere bovenlagen echter treedt turbulentie op. Terwijl in de fijnere lagen elke



1

2



opvolgende laag kan zijn samengesteld uit korrels met een 80 tot 150 x zo grote diameter als in de voorgaande, is die verhouding in de bovenste, grove lagen heel wat ongunstiger; hier mag de diameter maar toenemen met een factor 8 tot 15.

Als bescherming van een zandbodem zijn gegradeerde steenbestortingen in beginsel universeel bruikbaar. Aan randen waar ontgravingen kunnen optreden, zijn ze echter zonder nadere maatregelen zeer kwetsbaar. Wegens het ontbreken van inwendige samenhang brokkelen ze aan de rand gemakkelijk af, waardoor terugschrijdende erosie kan optreden. Het is daarom gebruikelijk een gegradeerde steenbestorting op te sluiten tussen zinkstukken of asfaltbekledingen, die wél samenhang vertonen. Aan de andere kant heeft een steenbestorting het voordeel dat er geen naden in voorkomen – en het zijn altijd de naden of overlappingsen waar de beide andere typen bodembescherming het eerst zullen bezwijken.

Bij opbouw in den droge kan men een gegradeerde steenbestorting zo nauwkeurig maken als men wil. In den natte is betrouwbare en economisch verantwoorde opbouw slechts mogelijk bij volledige mechanisering, dus bij inzet van mechanische steenstorters. Ook dan wordt geen volledige nauwkeurigheid bereikt. Bij het bepalen van de dikte der onderscheiden lagen moet men daar rekening mee houden.

Al geruime tijd gebruikt men in de waterbouw asfaltmastiek om er stenen mee vast te leggen die zonder die bescherming gevaar zouden lopen door de golfslag of de stroom te worden verplaatst. Sinds 1956 is er een door de Rijkswaterstaat in samenwerking met aannemers bekostigd onderzoek gaande naar de mogelijkheid bodembeschermingen aan te leggen van warme, vloeibare asfaltmastiek. De vervaardiging van een bodembescherming direct ter plaatse heeft het grote voordeel dat de bekleding bij goede uitvoering onverbeterbaar aansluit op de onderliggende bodem. Het is een ingewikkelde technische opgave gebleken, een apparaat te construeren dat onder allerlei omstandigheden een gelijkmatig dik aaneensluitend mastiekdek kan neerleggen op soms tamelijk grote diepten onder water. Na een uitgebreide reeks proefnemingen waarbij de stortapparatuur steeds verder werd geperfectioneerd, en de kennis van de eigenschappen van mastiek en zijn verwerking steeds toenam, heeft men alle verworven kennis en ervaring verwerkt in het ontwerp van een asfaltschip, de 'Jan Heijmans' (zie Bericht nr. 43, februari 1968). Het schip

beschikte over een asfaltdroog- en menginstallatie met een maximale capaciteit van 250 ton per uur. Met behulp van een stortpijp met verdeelmond waarin het asfalt verwarmd bleef, legde het asfaltschip ter breedte van 5 m. In het Brouwershavense Gat legde het schip asfaltbanen van 8 cm dik, die elkaar voor 2/3 overlaptten, zodat na afloop van het karwei een aaneengesloten bekleding werd verkregen van 24 cm dikte.

De materiaaleigenschappen van asfaltmastiek, dat een mengsel is van zand, vulstof en bitumen, hangen af van de visco-elastische eigenschappen van de bitumen en van de overvullingsgraad van de holle ruimten in het mengsel. Nadat het dikke vloeibare mengsel met een temperatuur van 130 tot 170° C op de bodem is aangebracht en is afgekoeld, gedraagt het zich onder snelle belastingvariëaties als een stijf materiaal. Het is dan ook bijzonder stroom- en golfbestendig. Onder langdurige belastingen gedraagt het zich als een zware, taai vloeistof. Als aan de rand een ontgroning optreedt, kan het ook lang na afkoeling de verlaging van de bodem volgen zonder dat het scheurt of afbrokkelt. Een bekleding van asfaltmastiek is niet alleen zanddicht, maar ook volkomen ondoorlatend voor water. In sluitgaten, waar door de versnelling van het water snelle spiegeldalingen optreden, zal wateroverdruk optreden onder de asfaltdaag. Neemt die druk toe tot meer dan het eigen gewicht van de bekleding, dan wordt die van de bodem opgelicht; en als dat te dikwijls gebeurt, wordt de bekleding blijvend vervormd door de schuifkrachten die optreden onder invloed van het stromende water. Uit modelproeven blijkt dat de overdruk wordt bepaald door de drempelhoogte, de vervallen, de doorlatendheid van de ondergrond en de breedte van het asfaltdek. In de meeste gevallen is een mat van 25 cm dikte, dat is 500 kg/m² gewicht boven water, tezamen met een steenbestorting van 200 kg/m² voldoende zwaar om de overdrukken te kunnen weerstaan. De steenbestorting verruwt tevens het oppervlak van de asfaltbekleding, waardoor de ontgroningen worden beperkt. Evenals bij zinkstukken moet de rand van de bekleding worden verzwaaard om omklappen door de stroom te voorkomen. Daartoe brengt men op de rand een steenbestorting aan van 500 kg/m² die vervolgens met 300 kg/m² asfalt wordt gepenetreerd.

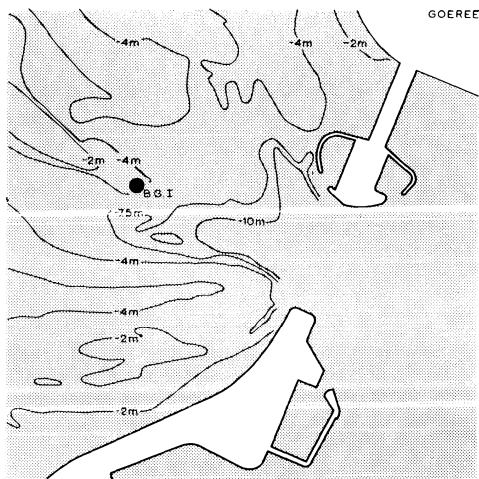
Begeleidend golfonderzoek bij de caissonsluiting in de Kous

De afsluiting van de Oosterschelde onderscheidt zich van andere operaties niet alleen door haar grootte; ook de zeer aan golfaanval geëxposeerde ligging van het werkgebied maakt deze afsluiting bijzonder. Alleen de situatie van de sluitgaten in het Veerse Gat, in 1962, en de afgelopen zomer in het Brouwershavense Gat, zijn er enigszins mee te vergelijken. Om de sluiting van zulke sterk aan de golfaanval blootgestelde zeegaten veilig te kunnen uitvoeren dient men te beschikken over een zo grondig mogelijke kennis van de golfbeweging in het werkkerrein, en over een zo diep mogelijk inzicht van de uitwerking van de golfaanval op de bouwconstructies en de werkbaarheid van het bouw materiaal. Het golfonderzoek dient dan vroeg te beginnen, omdat een lange registratieperiode de betrouwbaarheid van de algemene conclusies die men eruit trekt, sterk verhoogt. In de betreffende gebieden zijn dan ook al jaren terug de nodige golfmeetpalen geplaatst, uitgerust met registrerende instrumenten. (Bericht nr. 55, februari 1971). Studies en berekeningen moeten uiteindelijk aan een praktisch geval worden getoetst, en de ervaring die men daarmee opdoet, dient nauwkeurig te worden geregistreerd. Bij iedere afsluiting hoopt men natuurlijk op goed weer, omdat dat het werk ten goede komt. Anderzijds is een ervaring met slecht weer toch ook van groot belang, omdat men er lering uit kan trekken voor toekomstige werken. Achteraf gezien kan men het daarom bijna betreuren dat de weersomstandigheden zowel tijdens de sluitingswerkzaamheden in het Veerse Gat in 1962 als onlangs bij het Brouwershavense Gat zo gunstig zijn geweest. Enige praktische ervaring met zware golfgang

vooral in het Brouwershavense Gat zou nuttige gegevens hebben opgeleverd voor de verdere voorbereiding van de Oosterschelde-sluiting. Wat de golfaanval betreft zijn twee aspecten van bijzonder belang: de weerstand van een blokkendam tegen golfaanval, en de gevoeligheid van doorlaatcaissons voor golfslag tijdens manoeuvres en gedurende het afzinken. Het begeleidend golfonderzoek in de Kous heeft voor de caissonsluiting wel een aantal nuttige inzichten opgeleverd, vooral wat betreft de meettechnieken en het meetprogramma.

De golfbeweging in de Kous bleek bij onderzoek een heel grillig karakter te vertonen. Ze werd bepaald niet alleen door de ter plaatse heersende wind, maar ook door de waterstand, de getijstroom, en de deining die het gebied binnenkwam vanuit zee. Bovendien werden de golven in sterke mate beïnvloed door de in dit gebied voorkomende ondiepten. Dat alles maakte het golfpatroon bijzonder gecompliceerd. Men kan zulke samengestelde golven echter beschouwen als het resultaat van een groot aantal onafhankelijke sinusoïden met verschillende amplitude, periode en fasehoek. Met behulp van een Fourier-analyse is het mogelijk om voor verschillende periode-intervallen de bijbehorende energie van de samenstellende sinusoïden te bepalen. Wanneer de gesommeerde energie per frequentie wordt uitgezet tegen de bijbehorende periode, ontstaat een energiespectrum.

Vooral van de hoge en lange golven die in de Kous werden waargenomen, werd verwacht dat ze in belangrijke mate verstoring zouden geven op de navigatie en de afzinkmanoeuvres met de caissons. Om dienaan-



1

1 Plaats van de golfmeetpaal B.G.I., één kilometer zeewaarts van het sluitgat in de Kous

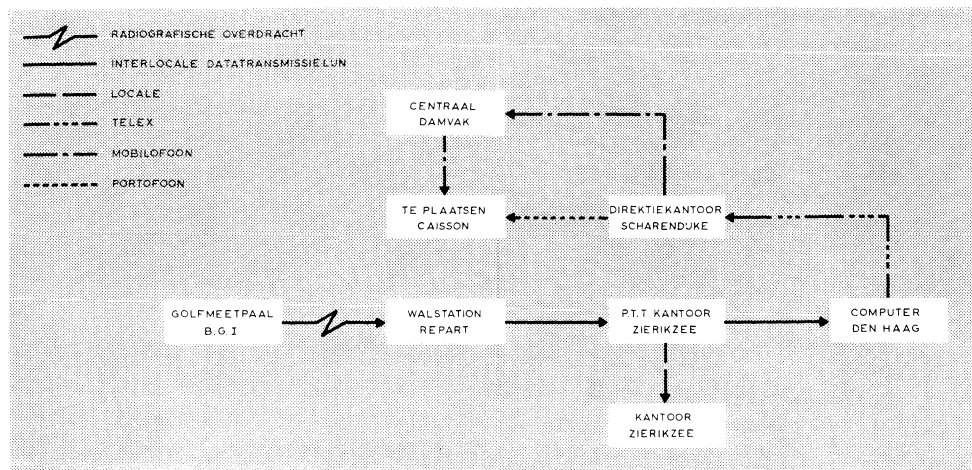
2 Communicatieschema voor de golfwaarnemingen en -berekeningen bij de sluiting van de Kous

gaande prognoses te kunnen opstellen, werd een modelonderzoek ondernomen. Allereerst werden in het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen de nautische eigenschappen van varende caissons onderzocht. Men kwam tot de conclusie dat de caissons voor de Kous een slingerperiode bezaten van 18,1 sec. en een stampperiode van 9,6 sec. Toen bleek dat in de golfbeweging harmonische componenten voorkwamen met een zelfde periode als de stampperiode van de caissons, werd vervolgens een modelonderzoek ingesteld naar de invloed van de golfbeweging op de nautische eigenschappen van de caissons, met name bij gelegenheid van hun plaatsing in het sluitgat. Een eerste serie van deze modelproeven die werden uitgevoerd in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft, richtte zich op de meting van de krachten en puntbelastingen die een drijvende caisson in verschillende posities uitoefent op een al geplaatste caisson. Aan de hand van de resultaten van de eerste serie werd vervolgens een meer gericht onderzoek ingesteld naar de horizontale bewegingen en naar de golfklappen die een drijvende caisson vlak voor hij wordt afgezonden veroorzaakt tegen een geplaatste caisson waar hij tegenaan moet komen te staan.

Met behulp van de genoemde proeven kon een overdrachtsfunctie worden opgesteld tussen het energiedichtheidspectrum van de golven en het krachtspectrum van de golfklappen tussen een drijvende en een op de drempel staande caisson. Het kennen van dit verband maakt de prognose mogelijk van golfklappen bij de afzinkmanoeuvres op grond van

waarneming van de golfbeweging in het tracé van de sluiting.

Uitgaande van de overdrachtsfunctie en van de statistische verdeling van krachten kon bij variërende golfomstandigheden de kans van optreden worden berekend van een golfklapkracht van meer dan 20 ton. Deze zwaarte werd kritiek geacht, omdat de drijvende caisson bij grotere krachten zou kunnen losraken van de geplaatste waarmee hij voor het afzinken was verbonden. Deed dat zich voor, dan zouden door de beschadiging van de ribben voortijdig een of meer drijfschotten kunnen losraken, hetgeen de caisson op een ongewenste plaats zou doen zinken, of anderszware slagzij zou veroorzaken. Kennis van de golfbeweging in het sluitgat ten tijde van de plaatsing was dus een eerste vereiste om de kans op het optreden van een 20-tons-klap te kunnen vaststellen. Maar het is technisch zeer bezwaarlijk een golfwaarnemingsstation op te stellen in het sluitgat zelf, of in de onmiddellijke omgeving. Toch moest met behulp van een meetstation een zo zuiver mogelijk beeld van de golfbeweging in het sluitgat kunnen worden afgeleid. Men heeft onder deze overwegingen een golfmeetpaal opgesteld op één km zeewaarts van het tracé van de afsluiting. De codenaam is B.G.I. Deze golfmeetpaal, die is uitgerust met een elektrische stappenbaak, staat nu op een bodemdiepte van N.A.P. - 4 m. In de loop der jaren is van B.G.I. al een groot aantal waarnemingen verzameld. Een deel ervan is verwerkt tot frequentieverdelingen van significante golfhoogten. Een ander deel is gebruikt voor een onderzoek naar de invloed van waterstandsschommelingen op de golfbeweging. Dit onderzoek leverde de vaststelling op van een empirische relatie tussen



2

de golfhogte op de L.W.- en H.W.-kentering en de significante golfhocgte bij andere waterstanden.

Vaststelling van het verband tussen verticaal getij en golfbeweging was noodzakelijk om tijdig prognoses te kunnen verstrekken over de golfgang in het sluitgat. De leiding van de sluitingsoperaties wilde namelijk al 8 tot 9 uur vóór elke plaatsing kunnen beslissen of die plaatsing gezien de golfgang kon doorgaan. Het bouwdoek van waaruit de caissons moesten worden overgebracht lag ongeveer zes uur varen van het sluitgat, en de beslissing moest vallen vóór de caisson het dok zou verlaten. Met behulp van de vastgestelde relatie tussen waterstand en golfhogte, de weersvoorspelling en een golfwaarneming van meetpaal B.G.I. kon de golfbeweging op het moment van plaatsing 9 uur van te voren worden voorspeld. Golfwaarnemingen in hetzelfde punt op ogenblikken dichtbij het moment van plaatsing, dienden om deze eerste prognose vervolgens te verfijnen.

Aan de golffrequenties van de meetpaal kan zonder nadere analyse geen uitspraak worden ontleend over de golfomstandigheden tijdens een caissonplaatsing enige uren later. Uit modelproeven bleek dat van de registratie een aantal parameters vooral van belang waren: voornamelijk de significante golfhogte, de gemiddelde periode en de periode uit het energiedichtheidspectrum met de grootste energiedichtheid. Deze parameters vond men door wiskundige analyse per computer. Elke registratie moest derhalve worden opgestuurd naar het rekencentrum in Den Haag. De procedure voor deze handelingen verliep als volgt. De registraties van de elektronische stappenbaak op golfmeetpaal B.G.I. werden radio-

grafisch overgeseind naar het walstation in de directieket te West-Report. Dit walstation bracht de binnengekomen signalen via een vaste lijn over naar het P.T.T.-kantoor te Zierikzee, vanwaar de registraties gelijktijdig werden overgeseind naar het kantoor van de Deltadienst te Zierikzee en naar de computer van de Dienst Informatieverwerking van de Rijkswaterstaat in Den Haag. Het signaal werd in Den Haag omgezet in digitale informatie, met een analoge registratie gecontroleerd, en vervolgens gereedgemaakt voor bewerking door de computer. De resultaten van de bewerking werden beoordeeld en per telex overgebracht naar het directiekantoor te Scharendijke, waar een rekengroep zich verder met de binnengekomen meldingen bezighield. Commentaar werd uitgewisseld langs een telefoonverbinding Scharendijke-Den Haag. In Scharendijke werden de resultaten van de analyse omgewerkt tot een prognose van de golfparameters tijdens de sluiting. Per mobilifooninstallatie werd de prognose overgebracht naar het damvak Middelplaat, de centrale post van de sluitingsoperatie.

Vandaar, of onmiddellijk van Scharendijke als daar noodzaak toe bestond, werden de relevante gegevens doorgeseind naar de caisson in kwestie.

De golfwaarnemingsperiode duurde steeds ongeveer 20 minuten; experimenteel was komen vast te staan dat men bij deze duur van de registratie een representatief beeld krijgt van de golfbeweging in een bepaalde getijfase. De rest van de procedure tot aan de ontvangst in het kantoor te Scharendijke nam nog 30 minuten in beslag. Meestal kon men te Scharendijke dan ook 50 minuten na

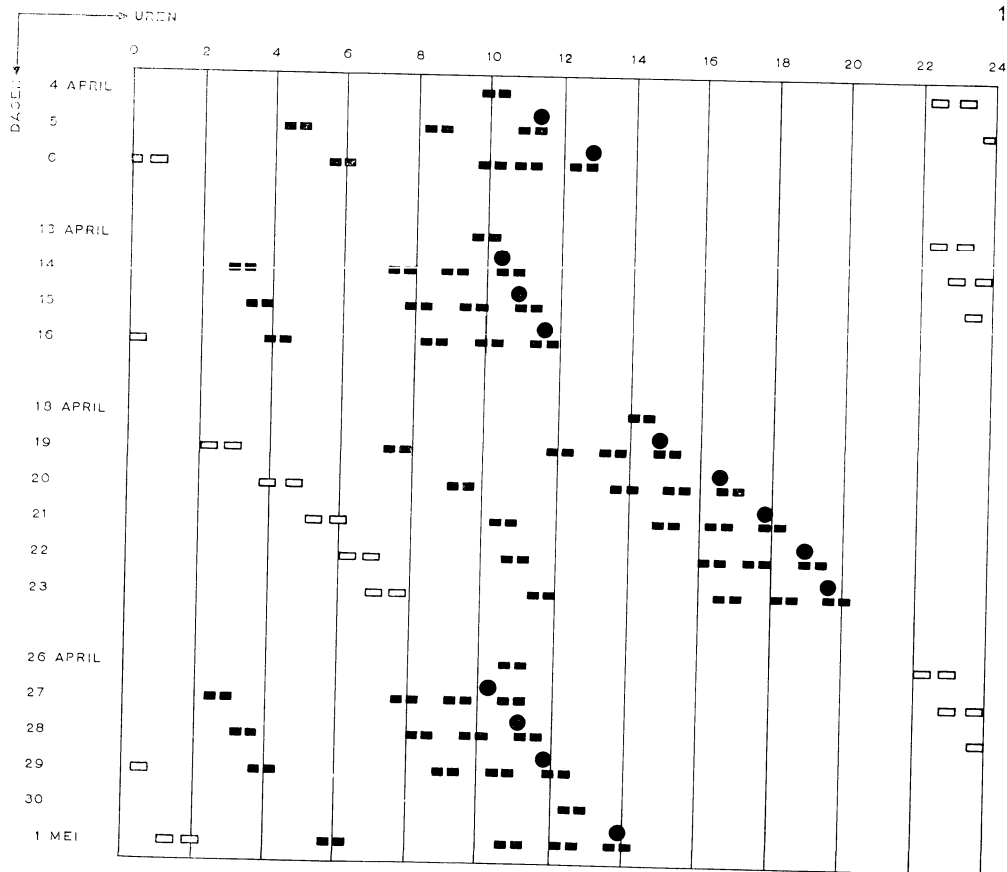
het begin van een golfregistratie over de analyse ervan beschikken. De tijd werd aldus verdeeld:

- 0⁰⁰ - 0²⁰ golfwaarneming van de B.G.I.
- 0⁰³ - 0²³ kopiëren van de golfwaarneming
- 0²³ - 2²⁵ verzorgen van de invoergegevens voor de computer
- 0²⁵ - 0²⁶ brengen naar de computer
- 0²⁶ - 0³⁶ bewerken door de computer
- 0³⁶ - 0³⁸ beoordelen van de computerbewerking
- 0³⁸ - 0⁴⁸ verzenden via telex naar Scharedijke.

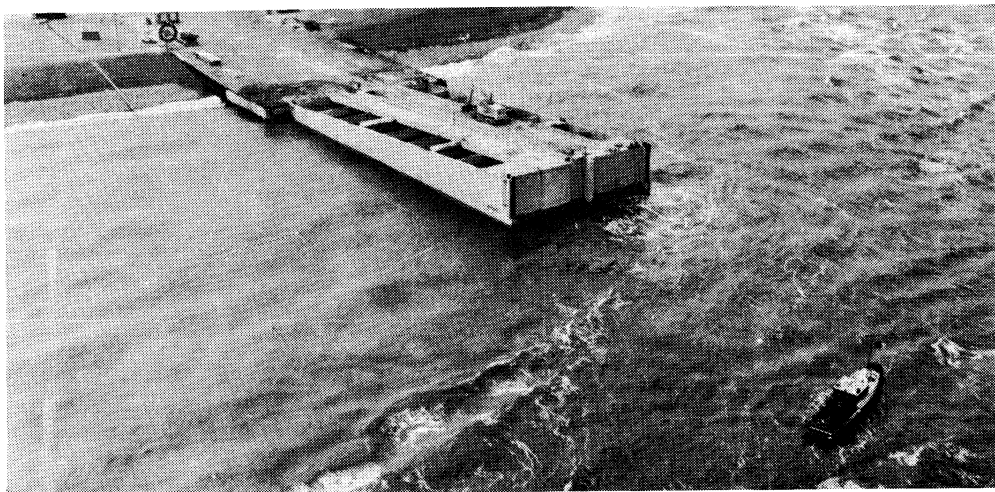
1 Tijdschema voor de golfwaarnemingen ten behoeve van de caissonsluiting

2 Meetboot in het sluitgat van de Kous, na plaatsing van een landhoofdcaisson

Van het plaatsingsschema voor de caissons liet zich nu aflezen wanneer men met golfregistraties moest beginnen. De eerste prognose berustte op golfwaarnemingen van twee



- ■ 1 WAARNEMING + 1 RESERVEWAARNEMING VAN 20 MINUTEN
- □ 1 WAARNEMING + 1 RESERVEWAARNEMING VAN 30 MINUTEN
- TJDSTIP VAN PLAATSIING



2

en één getijde voorafgaand aan de caisson-plaatsing. Ruim zes uur voor de plaatsing werd een eerste verfijning aangebracht, en twee en één uur ervoor nog twee nadere verfijningen. Een door toevallige omstandigheden onbetrouwbare golfwaarneming werd vervangen door een reserve-waarneming. Dat betekende een tijdverlies van 25 minuten. In een aantal gevallen werd tijdverlies geleden tengevolge van elektrische of mechanische storingen. De computer is tweemaal uitgevallen, wat eenmaal leidde tot een vertraging van twee uur. Maar de zwakste schakel in het hele proces bleek de ponser te zijn. Omdat die veelvuldig vastliep was men genoodzaakt er niet alleen een eerste, maar ook een tweede reserve bij te zetten, om onaantvaardbare vertragingen te voorkomen.

De modelproeven gaven aan dat bij niet al te hoge en lange golven al golfklappen kunnen worden verwacht met een kracht boven 20 ton. Vóór de afsluiting kon men niet nagaan of dit wel beantwoordde aan de werkelijkheid. Tijdens de afsluiting heeft men getracht vast te stellen of de modelproeven op een juiste schematisering berustten. Er werd een systeem ontworpen om de bewegingen van de caissons vlak voor het moment van afzinken fotografisch vast te leggen. Voor deze proef-op-de-som was het rustige weer tijdens de plaatsingen een tegenvaller: men kreeg te weinig informatie over de bewegingen van de caissons om de modelproeven er aan te kunnen toetsen. De caissonbewegingen tengevolge van de golfbeweging werden overheerst door die ten gevolge van de sleepbootkrachten. Alleen bij de plaatsing van de landhoofdcaisson aan de Kabbelaarsbank was er wat meer golfslag. Maar de modelproeven

hadden zich beperkt tot de doorlaatcaissons, zodat ook bij deze gelegenheid geen toetsing werd verkregen.

Uit visuele waarneming viel op te maken dat twee van de schematiseringen in de modelproef waarschijnlijk niet met de praktijk in overeenstemming waren. In beide gevallen leek het beeld in de werkelijkheid gunstiger. Een reeds geplaatste caisson gedroeg zich minder als een starre en vaste constructie dan was aangenomen, en de botsing van een drijvende tegen een geplaatste caisson vertoonde meer plastische dan elastische trekken.

Sterke uitschuringen bij of in een sluitgat kunnen de stabiliteit van de afsluitingswerken bedreigen. Evenwichtsverlies is een probleem van de grondmechanica. Bij de veilige dimensionering van sluitgaten komt dus ook die wetenschap te pas. Ook op grondmechanisch gebied moest een ontwikkeling worden door-gemaakt om voor de werken van de Ooster-schelde tot een zo efficiënt, doch tevens zo veilig mogelijke constructie te komen. Vooral de ervaringen bij de afsluiting van het Brouwerhavense Gat waren daarvoor van belang.

Grondmechanische ervaringen bij de afsluiting van het Brouwerhavense Gat

In Bericht nr. 56 (mei 1971) werden enige vragen opgeworpen inzake de stabiliteit van de sluitkaden en de oevers van het Brouwer-shavense Gat en inzake de zettingen die daar-bij optreden. Nu de afsluiting achter de rug is, kunnen mededelingen worden gedaan omtrent de bij die gelegenheid verworven inzichten. Het meest leerzaam waren de ervaringen die men heeft opgedaan bij de taludbewaking, zowel in het noordelijke als in het zuidelijke sluitgat, in de slotfase van de sluiting. Bij beide in het Brouwerhavense Gat toegepaste sluitmethoden bleek het mogelijk ontgrondingen en hun schadelijke gevolgen tegen te gaan door de volgorde van de caissonplaatsingen te veranderen, of door de opbouw van de blokkendam zo te wijzigen dat de stroomaanval werd afgeleid. De afleiding van de stroomaanval op de Schouwense oever, die men trachtte te bereiken door de dam vanuit die oever op te bouwen, slaagde bij-voorbeeld uitnemend, behalve in een korte periode, toen een sterke onregelmatigheid optrad in de oeveruitbouw. Zulke onregel-matigheden hebben hier en elders plaatselijk zeer snel toenemende ontgrondingen ver-oorzaakt. Vanuit dit oogpunt interessant was het evenwichtsverlies dat zich tussen 3 en 5 mei heeft voorgedaan aan de rand van de bodembescherming van het zuidelijke sluitgat.

In dit artikel wordt uiteengezet in hoeverre men erin geslaagd is de taludhellingen te bewaken bij de rand van de bodembescher-ming en de oever, waaruit, indien ze te steil werden, schadelijke zettingsvloeiing gepaard gaande met terugschrijdende erosie zou kunnen ontstaan. Ook wordt toegelicht op welke punten de taludbewaking naar de

huidige inzichten zou kunnen worden ver-beterd.

Dat er in het Brouwerhavense Gat uiteinde-lijk geen extra voorzieningen aan de randen zijn getroffen, zoals bestortingen van de taluds, komt voornamelijk daardoor dat de eerste afschuiving pas optrad toen de sluiting al praktisch voltooid was; ook bleek het niet mogelijk de taludhellingen achter de randen van de bodembeschermingen met voldoende nauwkeurigheid uit de peilingen af te leiden.

De eigenlijke sluitingsperiode duurde in het noordelijk sluitgat van 5 april tot 3 mei, in het zuidelijk sluitgat van 29 maart tot 8 mei. In beide sluitgaten zijn de ontgrondingen ge-durende een lange periode niet van grote betekenis geweest. Pas na 20 april namen ze opmerkelijk toe. De peiling in het noordelijk sluitgat van 20 april gaf aan dat de ontgron-dingen slechts plaatselijk 1,5 m dieper waren geworden sedert het einde van de winter-periode, en 3 m sedert het begin van de winter, terwijl de taludhellingen overal flauw waren gebleven. Toch waren op dat ogenblik al 4 van de 12 caissons geplaatst, en was het profiel in het zuiden al voor meer dan de helft geblokkeerd. Na 20 april kreeg men echter te doen met een toeneming van de maximale snelheden in de beide sluitgaten: er kwam een springtij op. De 25e april werd in het open gat tussen de caissons een snelheid geregistreerd van 3,8 m/sec. Daarna liepen de hoogste snelheden weer terug, tot 3 m/sec. op 1 mei, de dag van de sluiting. De peiling van 27 april, toen 8 van de 12 caissons waren geplaatst, vertoonde als gevolg van de toe-genomen snelheden twee veranderingen: allereerst was, aan beide zijden van het sluit-

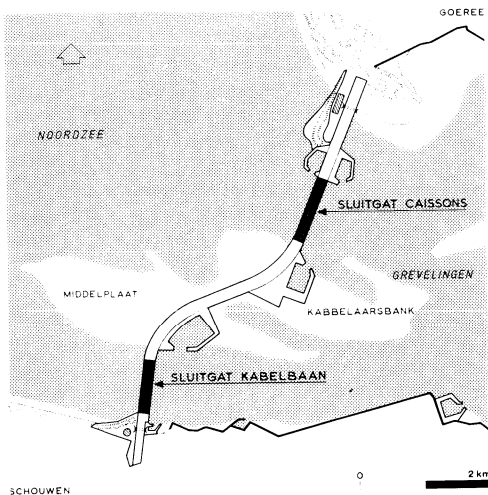
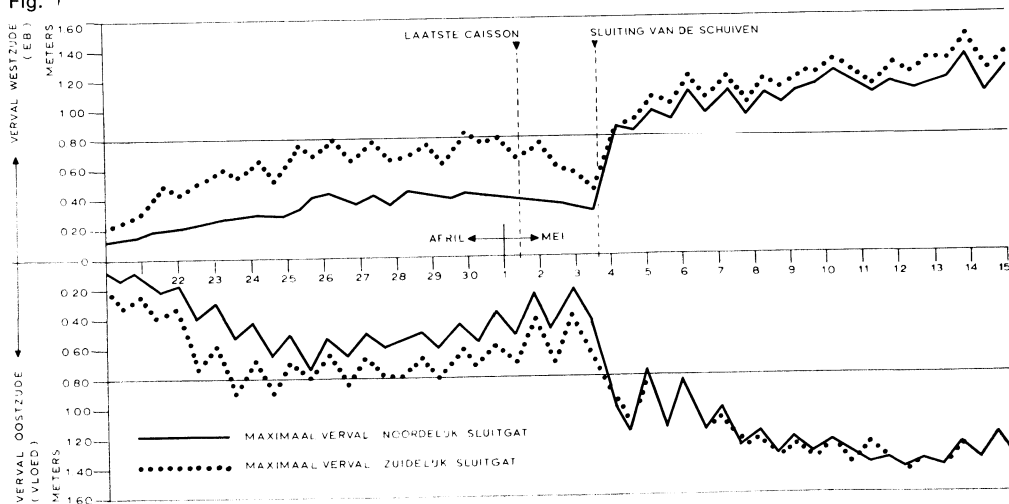


Fig. 1 Maximale vervallen bij eb en vloed als functie van de tijd in de slotfase van de sluiting

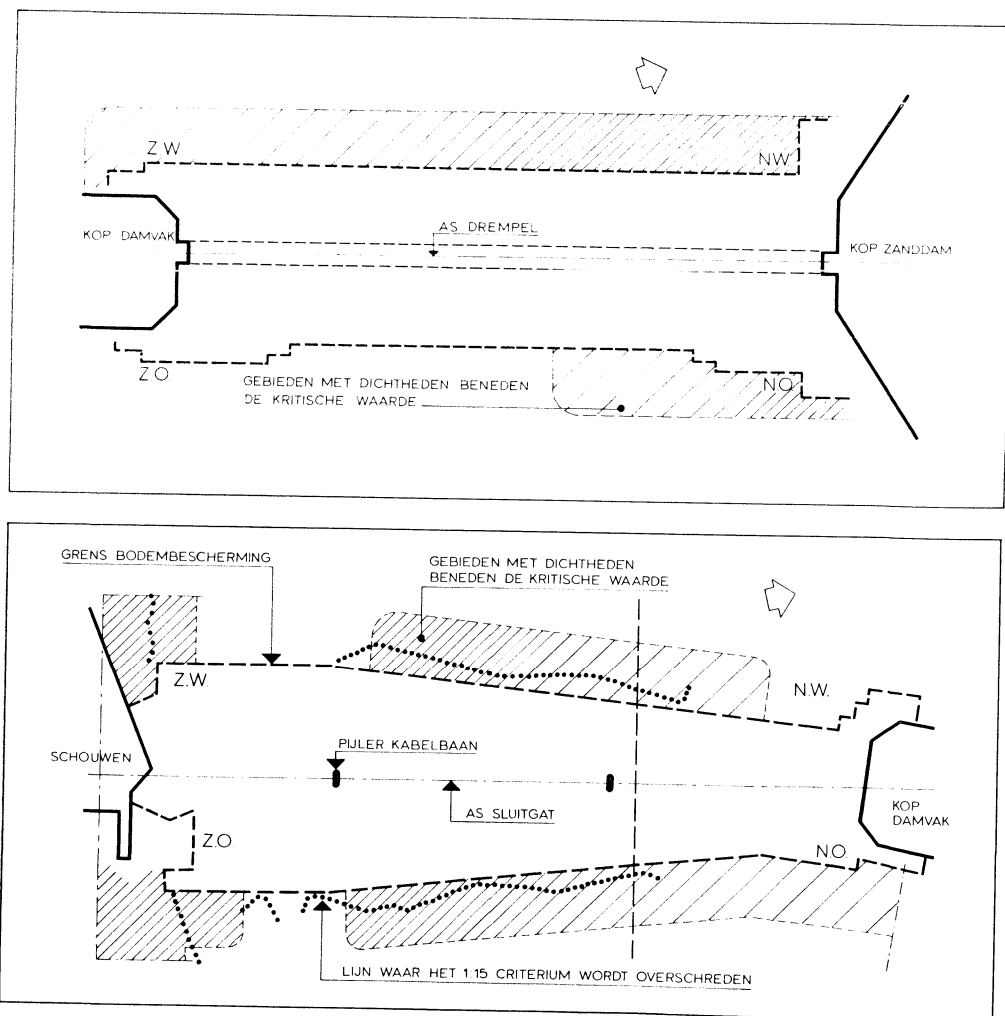
gat, een extra verdieping opgetreden van 1 tot 3 m ten opzichte van een week daarvoor; plaatselijk bij de wervelstraat was de totale ontgrondingsdiepte bij de zuidoostelijke zijde van het sluitgat daardoor opgelopen tot 6 m, en aan de noordwestelijke kant tot 4 m. Ten tweede was de taludhelling aan de zuidoostelijke kant toegenomen tot 1 : 2. Door de minder sterke stroomaanval bij eb was de ontgrondingskuil aan de noordwestkant wel 3 meter dieper geworden, maar niet zo steil. De ontgrondingskuil aan de noordoostelijke kant was met niet meer dan 1 m verdiept; maar ook daar bleek het talud te staan onder een helling van 1 : 2. Voor de stabiliteit van de rand van de bodembescherming werd de zuidoostelijke ontgrondingskuil dan ook de meest gevaarlijke geacht. De wervelstraat die de ontgroning had veroorzaakt, moest zo snel mogelijk noordwaarts worden verplaatst, hetgeen bereikt kon worden door de volgende caissons alle aan de zuidzijde te plaatsen. De peilingen van de volgende drie dagen lieten zien dat deze tactiek slaagde: de kuil schoof duidelijk op. Hoewel de vijf meter diepe ontgrondingskuil bij de eerste wervelstraat nog twee meter dieper is geworden, werd bij de andere ontgrondingskuilen geen verdergaande verdieping meer geconstateerd nadat men de wervelstraten had gedwongen zich te verplaatsen. In dat deel van het sluitgat waarin de caissons geplaatst waren, zijn geen verdere verdiepingen opgetreden, ondanks de toeneming van de snelheden door de open caissons. Die snelheden bereikten trouwens nooit meer de waarden van de stromen door het nog open gedeelte van het sluitgat.

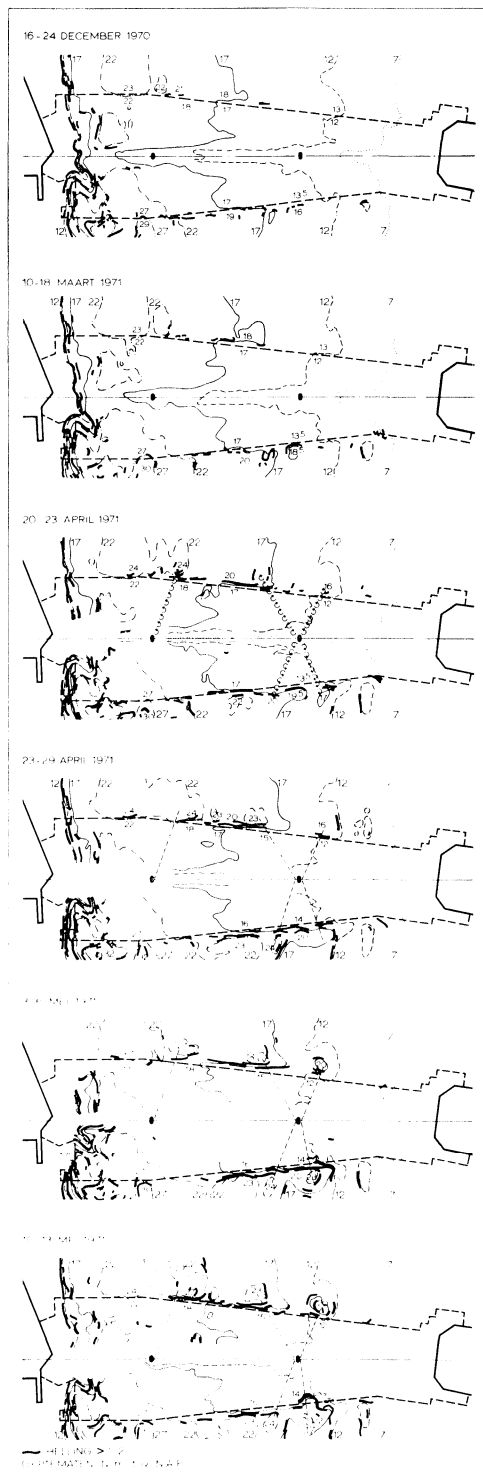
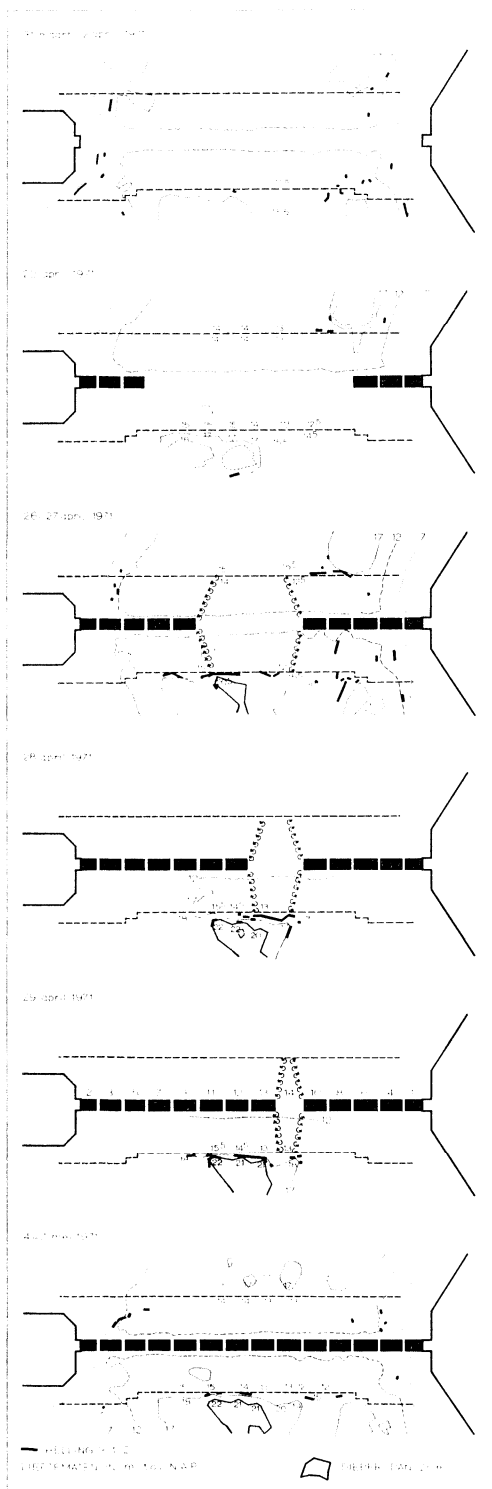
Fig. 1



In het zuidelijk sluitgat gaf de peiling van 20 april nog slechts verdiepingen te zien van plaatselijk 4 m ten opzichte van het begin van de winterperiode, en 1,5 m ten opzichte van het einde ervan. Het springtij dat na 20 april inzette, deed de vervallen echter oplopen tot maximaal 80 cm bij vloed en 70 cm bij eb, terwijl de stroomsnelheid toenam tot maximaal 3,5 à 4 m/sec. Na 29 april liepen ze weer terug; op 3 mei kwam het verval niet hoger dan 60 cm; de stroomsnelheid bleef toen beperkt tot 3 m/sec. Onder invloed van deze ontwikkeling zag men op 29 april gemiddeld 1 tot 4 m diepere ontgrondingen dan op de 20e, en op 3 mei nog eens een verdieping van 1 tot 2 meter. De grootste verdiepingen traden op in vier putten rondom de noordelijke pyloon, en in een put bij de zuidelijke pyloon.

Fig. 2 Peilinterpretaties van ontgrondingen en taludhellingen in beide sluitgaten van het Brouwershavense Gat





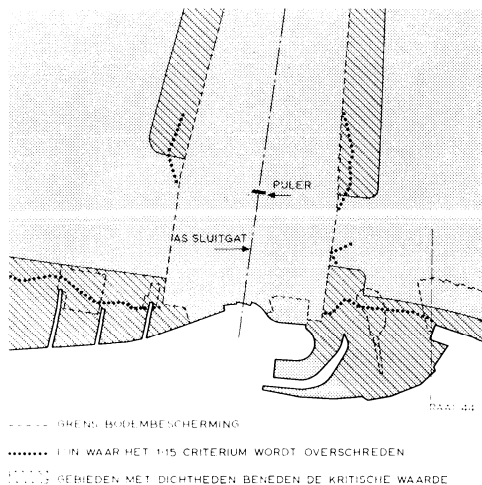


Fig. 3 Ontgrondingen en taludhellingen steiler dan 1 : 2 nabij de Schouwense oever. Gebieden met hellingen steiler dan 1 : 2 zijn zwart gemaakt

De maximale verdieping tussen 20 april en 3 mei bedroeg 9 m, de taludhelling 1 : 2. Toen de caissons werden gesloten, op 3 mei, en daarmee het grondwaterverhang toenam, is tijdens de vloedperiode van 4 of 5 mei bij de diepste ontgronding evenwichtsverlies opgetreden. Hoewel de snelheden en vervallen na de sluiting van de caissons verder toenamen, nam de aanval achter de bodembescherming niet meer toe, omdat de kade al te hoog was opgebouwd. De kruinlijnen van de blokken-dam in figuur 4 laten zien hoezeer de hoogte van de aanstortingen begin april nabij de oever en eind april in de nabijheid van de pylonen afwijkt van de gemiddelde hoogte, en maken het begrijpelijk dat daar extra turbulenties optraden.

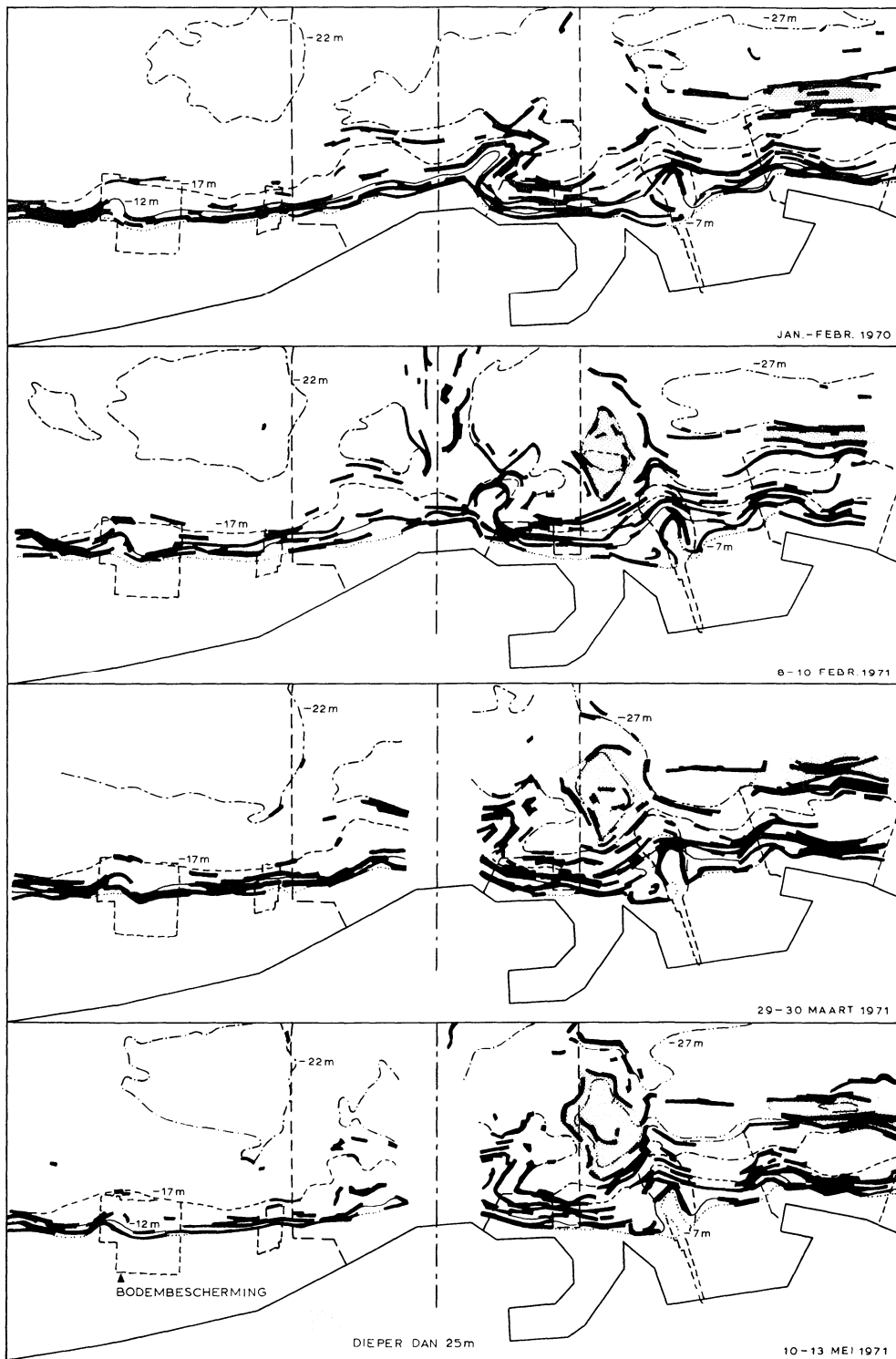
Nog iets nader over het evenwichtsverlies ten noordoosten van de noordelijke pyloon. In opvallend korte tijd had de bodem zich ter plaatse 9 meter verdiept. De toestand van de ontgrondingskuil onmiddellijk voor de val kan in de twee dagen na de peiling van 3 mei nog wel slechter geworden zijn dan de peiling aangeeft. Het talud van de put is nog op de middag van de 3e mei voor de val gepeild. De bodembescherming onmiddellijk ervoor is gepeild op 5 mei, na de val, zoals duidelijk in het dwarsprofiel te zien is (fig. 6). De toestand van de bodembescherming voor en na de val is daardoor goed te reconstrueren, maar de toestand van de ontgrondingskuil onmiddellijk na de val niet.

De steilste gemeten taludhelling vóór het evenwichtsverlies bedroeg 1 : 2,5 over 8 m hoogte. Tijdens de val is de dieper onder het zinkstuk gelegen grond onder een helling van 1 : 15 weggevloeid. Op 30 m binnen de rand van de bodembescherming is de vloeiing tot staan

gebracht. De resten van zinkstukken bleven daar ter plaatse onder een helling van 1 : 2,5 hoogte hangen; duikers hebben daar nog resten hout en doek aangetroffen. Een kleine hoeveelheid toegeschoven grond had de totale diepte van de val kunnen beperken tot 8 m in plaats van 10. De 30 meter teruggang resulteerde in een gemiddelde evenwichtshelling van 1 : 4. Vergelijking van de peilingen van 5 en 13 mei geven ook een teruggang van dit talud te zien over 5 meter. Of zulks representatief geacht mag worden voor terugschrijdende erosie, valt te betwijfelen; de stroomaanval was in die periode immers al sterk afgenomen.

Omdat alles zich afspeelde onder water, was men bij de taludbewaking geheel afhankelijk van peilingen. De frequentie van de peilingen, de snelheid waarmee ze werden geïnterpreteerd en de nauwkeurigheid van de interpretatie dienden aan hoge eisen te voldoen, met name op kritieke momenten.

De wekelijkse totaalpeilingen die tot 20 april in het gehele sluitgat werden verricht, bleken voldoende frequent om de veranderingen te kunnen volgen. De detailpeilingen die van 30 maart tot 2 april en die welke tussen 27 en 30 april in de overgebleven opening tussen de caissons werden verricht, gaven eveneens een voldoende beeld, dank zij het voor dit soort lodingen speciaal uitgeruste schip 'Krabbe'. De frequentie der peilingen in het zuidelijk sluitgat was echter te gering om de daar snel toenemende ontgrondingen tussen 23 april en 3 mei te volgen. De afschuiving tussen 3 en 5 mei kon daardoor onvoldoende worden opgemeten. Maar deze afschuiving kwam dan ook erg onverwacht.



Tot 23 april waren de ontgrondingen ver beneden het minimaal voorspelde gebleven, en het was dan ook een verrassing dat ze in de laatste fase, na sluiting van de caisson-schuiven, plaatselijk zo snel toenamen dat ze de maximaal voorspelde waarden teboven gingen. De afschuiving was daarvan een gevolg.

De nauwkeurigheid van de peilgegevens en de snelheid waarmee ze werden verkregen liet te wensen over vanwege de moeilijke omstandigheden bij de metingen in de laatste fase, die werden veroorzaakt door de grote stroomsnelheid en de sterke turbulentie van het water. De peilingen brachten meer informatie over de bodemtoestand bij elkaar dan ooit bij een dergelijke gelegenheid was verkregen, maar de peilfrequentie was zo hoog, dat grondmechanische interpretatie alleen met

Fig. 4 Gemeten verdiepingen en gemeten en voorspelde ontgrondingsdiepten in het zuidelijk sluitgat

A de opbouw van de blokken-dam

B de ontwikkeling aan de oost-zijde van het sluitgat

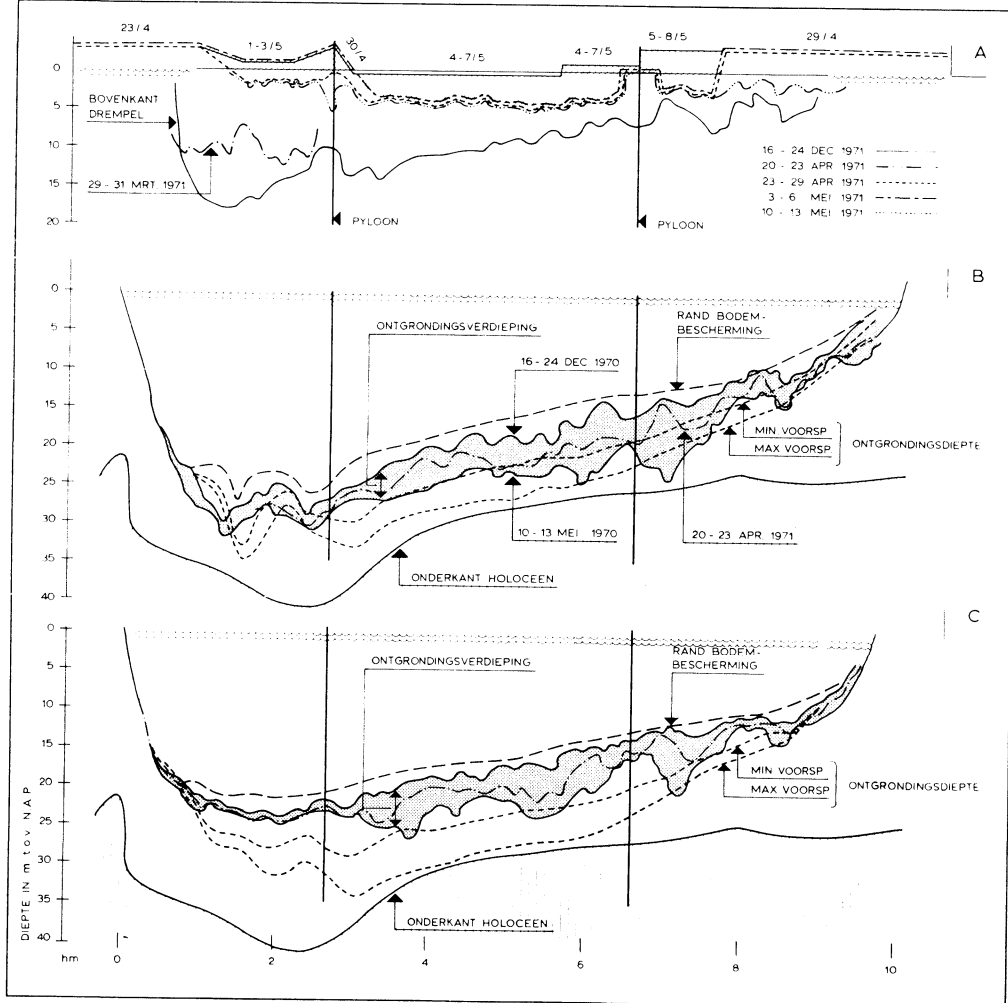
C de ontwikkeling aan de west-zijde van het sluitgat

Fig. 5 Gemeten verdiepingen en gemeten en voorspelde ontgrondingsdiepten in het noordelijk sluitgat

D de uitbouw van de caisson-reeks

E de ontwikkeling aan de oost-zijde van het sluitgat

F de ontwikkeling aan de west-zijde van het sluitgat

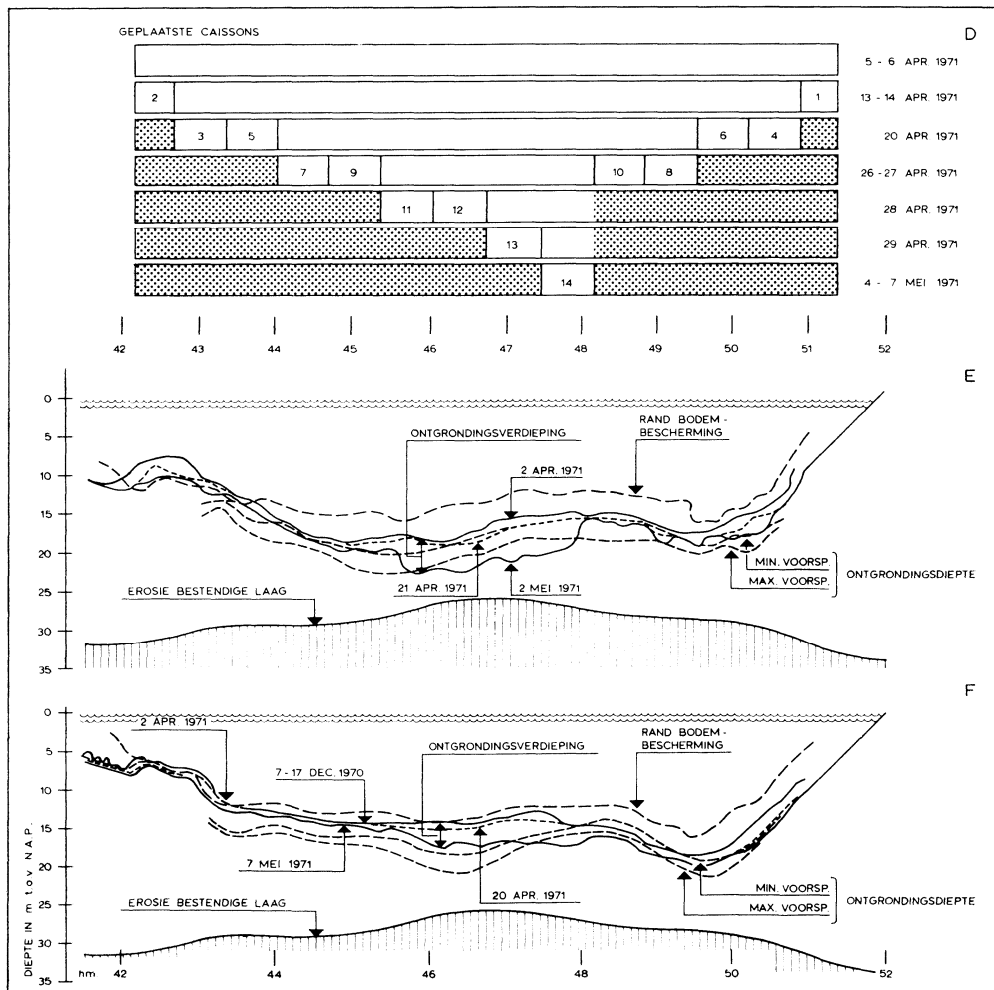


behulp van een reken-automaat mogelijk zou zijn geweest.

Door de toegenomen snelheden bedroegen de plaatsbepalingsfouten soms vele meters, hetgeen bij hellingen van 1 : 4 onaanvaardbare fouten in de dieptebeplating tot gevolg heeft: soms meer dan 2 meter. In fig. 7 is een poging gedaan de peilingen steeds zo te verschuiven dat de stabiele steenglooiing telkens op dezelfde plaats kwam te liggen; daardoor werd een meer reële indruk verkregen van uitschuringen, aanzandingen en dergelijke. Omdat plaatsbepalingsfouten bij het peilen vrijwel onvermijdelijk zijn, is bij de interpretatie vanaf het begin een groot deel van de aandacht gericht geweest op het vaststellen van de aanzethellingen van ontgrondingskuilen. Plaatsbepalingsfouten binnen één peiling worden daarmee geëlimineerd. Hoewel

5

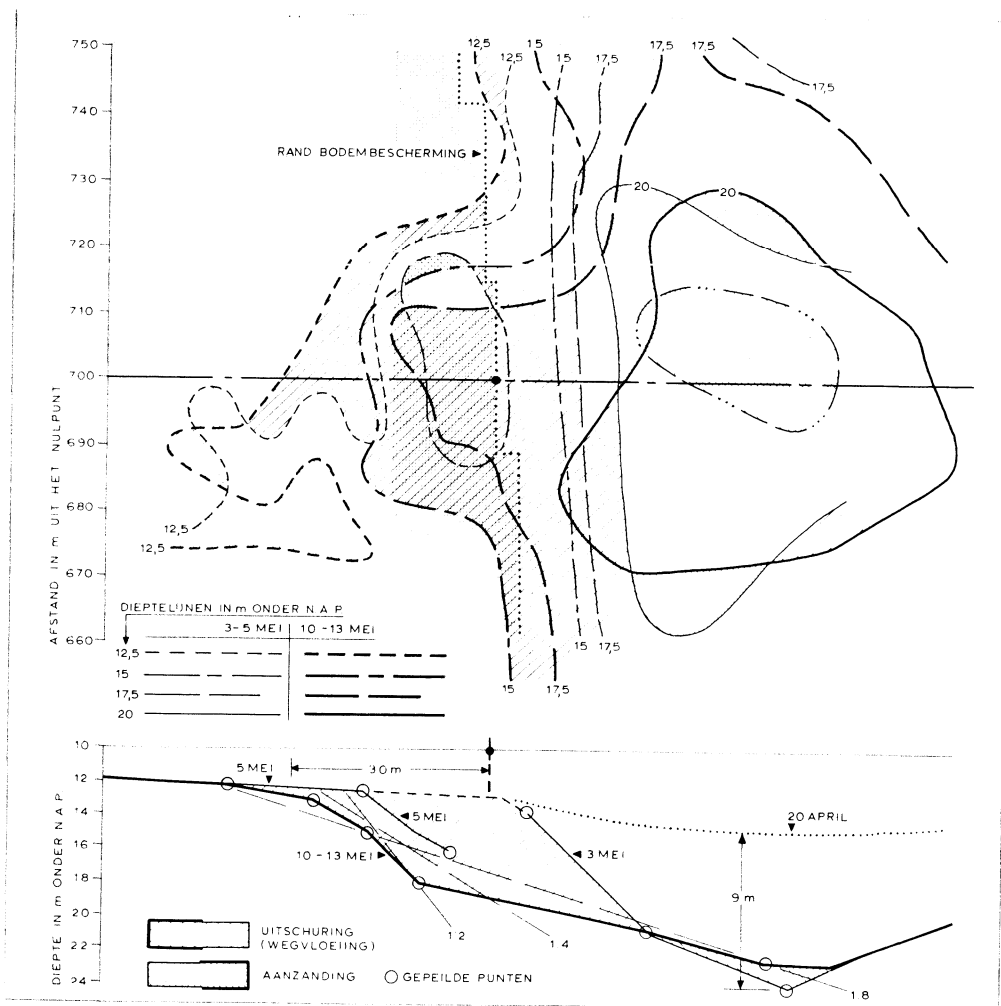
de peilpunten dicht bij elkaar lagen – men had bijvoorbeeld 4 punten op een talud van 10 m onder een helling van 1 : 4 – kon toch de plaats van de rand van de bodembescherming niet nauwkeurig worden vastgesteld. Met name de vaststelling van de aanzethelling tussen een punt op het talud en een punt op de bodembescherming had iets willekeurig. Figuur 8 geeft verschillende pogingen weer om de aanzethellingen uit te zetten als functie van de diepte van de ontgrondingskuil. Als men de oeverpeilingen in figuur 9 vergelijkt met de minder intensief gepeilde stukjes oever uit de serie peilingen van het zuidelijk sluitgat, ziet men wat een verbetering er optreedt in de interpretatie wanneer de peilpunten dichter opeen liggen. Verbetering van de interpretatie werd ook verkregen wanneer men de dieptelijnen om de 1 meter intekende,



in plaats van om de 2,5 meter (fig. 6). Dat vereist echter zoveel tekenwerk, dat geautomatiseerde interpretatie de enige weg lijkt naar effectieve taludbewaking.

Het evenwichtsverlies ten noordoosten van de noordelijke pyloon in het zuidelijk sluitgat moet veroorzaakt zijn door een combinatie van een steil talud, slechte dichtheid en toegenomen grondwaterverhang. De sterke verdieping werd veroorzaakt door een stroomcontractie met sterke turbulentie tengevolge van een onregelmatigheid in de blokkendam ter plaatse van een pyloon. De toeneming van het grondwaterverhang was te wijten aan de grotere vloedvervallen die over de blokkendam ontstonden na het sluiten van de caisson-schuiven. Dat even steile taluds elders, zoals aan de oostkant van de caissondrempel waar

Fig. 6 Het evenwichtsverlies van de rand van de bodembescherming in het zuidelijk sluitgat
links: gebaseerd op dieptelijnen om de 2,5 m
rechts: gebaseerd op dieptelijnen om de 1 m

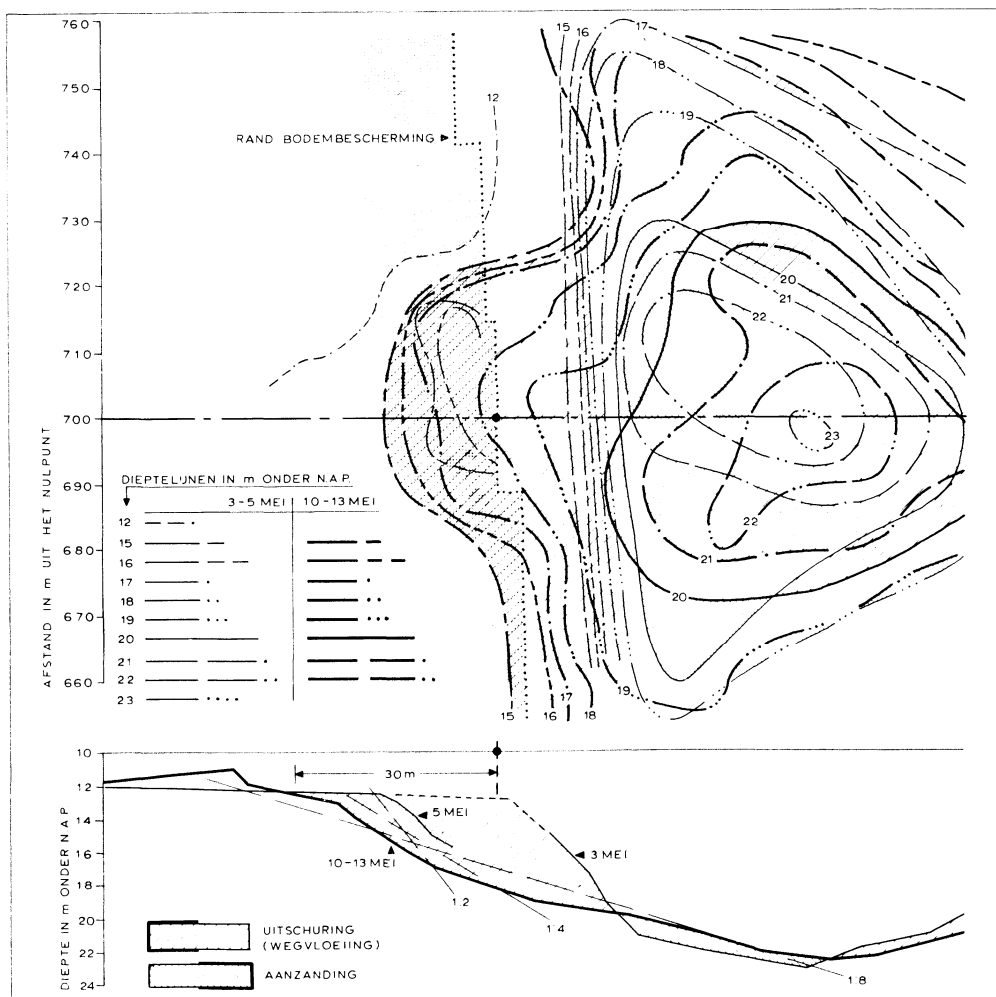


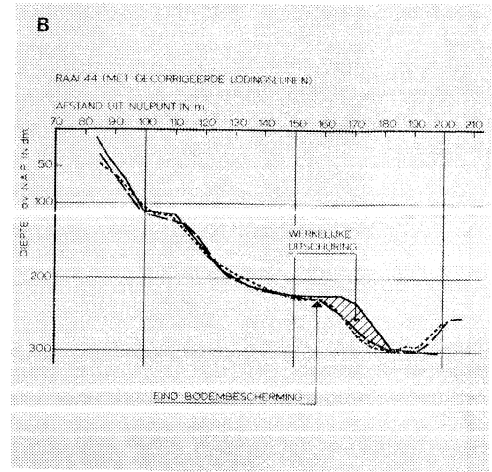
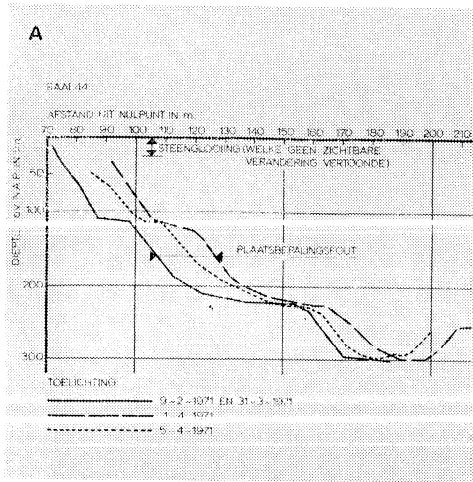
ze werden veroorzaakt door een wervelstraat, niet afschoven, had verschillende oorzaken. De bodem bij de caissons had een betere dichtheid. De steile taluds aan de westzijde van het zuidelijk sluitgat hadden ofwel een minder diepe ontgrondingskuil, ofwel er kwamen geringere grondwaterverhangen in voor. De dichtheid van de bodem was er even slecht als aan de oostzijde.

Uit het evenwichtsverlies bleek dat de bodembescherming in het voor zettingsvloeiing meest kritieke gedeelte van de sluitgaten inderdaad kon voorkómen dat plaatselijk stabiliteitsverlies uitliep op een zettingsvloeiing; de schade bleef immers beperkt tot een gemiddelde evenwichtshelling onder de bezinking van 1 : 4 en daarachter van 1 : 15. Het in Bericht nr. 56 genoemde hellingscriterium van 1 : 15 als veilige grens voor

evenwichtshellingen van zettingsvloeiingen hoeft op de rand van met trekvast bezinkingen beschermde drempels niet altijd te worden toegepast. Blijft de rand van de bodembescherming voldoende stabiel, dan kan men de grondmechanische veiligheid nog juist verzekerd achten, wanneer de lengte van de bodemverdediging viermaal zo groot is als de daarbij maximaal te verwachten ontgronding. Dit getal geldt daarom als de ondergrens bij ongunstige bodemgesteldheid. Wordt de lengte van een met een trekvast rand uitgeruste bodemverdediging gelijk gemaakt aan 15 keer de daarbij maximaal te verwachten ontgrondingsdiepte, dan is de ingebouwde veiligheid ruim voldoende voor grondmechanische stabiliteit. Daar heeft men dus de bovengrens.

Over de snelheid waarmee een afschuiving





zich eventueel achterwaarts in de richting van de drempel kan voortplanten (zogenaamde terugschrijdende erosie), zijn in het Brouwershavense Gat geen inlichtingen verkregen. Een afschuiving zou een niet trekvaste bodemverdedigingsrand zo kunnen beschadigen dat er hernieuwde uitschuring optreedt in de richting van de dam, en het verschijnsel zich herhaalt. Dit wordt uitermate ongunstig geacht, omdat terugschrijdende erosie op de lange duur ook bij een brede bodemverdediging kan leiden tot ondermijning van de afsluitdam zelf, dan wel de stabiliteit van de caissons in gevaar brengt, of, aan de oever,

de afschuiving inleidt van een hoogwaterkering.

Bij de afsluiting van het Brouwershavense Gat is echter wel gebleken dat men in dezen niet machteloos staat. Bij toekomstige toepassingen van beide sluitingsmethoden kan de terugschrijdende erosie worden verzwakt, niet alleen door de rand van de bodembescherming zo sterk mogelijk te maken, maar ook door de stroomaanval af te leiden.

Nadere beschouwing van de grafiek van de aanzethellingen als functie van de ontgrondingsdiepte, als weergegeven in figuur 8, leidt nog tot de volgende algemene opmer-

Tabel I. Overzicht gemeten en voorspelde ontgrondingsverdiepingen en -dieptes

beschouwde traject	Oostzijde (vloed)			
	winter-diepte	zomer-verdieping	totale diepte	voorspelde diepte (minimaal)
Zuidelijk sluitgat				
Schouwense oever – 1e pyloon	3,5	1,5 (30 %) *	5 (100 %) *	5
1e pyloon – 2e pyloon	2,5	4,5 (70 %) *	7 (100 %) *	7
2e pyloon – Middelplaat	2	3 (60 %) *	5 (100 %) *	5
max. kuil 1e pyloon	—	—	—	—
max. kuil 2e pyloon	2	10 (150 %) *	12 (200 %) *	6
Noordelijk sluitgat				
Kabbelaarsbank – 4e caisson	0-4 ■	1 (25 %) **	3 (60 %) **	5 (maximaal)
5e caisson – 8e caisson	2,5	5 (80 %) **	7,5 (120 %) **	6
8e caisson – Springersdiep	2 ■	10 (20 %) **	3 (60 %) **	5

Fig. 7 De uitschuring onder de Schouwense oever werd pas zichtbaar toen een meting met plaatsbepalingsfouten (A), was gecorrigeerd (B)

kingen. Bij ontgrondingen vanaf 1 meter komen reeds hellingen voor van meer dan 1 : 4, en bij 5,5 meter ontgronding vindt men hellingen van 1 : 2. De meeste ontgrondingskuilen van meer dan 8 m diep stonden onder een helling steiler dan 1 : 2. In de diepste ontgrondingskuil, die 11 m mat, is evenwichtsverlies opgetreden. Er waren geen verschillen waarneembaar in het verband tussen ontgrondingsdiepte en helling bij vergelijking van het verschijnsel in het zuidelijke sluitgat en aan de oostzijde van de caissonrempel. De invloed van de aard van het bodemmateriaal kon niet worden vastgesteld, omdat alle taluds

voorkwamen in hetzelfde holocene zand, waarin sterke afwisseling optreedt van zandlagen en kleilagen. In de erosiebestendigheid van de lagen onder het holocene zand kon men derhalve ook geen inzicht krijgen.

Figuur 4 geeft een beeld van de verdiepingen die in de sluitingsperiode optraden tussen de pylonen en de verdiepingen ter plaatse van de laatste caissons. De verdiepingen aan de westzijde van de caissons zijn iets minder groot dan die aan de westzijde van de sluitkade, aan de oostzijde zijn ze iets groter dan aan de overeenkomstige kant van de blokkenkade. De gemiddelde diepte van de ontgrondingen tussen de pylonen kwam aan de oostzijde overeen met de voorspelde minimale waarde; aan de westzijde bleef ze daar 30 % onder. Drie van de vier kuilen die rondom de noordelijke pyloon ontstonden ten gevolge van stroomcontracties werden daarentegen dieper dan zelfs de maximale voorspelling aangaf.

- * percentages ten opzichte van minimum voorspellingen
- ** percentages ten opzichte van maximum voorspellingen
- mede door aanzanding ontstaan
- mede door inbaggering ontstaan

Westzijde (eb)

winter diepte	zomer verdieping	totale diepte	voorspelde diepte (minimaal)
2,0	0,5 (10 %)*	2,5 (40 %)*	6
2	4 (50 %)*	6 (75 %)*	8
2	2 (40 %)*	4 (80 %)*	5
1,5	6,5 (80 %)*	8 (100 %)*	8
1,5	7,5 (80 %)*	9 (130 %)*	7

(maximaal)

1	0,5 (10 %)**	1,5 (30 %)**	4
0,5	3,5 (60 %)**	4 (67 %)**	6
3■	1 (20 %)**	4 (80 %)**	5

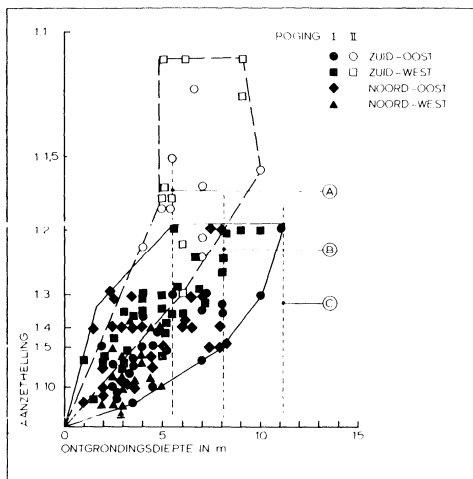


Fig. 8 Verband tussen ontgrondingsdiepte en aanzethelling volgens een gunstige (I) en een ongunstige interpretatie (II)

A diepte waarboven een helling 1 : 2 kon voorkomen
B diepte waarboven een helling 1 : 2 veelvuldig voorkwam
C diepte waarboven afschuiving optrad

Fig. 9 Vergelijking van een peilinterpretatie op grond van een oeverpeiling met kleine afstanden tussen de peilpunten (links), en van een sluitgatpeiling met grote afstand tussen de peilpunten (rechts)

8

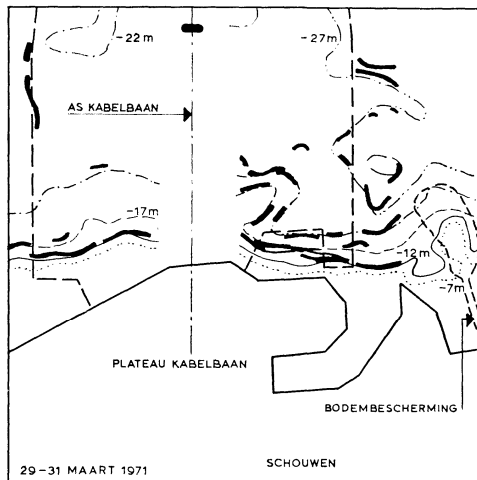
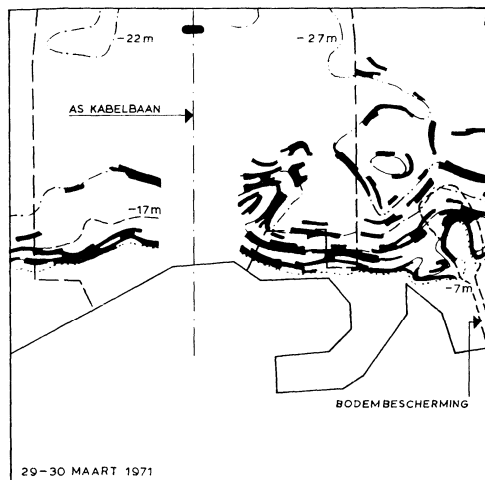
Bij de laatste caissons in het noordelijk sluitgat was de ontgrondingskuil aan de oostzijde iets dieper dan maximaal was voorspeld, aan de westzijde iets minder diep. De verdiepingen onder de Schouwense oever en onder de oevers van het noordelijk sluitgat zijn waarloosbaar klein gebleven ten opzichte van de ontgrondingen die waren voorspeld. Alle verdiepingen op deze plaatsen zijn opgetreden vóór de sluiting. De verdieping onder de Schouwense oever, die gemiddeld 3 meter bedroeg, is volledig ontstaan gedurende de winterperiode.

Tabel I, die de werkelijk opgetreden ontgrondingen vergelijkt met de voorspellingen, maakt onderscheid tussen ontgrondingsdieptes en ontgrondingsverdiepingen. Ontgrondingsdieptes worden gemeten ten opzichte van de rand van de bodembescherming, ontgrondingsverdiepingen stelt men vast door de diepteligging van een punt op twee tijdstippen te vergelijken. De voorspellingen betreffen alleen de totale ontgrondingsdiepte aan het einde van de sluitingsperiode. Ze worden samengesteld uit de verdiepingen die in het model in verschillende opbouwfasen voor en tijdens de sluiting zijn gemeten. In het model zijn twee bouwprogramma's vergeleken, waarvan het ene de minimale, het andere de maximale voorspelling opleverde. Achteraf is gebleken dat het werkelijke bouwprogramma in het zuidelijk sluitgat overeenstemde met een programma met minimale verdiepingen en het noordelijk sluitgat met een programma met maximale verdiepingen. Dat de ontgrondingen in het zuidelijk sluitgat in de laatste fase toch nog onverwachts snel toenamen, werd veroorzaakt deels door het springtij, deels door onregelmatigheden in de

damopbouw. Samenvattend kan men stellen dat de voorspelling, het bovenstaande in aanmerking genomen, ten aanzien van tendens van de ontgrondingen en taluds goed is geweest; alleen bij sterke turbulenties overschreden de werkelijke waarden de voorspelde. Bij de interpretatie en de opzet van voorspellingen dient men dus steeds rekening te houden met verschillen in gemeten en voorspelde ontgrondingen onder invloed van springtij of een andere oorzaak van groot verval, die in de modelproef niet voorzien was.

Ook de twee andere stabiliteitsproblemen in het Brouwershavense Gat, dat van de blokken-damfundering en dat van de fundering der kabelbaanpylonen zijn tot tevredenheid opgelost (tabel II). Peilbuismetingen tijdens het afzinken van de caissons met behulp van in de caissonbodem ingebetonnerde buizen toonden aan dat de toevoer van water door de drempel niet werd belemmerd; er werd diens-tengevolge geen opwaartse kracht uitgeoefend op het drempelmateriaal. Metingen die bij maximaal verval werden uitgevoerd na de sluiting der schuiven lieten zien dat vrijwel het volledige verval werd gekeerd door de aanstorting aan de zeezijde. Daaruit bleek dat het probleem van de onderloopsheid voldoende is bedwongen door de aanstortingen, en dat de gelijkmatigheid van de drempel alleen bepaald hoeft te worden door eisen van de gelijkmatige oplegging der caissons.

De zettingen zowel als de zettingsverschillen van de pijlers der kabelbaanpylonen hebben niet meer bedragen dan 3 cm. De zettingen van de blokkendam konden tijdens de afsluiting niet worden gemeten. Voorspeld waren zettingen tot maximaal 60 cm. Meting



9

van de zetting en inklinking van naast de blokkendam opgesloten zandlichamen gaf de indruk dat werkelijkheid en voorspelling goed overeenkwamen.

De zettingen van de caissons bedroegen onder het aanbrengen van ballast hoogstens 14 cm. Tussen twee hoekpunten van een caisson kwamen daarbij zettingsverschillen voor van hooguit 6,2 cm. Deze waarden zijn klein in vergelijking met de laatst gepeilde hoogteverschillen in de drempel, die lagen in de orde van grootte van een halve meter. De bodem van de tot 1 oktober opgespoten damvakken bij de caissons heeft nergens meer zetting ondergaan dan 12 cm, terwijl 20 cm voorspeld was.

Tabel II. Maximale voorspelde en gemeten zettingen en zettingsverschillen

plaats	periode	gemeten totalen	gemeten zettings- verschillen	voorspelde zettings- verschillen	toelaatbare zettings- verschillen
pylonen	voor en tijdens afsluiting	0,5 cm betonkrimp + 2,5 cm puntzetting	geen	geen	enkele cm
blokkendam	tijdens en na afsluiting	40 cm extra klink + zetting bij ophoging van 8 naar 14 m	geen	60 cm totaal 30 cm verschil	geen eisen
caisson(dam)	voor ballasten na ballasten tijdens opspuiten	— 6 cm < 13 cm	3 cm 6 cm 5 cm	} 20 cm totaal 10 cm verschil	} 15 cm

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Brouwershavense Gat

Sinds 3 mei, de dag dat men begon aan de opbouw van het zandlichaam van de dam door het Brouwershavense Gat, is 16,5 miljoen m³ zand in het werk gebracht; daardoor is het zandbedrijf nu vrijwel voltooid.

Ongeveer tot het begin van de bouwvakvakantie, op 10 juli, hebben zes zandzuigers continu, dat wil zeggen gedurende 168 uur per week, aan het aanvoeren van zand meegewerkt; twee profielperszuigers in het noordelijke sluitgat, twee profielluipers, een bakkenladende bodemzuiger en een sleephopperzuiger in het zuidelijke sluitgat. Alleen de sleephopperzuiger werkte aan de zeezijde van de dam. Na de bouwvakvakantie werd met drie profielperszuigers verder gewerkt. Twee daarvan werkten tot en met 6 augustus in dubbele dienst, 95 uur per week, en één in enkele dienst, 47,5 uur per week. De andere drie zuigers waren intussen afgevoerd. Van 6 augustus af zetten twee zuigers het werk voort in enkele dienst. Begin oktober zullen ook zij van het werk worden afgevoerd.

Voor de fabricage van 193 000 ton asfaltbeton – 88 000 ton voor de aanleg van wegen en 105 000 ton voor de opbouw van talud-

bekleding – en van 38 000 ton gietasfalt staan op de dam door het Brouwershavense Gat drie asfaltinstallaties opgebouwd, de grootste op het damvak Kabbelaarsbank, twee kleinere op de damvakken Middelplaat en Springersdiep. Voorlopig moest het asfaltbedrijf op de taluds wachten op het zandbedrijf. Op de damvakken Middelplaat en Kabbelaarsbank heeft men in die tijd de oostelijke rijbaan van de autosnelweg aangelegd over een lengte van 3 km. Na de bouwvakvakantie waren de werkzaamheden aan de opbouw van de damvakken in de sluitgaten zover gevorderd dat begonnen kon worden aan het aanbrengen van asfaltbekledingen aan de zeezijde. Eind september was de 16 m brede en 25 cm dikke slab gietasfalt die aan de zeezijde het talud moet beschermen, gereed. Ook de met gietasfalt gepetreeerde glooiing op het buitenbeloop is tot een hoogte van N.A.P. + 4 m gereed gekomen, evenals de tussen deze beide in gelegen buitenberm van 25 m breed, die ligt op N.A.P. + 5 m.

Aan de meerzijde van de damvakken in de sluitgaten is een houten teenschot gemaakt, en zijn kraagstukken aangebracht. Boven het teenschot zijn glooiingen vervaardigd van Portugees graniet en koperslabblokken. In de haven van West-Repart werd een keerwand geheild van stalen damwand.

Na de sluiting van het Brouwershavense Gat zijn ongeveer 50 000 betonblokken overgeschoten; die worden afgevoerd naar het werkeiland Neeltje Jans in de Oosterschelde, en daar opgeslagen in afwachting van gebruik bij de Oosterscheldesluiting. De kabelbaan is vrijwel geheel afgebroken. De nog bruikbare onderdelen zijn afgevoerd naar opslagruimten op het terrein van de werkhaven Schelphoek. De gewapend-betonnen pylonen en de verankeringsconstructies zijn met springstof opgeblazen; de resten zijn in het zandlichaam van de dam begraven.

Oosterschelde

Werkhaven Schelphoek

In daarvoor op het haventerrein opgestelde loodsen en op een gereserveerd gedeelte van het open terrein werden onderdelen opgeslagen van de gedemonterde kabelbaan over het Brouwershavense Gat.

Vanuit deze haven werd in de verslagperiode de afvoer onderzocht van 50 000 stuks bij de sluiting van het Brouwershavense Gat niet verwerkte blokken beton van 2½ ton per stuk.

Werkhaven Sophiapolder

In de verslagperiode werden aangevoerd en in depot opge-

slagen, dan wel overgeslagen: voor verwerking in het werkeiland Noordland: 161 000 ton mijnsteen, 60 000 ton stortsteen en 80 000 bossen rijshout.

Werkeiland Neeltje Jans

De werkzaamheden aan het werkeiland Neeltje Jans kwamen gereed; het werk werd voor de eerste maal opgeleverd. 50 000 blokken beton van het Brouwershavense Gat werden er in depot opgestapeld.

Werkeiland Noordland

De benodigde hoeveelheid zand van 1 800 000 m³ werd in de verslagperiode grotendeels aan-

gebracht. Daarenboven werd 45 000 m² zinkstuk gelegd en verwerkte men 120 000 ton mijnsteen. De taludverdediging van gepenetreerde stortsteen aan de zeezijde kwam voor driekwart gereed.

De betonglooijing aan de noordzijde van het eiland is bijna geheel en die aan de zuidzijde voor eenderde deel voltooid. Begonnen werd met de aanleg van een glooijing van asfaltbeton boven de betonblokkenglooijing. Een deel van de mijnsteenperskade aan de zeezijde werd bij wijze van proef in de tijzone vervangen door meer golfslagbestendig zandasfalt.

Op zondag 30 september kapseisde het asfaltschip 'Jan Hey-

mans' in de werkhaven. Er waren geen persoonlijke ongelukken. Naar het zich laat aanzien zal er nagenoeg geen stagnatie in de voortgang van de werken optreden ten gevolge van dit ongeval.

De dam door het Brouwershavense Gat, gezien van zuid naar noord. Stand van het werk op 4 augustus 1970



Verantwoording van de foto's

Aero-Camera	400 (onder)	417							
Aerocarto	389	396	397	400 (boven)					
Aerophoto Eelde	401 (onder)								
Blazer	412								
de Feijter	391								
Hofmeester	401	411	439						
Mastboom	400 (midden)								
Nationaal Foto	410 (onder)								
Rijkswaterstaat	390	404	408	409	410	414			

Inhoud

Officiële ingebruikstelling van de Haringvliet-
dam 443

A. De werken van het Deltaplan

De afdeling Milieu-onderzoek van de Delta-
dienst 444

Keuze van een afsluitingsmethode voor de
Oosterschelde 448

Helikopters als eventueel hulpmiddel bij de
afsluiting van de Oosterschelde 451

Enkele overwegingen bij de inrichting van
nieuwe gebieden in de Delta 459

Operationele waterlooppkundige begeleiding
van de caissonsluiting in het Brouwershavense
Gat 469

De eerste gevolgen van de afsluiting van het
Grevelingenbekken 476

De uitbreiding van het sluizencomplex in het
Volkerak 483

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

Versterking van een gedeelte van de zee-
wering bij Hoofdplaat in Zeeuws-Vlaanderen
487

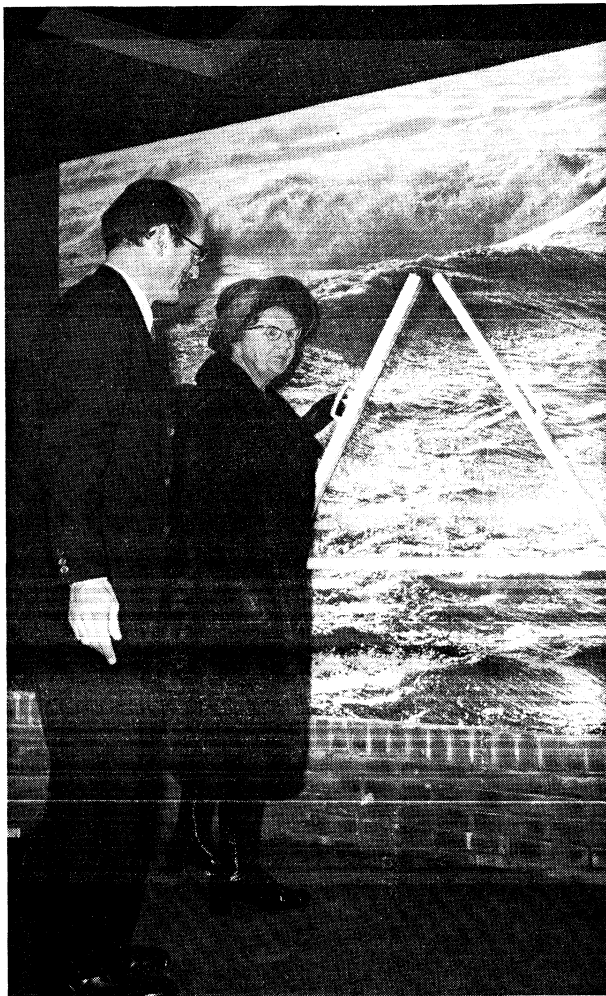
Vorderingen 491



Officiële ingebruikstelling van de Haringvlietdam

Op maandag 15 november 1971 heeft H.M. de Koningin de afsluitdam door het Haringvliet officieel voor het verkeer opengesteld. Voor deze gelegenheid was een groot aantal genodigden bijeengekomen, waaronder velen die op een of andere manier bij de bouw van de dam en van de daarin opgenomen kunstwerken zijn betrokken geweest. Geen ander Deltawerk heeft zo'n lange bouwphase achter de rug. Al in 1956 werd met de aanleg van werkhavens begonnen, en met het ontwerp van de grote uitwateringssluizen was men toen al lang bezig. Voor een groot aantal mensen zijn de werken in het Haringvliet een deel van hun leven geworden. De officiële ingebruikstelling werd daardoor mede een reünie van oude bekenden.

Onder de officiële gasten bevonden zich de minister van Verkeer en Waterstaat en de Commissaris der Koningin in de provincie Zuid-Holland. De minister hield een rede. Daarna verrichte de Koningin een symbolische handeling. Door contact te maken tussen twee scharnierende neonbuizen deed zij een Delta-driehoek oplichten tegen de achtergrond van een grote foto van de Noordzee tijdens storm. Onmiddellijk in aansluiting daarop hoorden en zagen de genodigden bekende klanken en beelden, die herinnerden aan de stormramp in 1953 en de kamerbehandeling van de Deltawet, waarna in grote kleurendia's de reeds gereed gekomen onderdelen van het Deltaplan de revue passeerden; het beeldverhaal werd afgesloten met enkele opnamen van de bouw van de Haringvlietdam. Vervolgens maakte Hare Majesteit een rit door de gemeente Hellevoetsluis in een oude autobus, die veertig jaar geleden dienst heeft gedaan tussen Brielle en Hellevoetsluis. In



een wat modernere bus reeds zij aan het hoofd van een lange stoet over de dam, die daarmee officieel in gebruik genomen was. De Koningin maakte daarna een rondrit die haar ook over de Brouwersdam voerde, en keerde vandaar naar Hellevoetsluis terug. Vissersvloten, vliegtuigen en klassen schoolkinderen vrolijkten de gebeurtenis op.

Na de lunch maakte de Koningin een rondvlucht over de Deltawerken, waarbij zij onder meer het proefbedrijf met een helikopter in de Oosterschelde aan de gang zag. De overige genodigden zetten hun reünie voort in de hal van een autobedrijf te Hellevoetsluis, waar zij door continue projectie op 16 schermen tegelijk alle bouwfasen van de Haringvlietdam en de sluisen nog eens in beeld gepresenteerd kregen.

A. De werken van het Deltaplan

In deze Berichten werd al eerder enkele malen aandacht besteed aan het milieu-onderzoek in het Deltagebied. Ongeveer een jaar geleden is bij de Deltadienst voor deze problematiek een afzonderlijke afdeling opgericht, als onderdeel van de Afdeling Waterhuishouding, Milieu-onderzoek en Inrichtingswerken.

In deze afdeling kunnen de in Bericht 55 en 57 (februari en augustus 1971) aan de orde gestelde problemen op een brede basis worden aangepakt.

De diepe ingreep in het milieu van zuidwest-Nederland die de Deltawerken veroorzaken, vraagt erom met grote aandacht te worden bestudeerd en begeleid. Het half-natuurlijke milieu dat na de afsluitingen ontstaat, mag niet volledig aan zijn lot worden overgelaten. In aansluiting op de primaire werken voor het Deltaplan zullen in het kustgebied en in het gebied van de Deltawerken nog verscheidene aanvullende of corrigerende voorzieningen moeten worden getroffen, onder meer om de als het ware nieuw ter beschikking gekomen gebieden voor velerlei bestemmingen in te richten en ook om een kwalitatief en kwantitatief optimale waterbeheersing te verkrijgen.

Behalve door de uitvoering van het Deltaplan maakt het zuidwesten van ons land, ongeveer vanaf het moment dat met de Deltawerken een begin werd gemaakt, ook anderszins een zeer dynamische ontwikkeling door. In de eerste plaats dient hierbij te worden gedacht aan de nieuwe haven- en industriegebieden, zowel aan de noordelijke als langs de zuidelijke randen van het Deltagebied. Ook deze ontwikkeling betekent veelal een forse ingreep in het natuurlijk milieu van de Delta. De voorzieningen die zullen moeten worden getroffen in aansluiting op de afsluitingswerken en de maatregelen die verband houden met de sociaal-economische ontwikkeling van de Delta, zullen elkaar stellig dikwijls beïnvloeden, ze kunnen elkaars effect versterken, maar ze kunnen ook met elkaar in strijd zijn. Het doel van de activiteiten van de nieuw opgerichte afdeling Milieu-onderzoek is nu het uitbrengen van wetenschappelijk gefundeerde, op de Deltaproblematiek gerichte adviezen met betrekking tot de inrichtings- en beheers-

De afdeling Milieu-onderzoek van de Deltadienst

aspecten van natuurlijke, half-natuurlijke en kunstmatige milieus. Doordat in elk afzonderlijk geval zoveel factoren en belangen in overweging zullen moeten worden genomen, zal het onderzoek breed moeten worden opgezet. Niettemin wordt verwacht dat de adviezen doorgaans tijdig genoeg beschikbaar zullen komen om er bij het plannen van ingrepen rekening mee te kunnen houden. Onder het begrip milieu-onderzoek vallen, indien het als boven omschreven wordt gehanteerd, vele en zeer omvangrijke activiteiten van wetenschappelijk onderzoek. Het zou bepaald een misverstand zijn indien men meende dat het alleen milieu-hygiënische kwesties omvatte. Bepaalde facetten van het milieu-onderzoek zijn in Nederland al bij velerlei gespecialiseerde diensten en instituten in studie, soms al gedurende lange tijd. Het spreekt welhaast vanzelf dat het niet de bedoeling is van de afdeling Milieu-onderzoek van de Deltadienst om zulke onderzoeken te dupliceren. Veelmeer ligt het in de bedoeling bij de onderzoekingen naar de milieu-problematiek van zuidwest-Nederland bundelend, stimulerend en waar nodig aanvullend op te treden.

De wetenschappelijke staf van deze afdeling is dienovereenkomstig samengesteld uit academici van verschillende disciplines. Vanaf begin 1972 is de afdeling gevestigd te 's Heer Arendskerke, gemeente Goes. Vestiging niet in Den Haag, maar middenin het onderzoeksgebied, leek vele voordelen te hebben, en was bovendien niet moeilijk te verwezenlijken. In het vrijwel nieuwe raadhuis van 's Heer Arendskerke, dat sinds dit dorp tot de gemeente Goes behoort leegstond, kon een goed onderkomen worden gevonden.

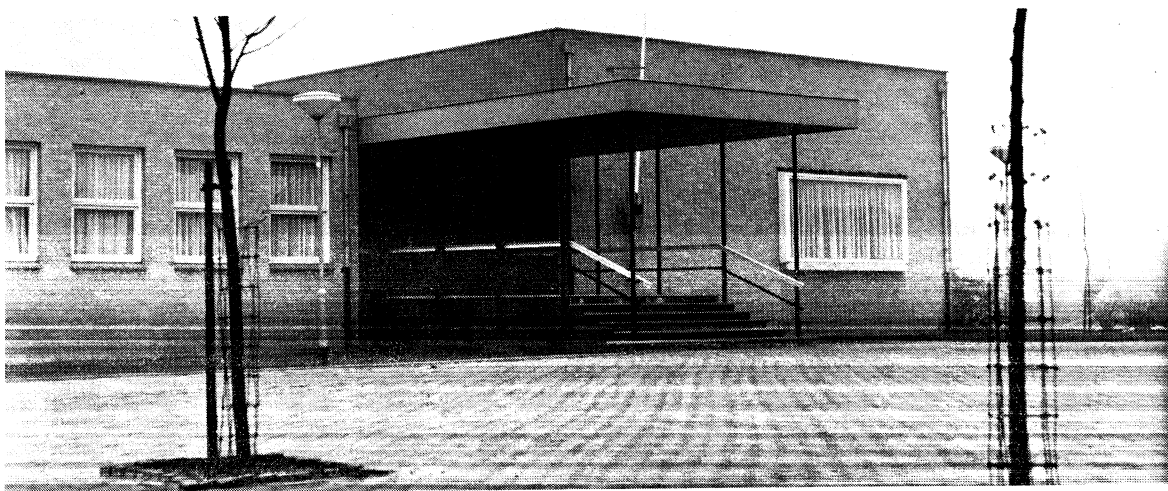
Te Goes was al gevestigd een bureau van de afdeling Waterhuishouding, dat ook voorheen verkenningen verrichtte in het Deltagebied, en dat nu op eenvoudige wijze aan de nieuwe afdeling kon worden verbonden.

Het laboratoriumwerk zal worden verricht in ook vroeger als laboratorium gebruikte ruimten in het gebouw van het Landbouwcentrum te Goes.

De samenstelling van het onderzoeksprogramma komt tot stand in samenspraak met tal van verwante instituten waarmee wordt samengewerkt. De werkzaamheden worden begeleid door een stuurgroep waarin het Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Leersum en Arnhem, het K.N.M.I. te De Bilt, het Biologisch Station Weevers' Duin te Oostvoorne en het Delta-Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te

Yerseke door hun directeuren vertegenwoordigd zijn; voorzitter van de groep is het Hoofd van de Deltadienst.

Van de instellingen waarmee wordt samengewerkt moeten, behalve de reeds opgesomde, nog worden genoemd: het Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater te Voorburg; de Inspectie voor de Volksgezondheid, belast met het toezicht op de Hygiëne van het Milieu, te Leidschendam; het Rijksinstituut voor Volksgezondheid te Bilthoven; het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren; het Instituut voor Gezondheidstechniek T.N.O. te Delft; de Drinkwaterleiding van Rotterdam; de N.V. Kema te Arnhem; en verschillende Universiteiten en Hogescholen. De afdeling Milieu-onderzoek zal zich in de komende jaren met name gesteld zien voor de



Het voormalige raadhuis van 's Heer Arendskerke, thans behuizing van de afdeling milieu-onderzoek van de Deltadienst

taak, de coördinatie te bevorderen van te verrichten systematische lange-termijn-onderzoeken in het Deltagebied van milieu-hygiënische, biologische, bodemkundige en fysische aard; ze zal leemten in de kennis op al die terreinen moeten opsporen, en ze aanvullen door middel van gerichte meer fundamentele korte-termijnonderzoeken. Ten aanzien van het milieubeheer en de in dit verband te treffen maatregelen zal ze adviserend optreden. Daarbij zal ze contacten leggen en in stand houden tussen onderzoekers en onderzoeksinstituten enerzijds en de uitvoerders en beheerders van werken anderzijds. Ook zal ze als raadgeefster kunnen fungeren voor andere overheidsdiensten, waar het kwestie betreft van milieu-onderzoek in het Deltagebied.

Ter illustratie van de vraagstukken die binnen de werksfeer van deze afdeling vallen, diene een kort overzicht van de vraagstellingen, die, wat betreft water, bodem en lucht in het Deltagebied, thans aan de orde zijn.

Water, bodem, lucht

Het onderzoek naar de milieufactoer *water* is in hoofdzaak gericht op de toekomstige kwaliteit van het oppervlaktewater van het Deltagebied. In dit complex van problemen kan de zorg voor de waterkwaliteit niet los worden gezien van het kwantitatieve waterbeheer, dus ondermeer van de zorg voor een zo goed mogelijke verdeling van het beschikbare water. Bij beide aspecten moet een zeer groot aantal gevarieerde belangen in overweging worden genomen. Met betrekking tot de waterkwaliteit vragen enige kwesties met name de aandacht; dat zijn:

- hoe zal de kwaliteit van het water van Rijn en Maas zich in de komende jaren ontwikkelen en welke verandering zal de kwaliteit van het door deze rivieren aangevoerde water ondergaan in het Hollands Diep, het Haringvliet en later in de zuidelijke Deltabekkens?

- welke invloed heeft het (oude) land op de waterkwaliteit?

- in hoeverre kan de kwaliteit van het in de zuidelijke bekkens in te laten en het erin aanwezige water worden verbeterd door reiniging, of door beperking in de lozing van verontreinigende stoffen?

- welke wisselwerking zal er blijken te bestaan tussen water en bodem in de Deltabekkens? Behalve de processen van sedimentatie en erosie moet worden onderzocht in welke mate het bodemslib de kwaliteit van het water beïnvloedt en welke invloed het water kan uitoefenen op de bodem van schorren, slikken en zandplaten.

- welke wisselwerking treedt er op tussen de atmosfeer en het water als gevolg van processen als diffusie en aëratie?

Reeds bij eerste inventarisatie van de kennis aangaande deze vraagstukken bleek dat er grote leemten bestaan in de beschikbare gegevens. Een belangrijk hulpmiddel bij de invulling van het ontbrekende zullen metingen en experimenten zijn in en op de reeds afgesloten Deltawateren met hun sterk verschillende milieu-omstandigheden, te weten: het zoete Brielse Meer (afgesloten in 1950; oppervlakte 4 km², gemiddelde diepte 5 m, grootste diepte 15 m); het brakke Veerse Meer (afgesloten in 1961; oppervlakte 18 km²; gemiddelde diepte 5 m, grootste diepte 25 m);

het zoete Haringvlietbekken (afgesloten in 1970; oppervlakte 120 km², gemiddelde diepte 5 m, grootste diepte 40 m); het zoute tot brakke Grevelingenbekken (afgesloten in 1971; oppervlakte 115 km², gemiddelde diepte 5 m, grootste diepte 45 m).

In deze wateren en ook in nog andere buiten- en binnenwateren van het Deltagebied zal het verloop van talrijke fysische, chemische, biologische en bacteriologische kwaliteits-indicatoren worden onderzocht. Daartoe is in overleg tussen de samenwerkende diensten en instituten een gecoördineerd programma opgesteld voor het nemen van water- en slibmonsters en het onderzoeken ervan in de verschillende ter beschikking staande laboratoria. Zowel bij de bemonstering als bij de analyse zal, evenals bij de waarnemingen in de natuur, waar mogelijk gebruik worden gemaakt van automatische apparatuur. Onderzocht wordt of ook de verwerking van de analyse- en waarnemingsresultaten kan worden geautomatiseerd en of er op den duur een automatisch bewakingssysteem van de kwaliteitsindicatoren kan worden ontworpen dat belangrijke afwijkingen van de als gemiddeld aangenomen waarden meldt. Bestudering van de verzamelde gegevens omtrent het verloop van de waterkwaliteit in bekkens met verschillende milieus moet op den duur de kennis opleveren die het mogelijk maakt gewenste verbeteringen of verfijningen in te voeren in het systeem van waterbeheersing in het Deltagebied.

Behalve dit systematische onderzoek op lange termijn worden er ook meer gerichte onderzoeken van korte duur verricht, zoals naar de eutrofiëring in langzaam stromende of stilstaande wateren. Men neemt aan dat de periodieke algenbloei in zulke wateren voor een belangrijk deel te wijten is aan het fosfaatgehalte van het water. In het Brielse Meer zal nu op praktijkschaal worden onderzocht welke kwaliteitsverbetering in dit opzicht kan worden verkregen door het in te laten water, dat grotendeels geleverd wordt door de Rijn en de Maas, te defosfateren. Men wil dat bereiken door aan het in te laten water een – eventueel wisselende – hoeveelheid ijzersulfaat toe te voegen, met als maximale toevoeging 6 mg Fe/liter. Het ijzerfosfaat dat zich dan vormt, slaat neer, waardoor het water fosfaat verliest.

Ook aan de koelwaterlozing zal aandacht worden besteed. Er is op het ogenblik een breed onderzoek gaande naar de mogelijke vestigingsplaatsen voor elektriciteitscentrales langs de Deltawateren; daarbij spelen uiteraard meer factoren een rol dan alleen de be-

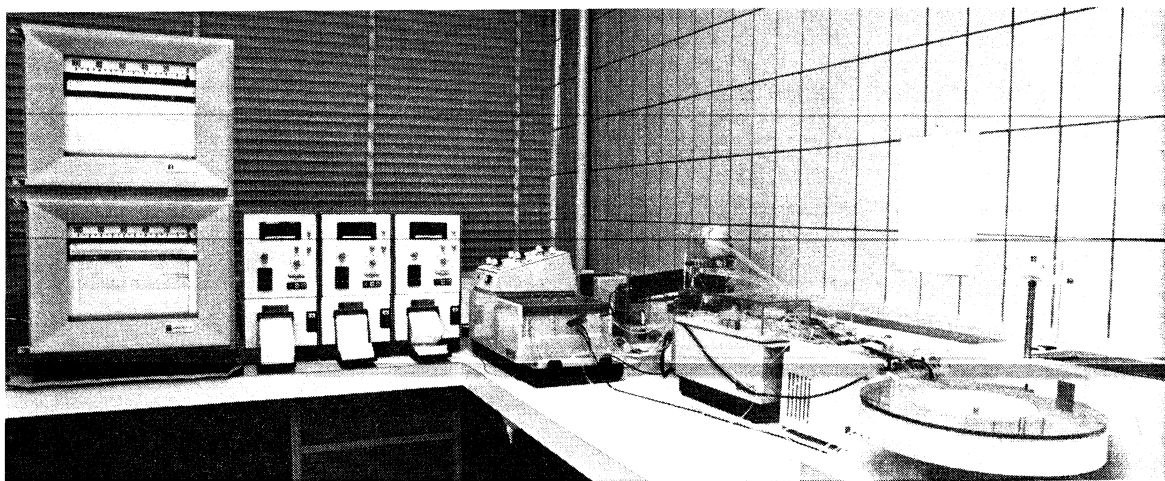
langen van het milieu. Tenslotte moet in verband met het water nog herinnerd worden aan het belang van deze milieu-factor bij de talrijke onderzoeken die zich richten op het klimaat in het Deltagebied.

De bestudering van de *bodem* als milieu-factor omvat studies betreffende sedimentatie en erosie, de samenstelling van de bodem en de veranderingsprocessen die zich in de verschillende typen buitendijkse gronden afspelen. Deze onderzoeken moeten gegevens opleveren die van gewicht zijn voor de belangenafweging bij de inrichting van buitendijkse gebieden en voor de uitvoering van bepaalde inrichtingsplannen.

Al jaren wordt er aandacht besteed aan de te verwachten morfologische ontwikkelingen in het Deltagebied en in de onderwaterdelta voor

de kust. Daar zullen immers, onder meer onder invloed van de afsluitingswerken, grote veranderingen optreden. Over deze aangelegenheid verschenen al artikelen in Bericht 43 (februari 1968) en 55 (februari 1971). Ook zullen studies worden gewijd aan de sub-aquatische bodem van rivieren en bekkens, teneinde na te gaan op welke wijze bodem en waterkwaliteit elkaar beïnvloeden. Bodemveranderingen in de buitendijkse gebieden zullen diepgaande invloed uitoefenen op de plaatselijke flora en fauna. De overgangszone van bodem en water verdient bij het onderzoek naar die veranderingen bijzondere aandacht. Korthedshalve wordt hiervoor verwezen naar artikelen in Bericht 41 en 42 (augustus en november 1967).

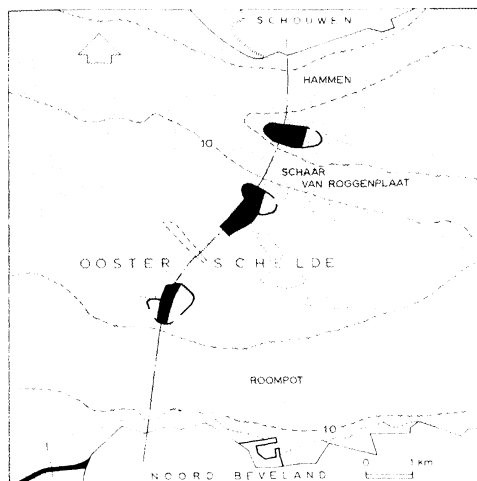
De *lucht* als milieu-factor is reeds lange tijd



De auto-analyzer in het laboratorium te Goes maakt drie analyses tegelijk van 40 water-monsters per uur

object van onderzoek voor de Werkcommissie voor Klimatologisch Onderzoek in het Delta-gebied, waarvan melding werd gemaakt in Bericht 56 (mei 1971). Behalve de afsluiting der zeearmen zullen ook micro-klimatologische veranderingen van allerlei aard invloed uitoefenen op het milieu. De indruk bestaat dat die invloed niet onaanzienlijk zal zijn. Uit de opsomming hierboven blijkt wel dat talloze onderzoeken moeten worden verricht. De voortgang van de afsluitingswerken maakt dat een belangrijk deel van deze onderzoeken in een stringent tijdschema moet worden gevat. Coördinatie en bundeling van krachten zijn dan ook een eerste vereiste. Aan het besluit tot oprichting van een afdeling Milieu-onderzoek bij de Deltadienst heeft onder meer dit besef ten grondslag gelegen.

Keuze van een afsluitingsmethode voor de Oosterschelde



Voor de afsluiting van de drie grote getijgeulen in de Oosterschelde, de Roompot, de Schaar van Onrust en de Hammen, heeft men de keus tussen de twee bekende principes die in het vorige Bericht uitvoerig werden besproken, namelijk de 'plotselinge' sluiting of blokkering door middel van zeer grote drijvende eenheden, en de meer geleidelijke methode, waarbij het geulprofiel met veel kleinere bouwelementen gelijkmatig wordt opgevuld, hetzij met behulp van schepen, hetzij met behulp van een kabelbaan. Dit zijn althans de twee methoden die tot op heden bij de Deltawerken zijn toegepast en verder ontwikkeld.

Bij het opstellen van een afsluitingsplan voor de zeegaten in het zuidwesten van ons land, die een samenstel zijn van ondiepe platen en diepe geulen, en waarvan de figuratie zich wegens de gemakkelijk uitschuurbare bodem ook gemakkelijk aan veranderde stroomsituaties kan aanpassen, streeft men ernaar het geulen- en platenstelsel in en nabij het damtracé zo stabiel mogelijk te houden. Drastische veranderingen in het geulen- en bankenpatroon zouden immers ook het stroompatroon in het tracé ingrijpend veranderen, hetgeen voor de uitvoering van het werk bijzondere en moeilijk te overziene risico's zou meebrengen.

Op grond van deze algemene overweging wordt voor de afsluiting van de grote zeegaten een systeem gevolgd waarbij de ondiepe platengebieden het eerst worden afgesloten en pas op het laatst de grote geulen; het getijregime wordt op die manier zo lang mogelijk betrekkelijk onaangetast gelaten. Ook bij de Oosterschelde volgt men deze werkwijze: eerst zijn er damvakken op de

platen gebouwd, en pas nu zullen de drie genoemde zeer grote geulen worden gedicht. Men kan deze geulen echter niet tot het laatste moment onverlet laten. Als men de stroom over de platen blokkeert, neemt hij in de geulen noodzakelijkerwijs toe. De geulen zullen daardoor van nature uitschuren en mogelijk ook hun loop enigszins wijzigen. Om het bestaande geulenprofiel niettemin te handhaven, zal men het door middel van een bodembescherming ter plaatse van het tracé vast moeten leggen. Dit vastleggen is trouwens in een later stadium al zonder meer noodzakelijk om stabiele drempels te kunnen opbouwen als fundering voor de sluitmiddelen die men in de eindfase in de geulen aan moet brengen. Deze drempels lokken echter op hun beurt weer reacties van de stroom uit, die tot wijzigingen van de zandbodem leiden in het gebied dat aan de drempels grenst. Hoewel deze wijzigingen van lokale aard zijn en het systeem in zijn geheel niet behoeven aan te tasten, zal men daarom toch ook deze drempels zoveel mogelijk aan het bestaande reliëf willen aanpassen, en ze daarin zo weinig mogelijk willen doen uitspringen.

Tenslotte zal men dan in de slotfase de koe bij de horens moeten vatten, en zullen ook de grote getijgeulen zelf moeten worden afgesloten. Ook dan zal men het zeegat zo weinig mogelijk kans moeten geven daarop te reageren met gevaarlijke veranderingen, zoals plotselinge verschuivingen van geulen, gevaarlijke erosie of hinderlijke aanzandingen. Men zal er daarom in beginsel naar moeten streven deze laatste fase zo snel mogelijk te voltrekken, en tegelijk de verhoudingen in het patroon van getijverhangen en -stromen over

Het tracé van de afsluiting
gezien van zuid naar noord.
Tussen Schouwen en het werkeiland Roggenplaat de stroomkeul Hammen; tussen de werkeilanden Roggenplaat en Neeltje Jans de Schaar van Onrust; tussen het werkeiland Noordland en Noord-Beveland de Roompot, op de foto dus geheel vooraan

de breedte van het zeegat tijdens het blokkeren van de geulen zoveel mogelijk in stand te houden. Hierbij zal men er in het bijzonder tegen dienen te waken dat de stroom zich in sterkere mate op één der geulen gaat concentreren, waardoor dwarsverhangen zouden ontstaan en het stromingspatroon zou worden verstoord.

Beide afsluitingsmethoden, zowel de caissonsluiting als de geleidelijke sluiting van de geulen, kunnen bij de Oosterschelde zo worden toegepast, dat met de genoemde beginselen in voldoende mate rekening wordt gehouden. Uitsluitend vanuit deze hoofdbeginselen gezien heeft de geleidelijke sluiting ten opzichte van de caissonsluiting het voordeel, dat de drempels in de hoofdgeulen beter aan het profiel van die geulen kunnen worden aangepast, – ze hoeven



namelijk niet horizontaal te liggen – en dat plaatselijke reacties op de drempel bij een geleidelijke sluiting dus beperkter zullen kunnen zijn. De caissonsluiting heeft echter weer het voordeel, dat daarbij, – de drempels eenmaal aanwezig – het geulensysteem verder zo lang mogelijk nagenoeg onaangetast blijft. De feitelijke sluiting wordt in dit geval geconcentreerd op één kort moment, het sluiten van de schuiven, dat zo goed mogelijk kan worden gekozen en voorbereid. Bij de caissonsluiting is dus uiteindelijk het overrompelingseffect groter en krijgt de stroom minder kans zich te weer te stellen.

Op grond van deze simpele overwegingen kon de keus van de afsluitingsmethode – met caissons of geleidelijk, of mogelijk een combinatie van beide, zoals bij de Grevelingendam, bij het Brouwershavense Gat en eigenlijk ook bij het Haringvliet werd toegepast – nog niet worden gemaakt. Daarvoor was het nodig beide methoden uitvoeriger te analyseren en de daarbij naar voren komende verschillende aspecten nader te betrekken op de feitelijke situatie zoals die zich in de Oosterschelde voordoet. Bij dit nader onderzoek is niet gebleken dat een van beide methoden zich uit zuiver technische overweging zeer uitdrukkelijk als de beste presenteert. Beide hebben ten opzichte van de andere hun voor- en nadelen, hun mindere en meerdere risico's, die echter kwantitatief niet steeds precies tegen elkaar kunnen worden afgewogen. Met name was het moeilijk sommige waterloopkundige aspecten af te wegen tegen daarmede strijdige desiderata die uit het oogpunt van de uitvoering moesten worden gesteld. Een verdere voortzetting van dit onderzoek, bijvoorbeeld met voortgezet modelonderzoek en nadere becijferingen, zou ons op dit punt niet veel verder meer kunnen brengen, en de afweging van pro's en contra's moest dan ook voor een belangrijk deel op ervaring en praktisch inzicht worden gebaseerd. Het spreekt vanzelf, dat bij het afwegen ook de tijdsfactor en de financiële aspecten niet buiten beschouwing konden worden gelaten; ja zelfs zijn het, omdat technische mogelijkheden en risicoberekeningen niet voldoende waren om een beslissing te dicteren, uiteindelijk voor een belangrijk deel de factoren tijd en geld geweest die de keuze hebben bepaald. Gekozen is voor een geleidelijke en gelijktijdige sluiting van alle drie de hoofdgeulen van de Oosterschelde, waarbij zoveel mogelijk andermaal gebruik zal worden gemaakt van onderdelen van de twee kabelbanen met bijbehorende motorgondels die eerder hebben dienst gedaan bij de sluiting

van de Grevelingen en het Haringvliet, respectievelijk bij die van het Brouwershavense Gat. Men stelt zich voor een nieuwe baan te bouwen over de Roompot, en van de twee al bestaande banen de nog geschikte onderdelen weer te gebruiken bij de opbouw van kabelbanen over de Schaar van Onrust en over de Hammen. Uiteraard betekent hergebruik van materieel een financieel voordeel. Daarnaast is de tijdsfactor van meer dan gewone betekenis, omdat door de afsluiting van het Volkerak in de wateren ten zuiden van de afsluitdam een stromingssituatie is ontstaan die bij lang voortduren toenemende risico's met zich zou brengen. Er is in deze Berichten al meer op gewezen dat in de wateren onmiddellijk ten zuiden van de dam de hoogwaterstanden aanmerkelijk zijn verhoogd en de laagwaterstanden verlaagd. Dit heeft een aanpassing nodig gemaakt van de langgelegen dijken. Deze aanpassingen dragen echter slechts een tijdelijk karakter. Een tweede factor is, dat op het traject Zijpe-Oosterscheldemond de snelheid van de ebstroom belangrijk is toegenomen, plaatselijk zelfs met 25 %. Aanmerkelijke verdiepingen en geulverplaatsingen zijn hiervan het gevolg, en waakzaamheid is daarom geboden. Hoe korter dan ook de periode tot de afsluiting van de Oosterschelde duurt, hoe beter. Aan de hand van de thans beschikbare gegevens wordt verwacht dat een geleidelijke sluiting sneller te realiseren zal zijn dan een caissonsluiting, en deze overweging heeft dan ook mede bijgedragen tot de keuze van de te bezigen sluitingsmethode.

Een van de voordelen die de methode der geleidelijke sluiting biedt, is dat men minder dan bij de caissonsluiting gebonden is aan één bepaald hulpmiddel. In beginsel is het bijvoorbeeld mogelijk om, nadat de basis van de afsluitdam in de diepere gedeelten met behulp van onderlossers en steenstorters is aangebracht, ook bij de verdere geleidelijke opbouw van de sluitkade naast of in plaats van een kabelbaan vaartuigen en ander drijvend materieel te gebruiken.

Recentelijk is ook de mogelijkheid onderzocht om het bouw materiaal vanuit de lucht af te werpen; over de proef die daartoe met een helikopter is gedaan, worden elders in dit nummer mededelingen gedaan. Het ligt vooralsnog niet in het voornemen een van de hier genoemde alternatieve mogelijkheden toe te passen *in plaats* van een kabelbaan; mocht het gekozen systeem echter door onvoorziene oorzaken gedurende een kritieke periode falen, dan zouden zij wellicht uitkomst kunnen bieden.

De drie grote stroomgeulen van de Oosterschelde zullen tegelijkertijd worden gesloten volgens de methode van geleidelijke sluiting met behulp van kabelbanen. De gelijktijdigheid is een absoluut waterloopkundig vereiste. Zou de sluiting van één der geulen achterblijven bij die van de andere, dan zou een gevaarlijke situatie ontstaan. Hoewel de kabelbaan een betrouwbaar instrument is gebleken, leek het daarom toch gewenst voor noodgevallen te kunnen beschikken over een alternatief hulpmiddel waarmee een onverhoopt tijdelijk falen van een of meer kabelbanen snel en efficiënt zou kunnen worden opgevangen.

Gedacht is aan helikopters. Er zijn de laatste jaren zeer krachtige helikopters ontworpen, die aanzienlijke vrachten kunnen vervoeren en ze met grote precisie aan de grond brengen. Helikopters met een laadvermogen van 10 ton, die thans in bedrijf zijn, vervoeren net zo veel nuttige last als een motorgondel van het type dat gebruikt werd bij de sluiting van de Grevelingen en het Rak van Scheelhoek. In november en december 1971 is een proef gedaan om vast te stellen of een helikopter inderdaad een bruikbaar transportmiddel is voor stortmateriaal dat bij het maken van beteugelingsdammen nauwkeurig en met grote hoeveelheden in continu-dienst moet worden aangebracht. Als proefobject werd gekozen de opbouw van een 350 m lange stroomgeleidende krib met een 1 m brede kruin op N.A.P. + 2 m bij het werkeiland 'Neeltje Jans'. Als stortmateriaal werden betonblokken gebruikt van 2,5 ton stukgewicht uit de bij de sluiting van het Brouwershavense Gat overgebleven reserves. Verondersteld werden een helling van het talud van 1 : 1, en een holteruimte-percentage van 43. Bij dit theoretisch profiel zouden 6500 blokken nodig zijn. Als transportmiddel werd een Sikorsky Skycrane van het type S-64 beproefd. Het toestel was ter beschikking gesteld door het Amerikaanse leger. Het laadvermogen van deze vliegende kraan bedraagt ruim 9 ton. De gewichtsverdeling was tijdens de proef globaal als volgt:

gewicht lege helikopter (verschillende overbodige onderdelen, zoals de grote centrale lier, die 230 kg weegt, waren verwijderd)	8 280 kg
laadsysteem	340 kg

Helikopters als eventueel hulpmiddel bij de afsluiting van de Oosterschelde

bemanningsgereedschap, kleine onderdelen	450 kg
betonblokken	7 500 kg
totaalgewicht zonder brandstof	16 570 kg
brandstof (ongeveer 3100 liter)	2 480 kg
totaalgewicht	19 050 kg

Het toestel is uitgerust met twee Pratt- en Whitney-motoren van 4500 pk voor de aandrijving van de hoofd- en de staartrotor, en een motor van 75 pk die dient als startmotor en tevens voor de stroomvoorziening wanneer het toestel aan de grond staat. Het brandstofverbruik van de helikopter bedroeg gemiddeld over de proef, waarbij veelvuldig ge- en geaccelereerd moest worden, ongeveer 2 000 liter kerosine per vlieguur. De bediening van het toestel geschiedde door twee piloten. Voorin zat de commandant-vlieger, in dit geval een officier van het Amerikaanse leger, en achterin een tweede vlieger, behorende tot het personeel van de Sikorsky-fabrieken, die het laden en storten regelde. Tijdens het laden nam hij de besturing grotendeels over, en bij het lossen bediende hij de stortknop. Een meevliegende mecanicien van het leger hield bij elke landing voor het innemen van brandstof een snelle inspectie van de hele machine. De proef was er in belangrijke mate op gericht te weten te komen of bij het stortwerk met helikopters een voldoende zuivere plaatsbepaling en een voldoende hoge productie konden worden bereikt. Er zijn, voor een deel tegelijkertijd en daardoor soms enigszins door elkaar, twee plaatsbepalingssystemen gepro-

beerd, een visueel systeem en een systeem met behulp van instrumenten. Bij het visuele systeem werd de lengteas van de krib aan-gegeven door middel van twee raaipalen. De plaats op de lengteas waar gestort moest worden werd zoals ook bij de kabelbaan-sluitingen in het Haringvliet en het Brouwers-havense Gat is gedaan, bepaald met behulp van een richtlicht. De stortknopbedienende vlieger zag, als hij in de lengteas vloog, van opzij eerst een rood waarschuwingslicht, dat na enige seconden overging in wit licht. Op dat moment moest hij op de knop drukken. Het instrumentale systeem, type sea-fix, maakte gebruik van radiobakens. De stortknopbedienende vlieger nam op zijn instru-mentenbord twee reeksen cijfers waar. Bij een bepaalde combinatie van cijfers moest hij de knop bedienen.

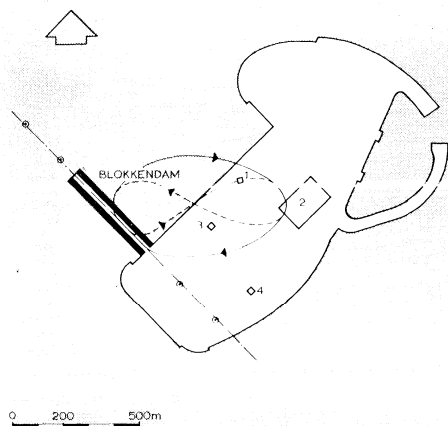


Links: een Skycrane boven de blokkenstapel op het werkeiland Neeltje Jans

Boven: de helikopter boven de damkruin aangekomen

Rechts: Het lossen van de last; de nylonkabel is aan één kant losgelegd





Links: het werkeiland Neeltje Jans met de gebruikelijke vliegroutes van de helikopter

1: commandopost met richtlicht; 2: blokkenstapeling; 3: mobiele radarpost; 4: heli-haven
Rechts: overzicht van de dag productie

Voor het laden en lossen van het stortmateriaal had men de keuze uit drie mogelijkheden; een mechanisch stortframe, een hydraulische hijsbalk en een nylonkabel. Het Amerikaanse leger wilde er zich van te voren van vergewissen dat de meegevoerde last onder alle omstandigheden kon worden afgeworpen, zodat deze geen hindernis zou vormen bij een noodlanding. Aan deze voorwaarde voldeed alleen het door Sikorsky bedachte mechanisme met nylonkabel, en dat werd dan ook gedurende de gehele proef gebruikt. Onderaan de helikopter hing een balk met twee elektrisch te bedienen haken. Een nylontros 'zonder einde' die door de hijsogen van drie betonblokken was gestoken, werd met zijn beide lusachtige einden aan de elektrisch bedienbare haken bevestigd. Op de stortplaats werd één haak elektrisch geopend, zodat de nylontros aan één kant losschoot, en de blokken eraf gleden. Vlakbij de laadplaats werd de lege tros afgeworpen door ook de andere haak te openen. Het grondpersoneel had inmiddels een andere nylontros door de ogen van drie andere blokken uit de stapeling gestoken en bevestigde de tros nu in de haken van de teruggekeerde helikopter, die derhalve niet aan de grond hoefde te komen, maar meteen gereed was voor een volgende vlucht.

Het stortprogramma dat moest worden uitgevoerd, was ingedeeld als bij een geleidelijke sluiting. De krib werd opgebouwd in vier lagen van anderhalve meter dikte. In de lengterichting was hij verdeeld in stortvakken van 10 m lengte. Voor elk stortvak was per fase het aantal benodigde blokken berekend, uitgaande van een verondersteld talud onder 1 : 1, en 43 % holle ruimte.

Wijze van uitvoering en ervaringen

De eerste dagen moesten de vliegers vertrouwd worden gemaakt met de plaatsbepalingssystemen. Het visuele systeem leverde geen enkel probleem op; het sea-fixsysteem gaf nogal eens aanleiding tot discussies. Zoals werd verwacht, werkte de hoogtemeter van de helikopter op geringe hoogte onnauwkeurig. Bij de voorbereiding was er daarom mee gerekend dat de storthoogte minimaal 25 m moest bedragen. Na enige uren vliegen, waarbij de commandopost steeds de hoogte doorgaf op het moment dat de machine de kustlijn passeerde, slaagde de bemanning erin schattenderwijs een storthoogte van 10 m in te stellen.

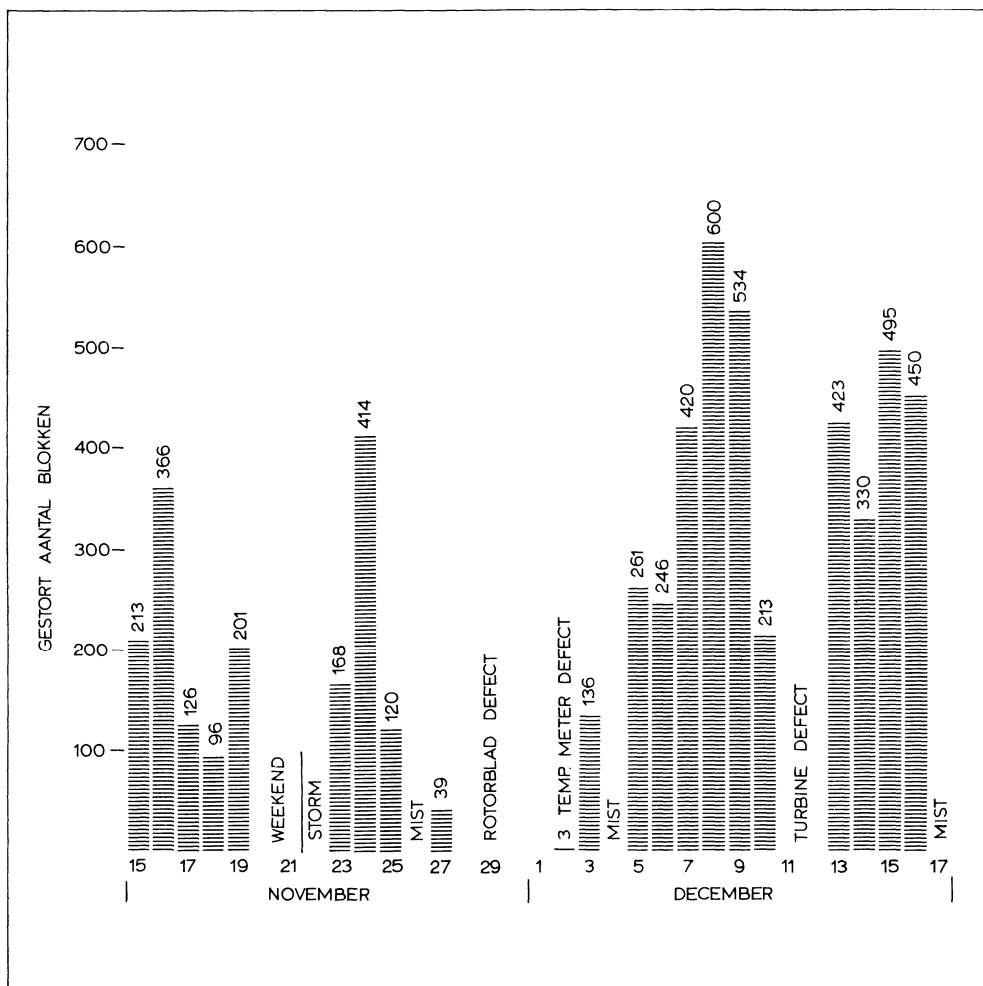
De stortsnelheid is de eerste weken steeds 20m/sec geweest. Dat de blokken derhalve met een flinke snelheid neerkwamen, hinderde niet zolang ze in het water vielen en daar nog enige valdiepte hadden. Een duiker die na het aanbrengen van de eerste fase naar beneden is geweest, constateerde geen uitzonderlijke breuk en geen vernieling van de bodembescherming, die lag op N.A.P. - 4 m. Toen van de betonblokken afspringende schijfers de rotor van de helikopter raakten, werd de valsnelheid van de blokken toch een problematisch punt.

De drie blokken die de helikopter per vlucht meenam, hingen aanvankelijk steeds achter elkaar in de lengte-as van het toestel. Op het moment dat ze het wateroppervlak raakten stootten de blokken tegen elkaar, en sprongen er betonsplinters vanaf, die door het opspuitende water omhoog werden geschoten. De vliegers waren geneigd dit te compenseren door hoger te gaan vliegen, maar dat had

weer tot gevolg, dat de valsnelheid van de blokken verder toenam. Het plotselinge opwaartse effect dat de helikopter ondervond door het afwerpen van de last, werd zoveel mogelijk gebruikt om de machine snel op te trekken en daardoor het opspattend beton te ontwijken. Toch moest op 27 november een hoofdrotorblad worden vervangen omdat in de zijkant een kleine deuk was geslagen. Volgens normale veiligheidsregels mocht er met dat blad niet verder worden gevlogen, en de proef moest dus enige tijd worden onderbroken. Nadien zijn de drie blokken 90° gedraaid, zodat ze voortaan haaks op de lengte-as van de vliegende kraan hingen. Het tegen elkaar stoten bij de val in het water werd door deze verandering in de ophanging zeer sterk verminderd. Tegelijkertijd beperkte men de valsnelheid van de blokken van 20 tot 10 m/sec

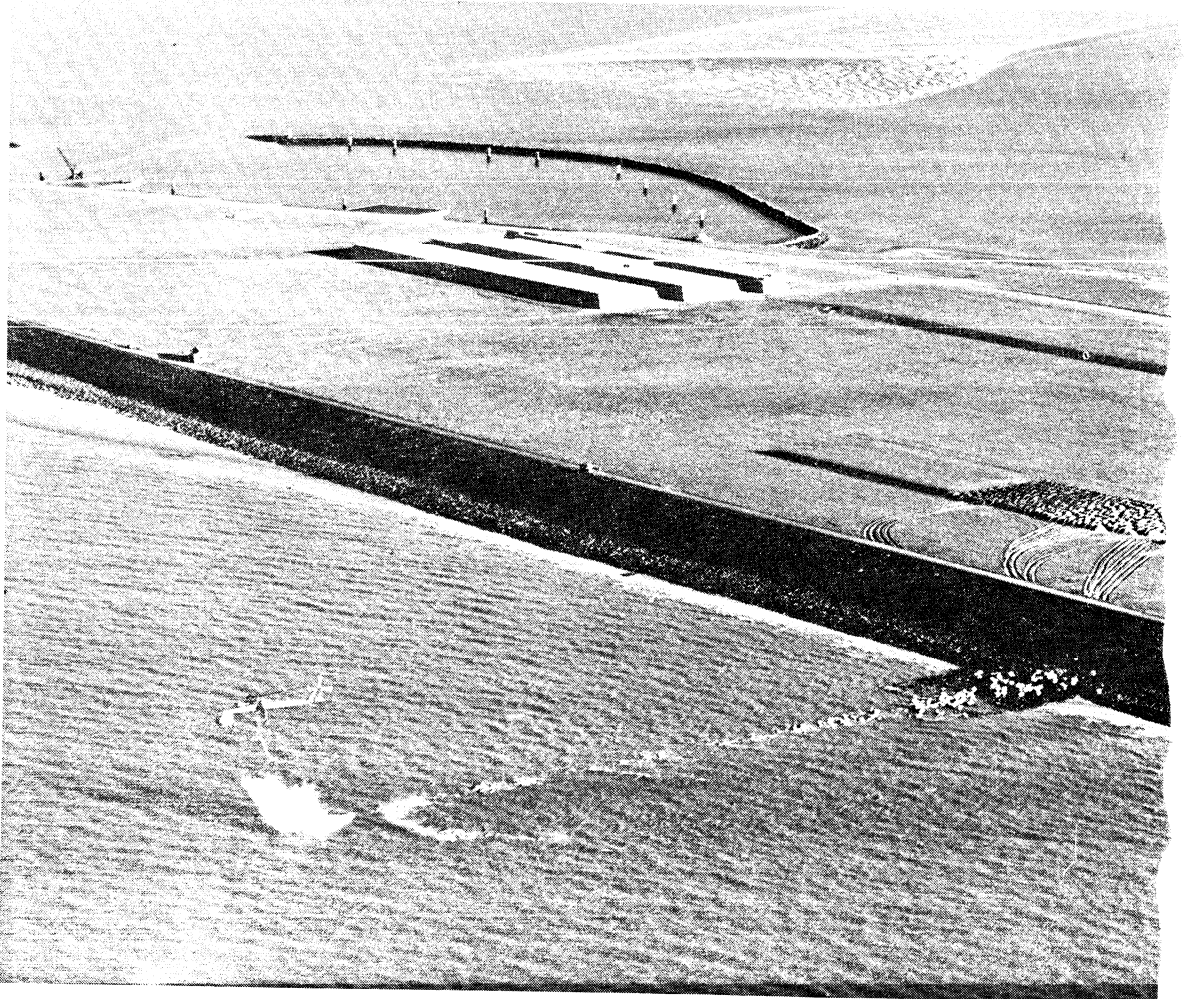
door langzamer te gaan vliegen en zo mogelijk nog minder dan 10 m storthoogte aan te houden. De betonsplinters vlogen nu minder hoog op, en bovendien meer zijdelings dan voorheen.

Gedurende het gehele verdere verloop van de proef is deze valsnelheid dan ook aangehouden. Het nadeel van de veranderde manier van storten was, dat de kruin nu 3 m breed werd in plaats van 1 m en met een gelijk aantal blokken minder hoog kon worden opgebouwd. Tenslotte is men dan ook teruggekeerd naar de ophanging van de blokken zoals die aanvankelijk was, namelijk in de lengte-as van de vliegende kraan. Door de opbouw van de krib was de waterdiepte immers verminderd, er kwamen niet meer zulke waterfonteinen omhoog, en daardoor werden de betonsplinters ook minder ver



opgeslingerd. In het algemeen is de helikopter bedrijfszeker geweest; een paar mankementen in de hydraulische en elektrische uitrusting alsmede een menselijke fout noopten tot kortstondige onderbrekingen van het werk. De grootste hinder werd ondervonden van de mist. Er was geen blindvliegapparatuur aan boord. Vooral de oversteek van Schouwen-Duiveland, waar de helikopter was gestationeerd, naar 'Neeltje Jans' moest om reden van slecht zicht nogal eens worden uitgesteld. De plaatsbepaling bij het werkgebied met behulp van twee richtpalen waarmee de vliegrichting werd bepaald en een richtlijn waarmee het punt van lossen werd aangegeven, heeft uitstekend gewerkt. De nauwkeurigheid in het stortvak is technisch van

Overzicht van het proefbedrijf;
opname van 8 december 1971



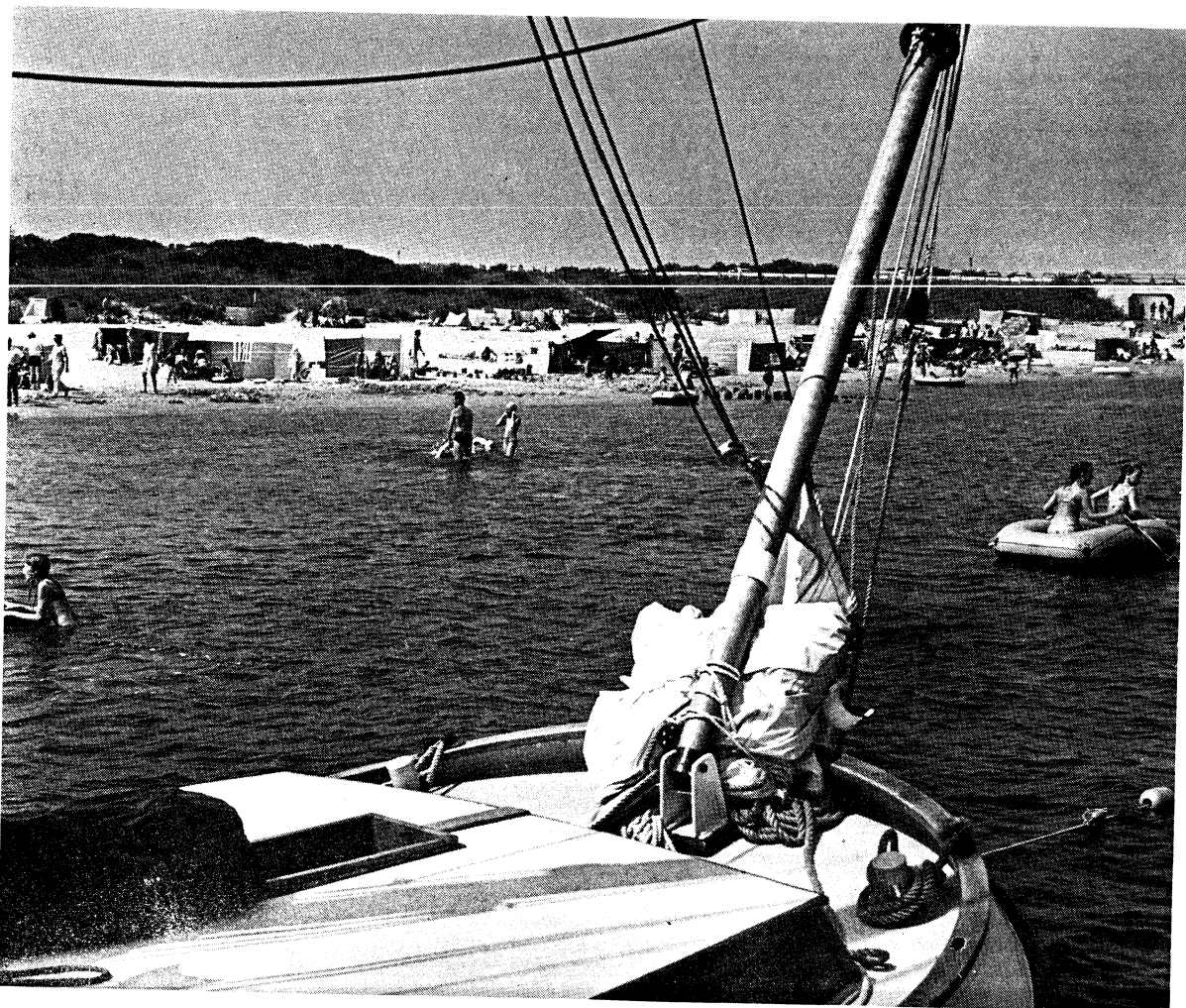
minder belang dan die in de lengte-as. Gebruik van het instrumentale systeem, waarbij de vlieger opkreeg of hij links dan wel rechts van de juiste koers vloog, bleek moeilijker. In feite maakte de vlieger, ook wanneer hij geleid werd door instrumentale aanwijzingen, nog steeds gebruik van de optische hulpmiddelen. Heel goed werd dat merkbaar toen na het stormweekend van 20 en 21 november een van de richtpalen bleek te zijn omgewaaid. De nauwkeurigheid in de plaatsbepaling nam meteen sterk af, hoewel het sea fix-systeem werkte als tevoren. Op de links-rechts-indicatie hadden de piloten de neiging teveel stuurcorrectie te geven. Gedurende het verdere verloop van de proef is de sea-fix-geleiding alleen nog gebruikt om de stortvakken aan te geven. Er zou een vliegtechnische verbetering in de links-rechts-indicatie van het sea fix-systeem moeten worden aangebracht, vooraleer men zich volledig zou durven verlaten op deze methode van vliegtuiggeleiding. Een nadeel was ook, dat het systeem volledig ontregeld werd door elektrostatisch geladen regenbuien. Gedurende de proef is dat een aantal uren voorgekomen.

Het door Sikorsky ontworpen afwerpsysteem voor de blokken voldeed zo goed, dat niet is geprobeerd de twee alternatieve systemen – hydraulische of mechanische balk – verder te ontwikkelen totdat ze voldeden aan de Amerikaanse veiligheidseisen. De laadtijd die men bij gebruik van een nylon tros nodig had, was vanaf het begin opvallend kort, en in de loop van de proef bleek men op die tijd nog zoveel te kunnen winnen dat de mogelijkheden van de andere twee systemen werden overtroffen.

Men was aanvankelijk van plan staalkabels te gebruiken, maar reeds voor de proef begon was duidelijk geworden dat die niet bedrijfszeker waren, omdat ze de neiging hadden vast te slaan in de hijsogen van de betonblokken. De nylontros voldeed uitstekend. Oorspronkelijk dacht men 40 stortingen met één tros te kunnen uitvoeren, maar tijdens de proef bleek ook na 100 x gebruiken nog geen breuk. De buitenkant van de tros was dan ruw geworden, maar de binnendraden waren nog gaaf.

Zijwind beïnvloedde de nauwkeurigheid van het werk ongunstig. Grotere geoefendheid van de bemanning blijkt dit effect op de lange duur enigszins te nivelleren, al moet men niet vergeten dat de bemanning in de laatste fase van de onderhavige proef veel steun had aan de bij laagwater al zichtbaar wordende

damkruin. Men kan echter stellen dat een dam met een twee meter brede kruin voldoende nauwkeurig kan worden opgestort, en een met een 4 m brede kruin volledig nauwkeurig. Als de helikopters een defecte kabelbaan te hulp zullen moeten komen, wordt van de piloten gevraagd te storten tussen twee kabels die 6,5 m van elkaar verwijderd zijn. Ook al zal er vanwege de pylonen hoger gevlogen moeten worden, voldoende nauwkeurigheid lijkt ook dan haalbaar, temeer daar de twee kabels een goede optische geleiding zullen bieden; de dwars op de vliegrichting hangende blokken zullen echter tot grote voorzichtigheid nopen. De bruikbaarheid van de helikopter als sluitingsinstrument wordt behalve door zijn berijfszekerheid ook bepaald door zijn capaciteit. Daarover nu nog een enkel woord. De helikopter bleek tijdens de proef te kunnen komen tot een circuityd van 2 minuten. De lengte van het circuit heeft daar tot op zekere hoogte geen invloed op: bij een langer circuit wordt gemiddeld een hogere snelheid bereikt. Op zichzelf zou dat betekenen dat 30 x per uur 3 blokken in een sluitgat kunnen worden gedeponeerd. Maar de werkelijke productie per vlieguur ligt veel lager, onder meer vanwege de noodzaak, elk uur aan de grond te komen om brandstof bij te vullen. Nu duurde het tanken op 'Neeltje Jans' vanwege de bescheiden pompinstallatie bijna 20 minuten, zodat er zonder meer al geen hogere bedrijfscoëfficiënt kon worden gehaald dan 0,7. Bij een adekwate pompinstallatie, en met een reserve-helikopter die invalt bij reparatie, moet een bedrijfscoëfficiënt van 0,8 à 0,85 wel haalbaar zijn. Per dag kan in het voorjaar ongeveer 15 uur gevlogen worden. Er zijn dan 3 bemanningen nodig, die elk 5 uur dienst hebben. Zes dagen vliegen per week werd door de Amerikaanse bemanning zeer wel mogelijk geoordeeld. In hoeverre twee of meer helikopters in één circuit de productie beïnvloeden of wederzijds vertraging opleveren is niet onderzocht. Gaat men uit van een werkelijke laadcapaciteit per helikopter van 10 ton, en stelt men veiligheids-halve de produktiecoëfficiënt op 0,75, dan kan een helikopter een uurproductie leveren van $0,75 \times 30 \times 10 = 225$ ton. Bij 115 werkuren en 6 werkdagen is de weekproductie dan ruim 20 000 ton per helikopter. Vijf helikopters zouden dus samen boven de 100 000 ton per week uitkomen. Om de gedachten wat dit betreft enigszins te bepalen, diene dat de capaciteit die nodig is om de Roompot, de grootste geul van de Oosterschelde te sluiten, wordt gesteld op 90 000 ton per week.



Door de realisering van het Deltaplan valt een uitgestrekt natuurgebied in handen van de mens. De vraag is wat wij ermee zullen doen. Zullen wij de nodige wijsheid kunnen opbrengen om aan de menselijke invloed in het nieuw gewonnen gebied zodanige gestalte te geven dat het welbevinden van onszelf en van hen die na ons komen, erdoor bevorderd wordt?

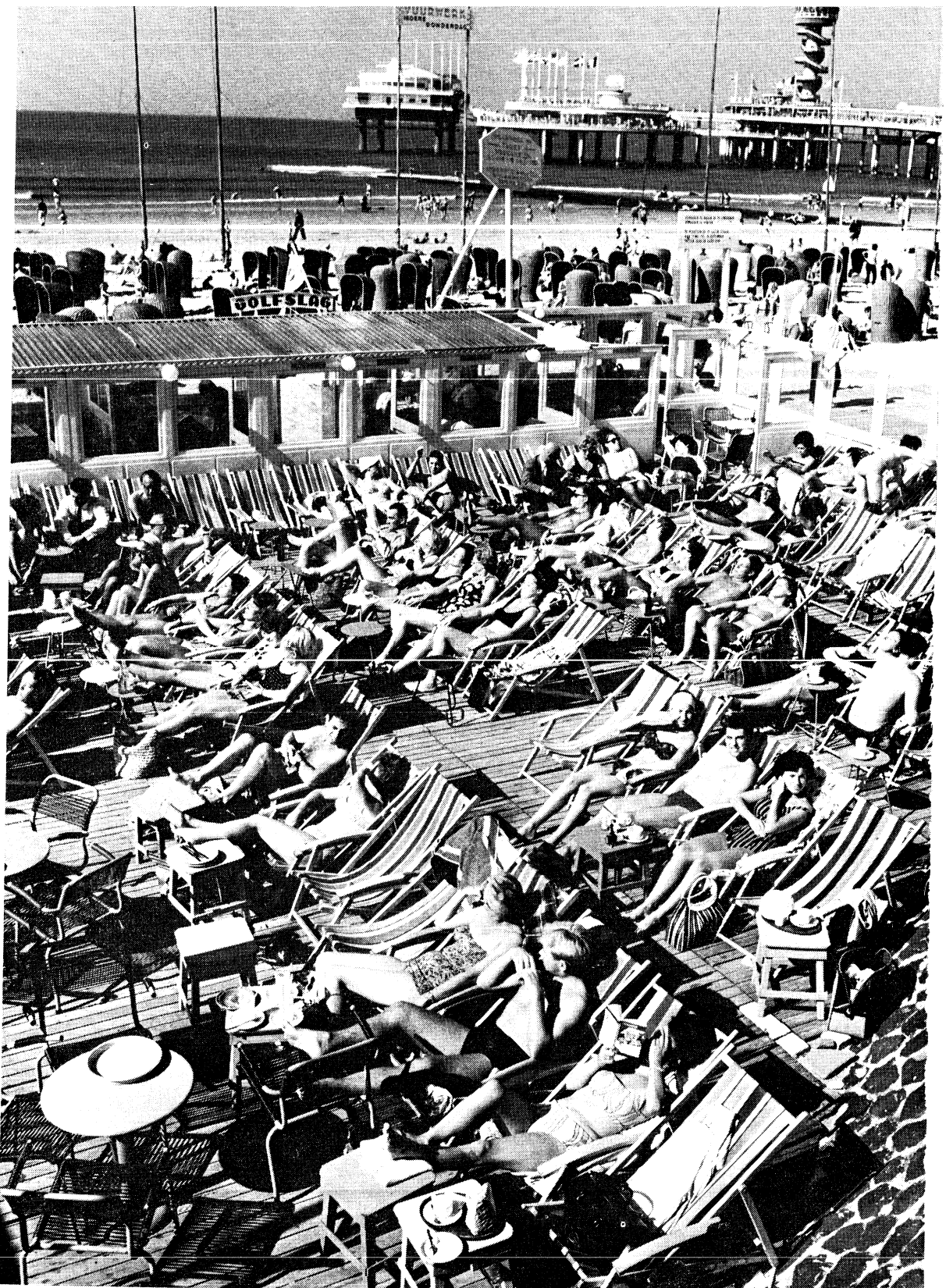
De zeearmen met de erlangs gelegen platen, slikken en schorren in het zuidwesten van ons land vormen vanouds een gebied waar de natuurkrachten heer en meester zijn. Wel zag de mens kans in de loop van een eeuwenlange strijd met de elementen zijn cultuurgebied te vergroten. Vanuit de kernen der eilanden breidde hij zijn invloedssfeer steeds verder uit. Reeksen inlagen en restanten van ingelopen polders, vooral langs de boorden van de Oosterschelde, duiden erop dat de strijd tegen het water niet altijd even gunstig verliep. Maar door de toepassing van steenachtige materialen bij de dijkbouw, en de bestorting van instabiele oevers kon de verdedigingslinie tegen het water uiteindelijk toch tamelijk goed worden vastgelegd. Binnen deze lijn heerste de mens, daarbuiten hadden de natuurkrachten vrij spel. Deze situatie verandert door de verwerkelijking van het Deltaplan echter drastisch, en naar het lijkt definitief.

Met de macht over de achter de dammen gelegen gebieden valt ook de verantwoordelijkheid ervoor aan de mens toe. Hij zal zich goed rekenschap moeten geven van zijn plaats en functie in het geheel van de natuur, om een voorkeur te kunnen uitspreken inzake de manier waarop hij deze gebieden zal gaan inrichten. In dit artikel wordt een benaderingswijze ontwikkeld aan de hand waarvan een keuze wordt gemaakt ten aanzien van de inrichting van de nieuw gewonnen gebieden in de centrale Delta, gelegen tussen Goeree-Overflakkee en Walcheren met Zuid-Beveland. Men zou bij de inrichting van deze uitgestrekte uit platen, slikken, schorren en water bestaande gebieden kunnen denken aan de vorming van een alom intensief te gebruiken

Enkele overwegingen bij de inrichting van nieuwe gebieden in de Delta

recreatiegebied. Dit ligt echter niet in de bedoeling van de overheid. In overeenstemming met de onlangs door de regering in hoofdlijnen aanvaarde nota 'De ontwikkeling van Zuidwest-Nederland' van de Rijksplanologische Commissie zal de recreatie niet het enige belang zijn dat de ontwikkeling van de nieuwe gebieden in het centrale gedeelte van de Delta bepaalt. Daarnaast zal aandacht moeten worden geschonken aan de natuurbescherming, en dus mede aan de ontwikkeling en instandhouding van planten- en dierengemeenschappen met een zekere zeldzaamheidswaarde. Het belang daarvan kan met behulp van vele argumenten worden onderstreept. Onder meer kan men wijzen op de noodzaak, te waken tegen achteloze verspilling van het in de natuur aanwezige kapitaal aan genen, de dragers van erfelijke eigenschappen. Daarnaast groeit, naarmate het aantal en de ernst van de milieu-verstoren toeneemt, het besef dat de onverstoorde natuurgebieden voor de mens onmisbaar zijn om zowel zijn natuurkennis te verdiepen als zijn drang naar natuurbeleving te bevredigen.

Natuurgebieden in de volle zin des woords zullen pas volledig tot hun recht komen wanneer ze minimaal door de mens worden bestreden. Veelal betekent dat in concreto afsluiting voor het publiek. De ongestoorde ontwikkeling van natuurgebieden kan voorts ten eerste worden bevorderd door rondom deze gebieden bufferzones in te stellen; zulke uit land of water bestaande zones zijn in principe wel vrij toegankelijk, maar de inrichting en de summier ontsluiting ervan is gericht op een gering bezoek van recreanten. Een geringe recreatiedruk op bufferzones



Uitersten van de reeks inrichtingsmogelijkheden: toeristisch attractiepunt en natuurreservaat

verlangen naar rust strekt, kan enigszins worden afgemeten aan de moeite die men wil doen om deze rust te bereiken. In een recreatiegebied moet zo mogelijk aan die diversiteit van verlangens worden tegemoet gekomen. Men kan daartoe gebruik maken van de verschillende geaardheid van de delen van het gebied, of zorgen voor een verscheidenheid aan recreatieve elementen. Vooral is het echter nodig variatie te brengen in de intensiteit van de ontsluiting door middel van wegen en paden. Ook langs deze weg kan worden gepleit voor de zoëven genoemde zones met afnemende bezoekersaantallen. Deze zonering kan op kleinere schaal worden herhaald in de afzonderlijke deelgebieden, ook weer door de interne ontsluiting van het deelgebied zelf te variëren. De verschillende in de nieuwe gebieden van



kan worden bereikt wanneer enige nabij gelegen gebieden dermate intensief worden ingericht en ontsloten, dat daar grote aantallen recreanten kunnen worden gebonden. De verdeling van het in het centrale gedeelte van de Delta beschikbare natuur- en recreatiegebied in zones met afnemende menselijke aanwezigheid werd tot hertoe afgeleid uit het belang van de natuurbescherming. Evenzeer zou echter het belang van de recreatie als uitgangspunt kunnen worden genomen. In het algemeen worden recreatiegebieden bezocht door recreanten met uiteenlopende behoeften en voorkeuren. Zo kan worden geconstateerd dat er recreanten zijn die overwegend drukte en gezelligheid zoeken dan wel voor lief nemen, en anderen die zich meer aangetrokken voelen tot een rustige omgeving. Hoe ver het

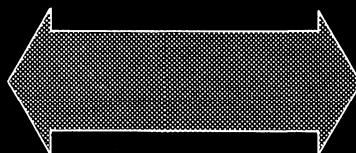
de centrale Delta denkbare natuur- en recreatieprojecten kunnen nu in een denkbeeldige reeks worden gerangschikt waarbij als kenmerk wordt gehanteerd de mate van bereikbaarheid van zowel het project in zijn geheel als van de onderdelen. Aan het ene uiteinde van de reeks ligt dan het ontogankelijke natuurreservaat en aan het andere einde het in hoofdzaak uit bebouwingen en verhardingen bestaande toeristische attractiepunt. Een rangschikking volgens genoemd kenmerk zal niet geheel parallel behoeven te lopen met een rangschikking naar bezoekersaantallen. Immers ook de geaardheid en de geografische ligging van het project zal van invloed zijn op de recreatiedruk. Meer algemeen kan als kenmerk worden gekozen de mate waarin de inrichting van een gebied is afgestemd op het gebruik door de

rangschikking natuur- en recreatieprojecten

natuurreservaat

**intensief ingericht
toeristisch attractiepunt**

**het gebruik door de mens
in toenemende mate
afgestemd op het
natuurlijke gegeven**



**inrichting
in toenemende mate
afgestemd op het
gebruik door de mens**

mens. Wanneer de reeks wordt doorlopen van attractiepunt naar natuurreservaat, dan blijkt elk volgend project steeds minder afgestemd op de mens als recreatief gebruiker en wordt er telkens maar aanpassing gevraagd van de recreant aan de natuur. Vlak naast het natuurreservaat aan het ene uiteinde van de reeks kan men de gebieden denken die met het oog op het natuurbehoud en het landschap worden ontwikkeld of in stand gehouden, maar waar weinig of in het geheel geen toegangsbeperkingen gelden, en waar slechts enige eenvoudige voorzieningen zijn aangebracht voor bezoekers. Ook de gebieden waar de natuur zich geheel vrij kan ontwikkelen moeten aan deze zijde van de reeks worden geplaatst. In dergelijke gebieden ligt de nadruk op de natuurbeleving. Aan het andere uiteinde van de reeks, naast de toeristische attractiepunten waarvan de landcomponent grotendeels wordt ingenomen door bebouwing en bestrating, kan men denken aan zomerwoningcomplexen en andere minder intensief bebouwde gebieden, en bijvoorbeeld ook aan de watersportcentra. Het middendeel van de reeks wordt ingenomen door de in een natuurlijke omgeving gesitueerde projecten ten behoeve van de land-, oever- en waterrecreatie. Deze projecten zullen een zeer belangrijk aandeel hebben in de recreatieve ontwikkeling van de nieuwe gebieden in het centrale gedeelte van de Delta. Op de daarmee samenhangende inrichtingsvraagstukken zal daarom nu wat dieper worden ingegaan.

Voor het ontwerp van de op de platen, slikken en schorren te situeren recreatieprojecten staan blijkens de boven ontwikkelde gedachtengang in beginsel twee richtingen

open. De ontwerpen kunnen zijn toegespitst op de recreant en zijn activiteiten, maar ook kan het totstandbrengen van een natuurruimte, een landschap, de hoofdbedoeling van het project zijn. Of nu de ontwerper de ene of de andere bedoeling voorop stelt, kan men van de landschapskenmerken van zijn plan aflezen. Bij het ontwerpen van oevergebieden bijvoorbeeld, staan de ontwerper het water, de open oever en de opgaande begroeiing als vormgevende elementen ten dienste. Wordt het ontwerp primair afgestemd op de behoeften van oeverrecreanten, dan zal het landschap worden gekenmerkt door kleinschaligheid. De begrenzing van de opgaande beplanting zal over een korte afstand een grote variatie vertonen, waardoor een grote randlengte ontstaat; op die manier wordt tegemoetgekomen aan de behoefte van oeverrecreanten aan randen waarlangs men kan neerstrijken en die een zekere rugdekking bieden en beschutting tegen de wind. Ook de waterlijn, waarlangs eveneens vele recreanten een plaats zoeken, zal een aan de mens aangepaste schaal vertonen, en op korte afstand de nodige variatie bieden. De aanpassing van de natuur aan de behoeften van de recreant kan zover gaan, dat in dergelijke plannen veelvuldig groepen solitaire bomen worden opgenomen. In de eerste jaren van hun groei moeten dergelijke bomen door een stevige paal omhoog gehouden worden.

Wanneer daarentegen bij het ontwerp de creatie van een natuurruimte, een landschap, voorop staat, dan zal een ontwerp dat gerealiseerd moet worden in het nieuwe gebied, de opvallende landschappelijke kenmerken van dit gebied weerspiegelen. Het

De reeks van inrichtings-
mogelijkheden van nieuwe
gebieden in de Delta

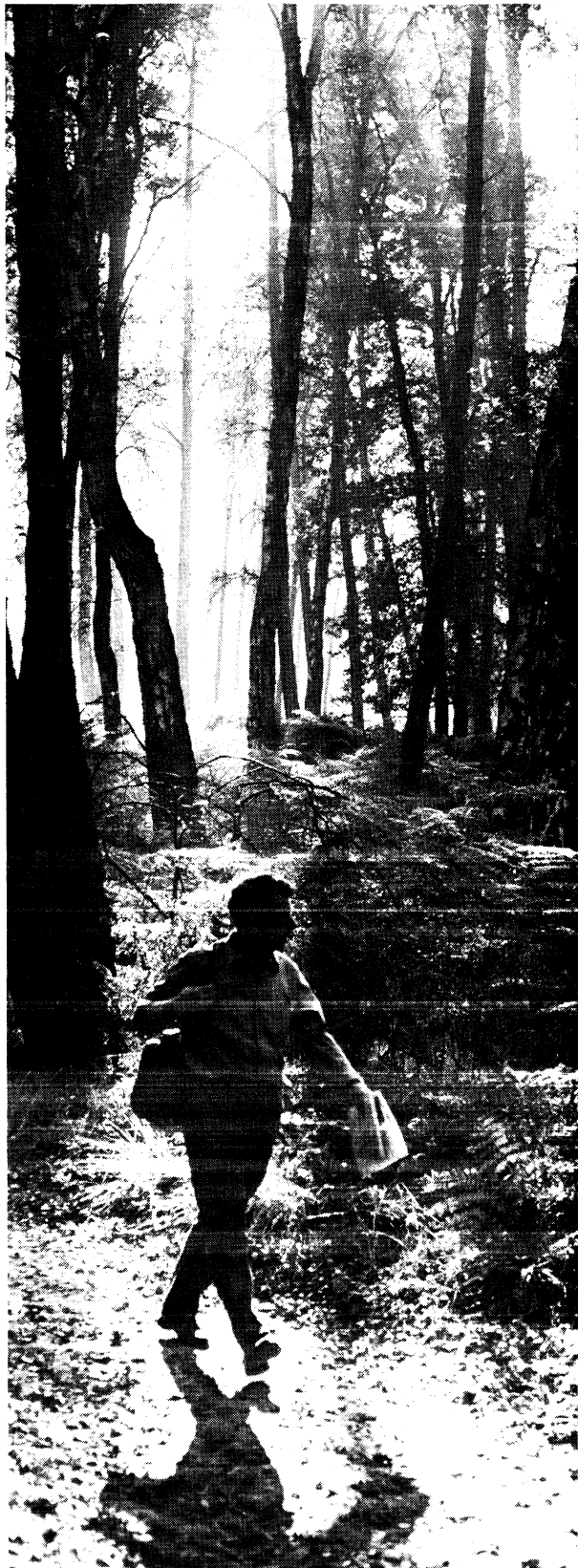
Rechts: natuurbeleving op de
Hoge Veluwe

plan zal wijds zijn, open en grootschalig. De oeverstrook zal breed zijn en worden begrensd door een oeverlijn en een beplantingslijn die in eerste opzet weinig variatie bieden. De op deze oeverstrook rustende recreant zal zijn eigen rugdekking en windbescherming moeten bouwen, bijvoorbeeld in de vorm van een windscherm.

Natuurlijk vertoont dit voorbeeld slechts de vereenvoudigde trekken van een veel gecompliceerder problematiek. Het ging er alleen om duidelijk te maken dat beide uitgangspunten hun waarde hebben. Het streven zal er in de praktijk wel op gericht zijn, de aspecten van natuur en landschap enerzijds en de belangen van de recreant anderzijds het volle pond te geven.

Het is evenwel de vraag of voor de projecten in het nieuwe gebied plannen op papier te brengen zijn waarin dat doel wordt bereikt. De beoordeling van dergelijke plannen is nu trouwens nog een in hoge mate subjectieve aangelegenheid. Onderzoekgegevens zijn nog nauwelijks voorhanden. Ten aanzien van de behoeften en voorkeuren van de recreanten zijn weliswaar te zijner tijd enige resultaten van breed opgezet sociaal-wetenschappelijk onderzoek te verwachten; hiermee zal echter geen volledig antwoord kunnen worden gegeven op de gestelde problematiek.

Uit het geschetste voorbeeld zal duidelijk zijn geworden, op welke wijze de reeks natuurreservaat-toeristisch attractiepunt verder kan worden ingevuld. Zoals gezegd valt het sterk te betwijfelen of in eenzelfde project zowel natuur- en landschap tot hun recht kunnen komen alsook de



belangen van grote groepen recreanten. Vooral in de beginfase van de ontwikkeling van het nieuwe gebied zal dit doorgaans niet het geval zijn. De middelste plaats in de reeks, die een dergelijke synthese zou moeten weerspiegelen, zal dan ook vermoedelijk onbezet blijven. De vraag komt dan op waaraan bij het ontwerpen van de inrichtingsplannen in het nieuwe gebied de voorkour moet worden gegeven. Voor we deze vraag trachten te beantwoorden, is het nuttig nu iets meer in het algemeen enkele karakteristieken te bespreken van de beide groepen projecten aan weerszijden van het midden van de reeks natuurreservaat – attractiepunt. De recreatieprojecten in het rechtergedeelte van de reeks zijn afgestemd op het gebruik door de recreant, d.w.z. de behoeften en voorkeuren van grote groepen recreanten

Beneden: zeilen op het Veerse Meer; op de uitgestrekte wateren van het Deltagebied kan men zich meten met de natuur

Rechts: Het eiland Haringvliet in het Veerse Meer; pony's zijn hier de vaste bewoners



voor zover die thans bekend zijn. Dergelijke projecten zullen, ook wanneer ze in verschillende delen van ons land zijn gesitueerd, een sterke gelijkenis vertonen. De doorsneerecreant van de hoge zandgronden in het oosten van het land en de recreant in het laaggelegen westen stellen immers nagenoeg dezelfde eisen aan een project, bijvoorbeeld een strandbad. Een ontwerper die met zulke uitgangspunten aan het werk gaat, staat voor de opgave zich te ontworstelen aan de greep van mode en cliché. Zijn ontwerp zal kleinschalig zijn, en blijf geven van een gevarieerde structuur en van functionele volledigheid. Alle elementen blijven vanaf de eerste aanzet hun plaats en functie behouden. De in het ontwerp gebrachte detaillering berust in wezen op nabootsing van de natuur. In welk landsdeel het project moet

worden gesitueerd, is voor het ontwerp vrij onverschillig.

Projecten die aan de linker zijde van het schema liggen, worden primair bepaald door de natuurlijke situatie waarin zij moeten worden ingepast. De ontwerper zal trachten aan zijn project enkele kenmerken mee te geven van het in de streek bestaande landschap, en het landschapsonwerp zo opzetten dat het op den duur kan aansluiten bij wat in de streek al is ontstaan, of wat er op natuurlijke wijze had kunnen ontstaan. Ten aanzien van het gedetailleerd nabootsen van de natuur zal hij een grote terughoudendheid betrachten, waardoor dat wat kunstmatig is ook als zodanig in de eerste opzet van het project tot uiting zal komen. In het nieuwe gebied van de centrale Delta zullen deze projecten worden gekenmerkt door wijsheid

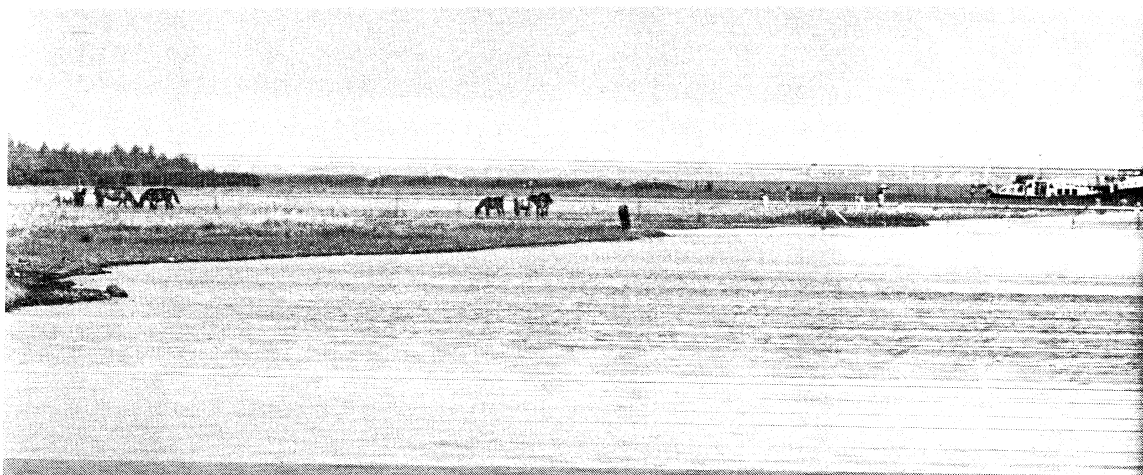
en openheid. Voorts zullen zij de kenmerken dragen van grote structuren, een schematische opzet vertonen, en functioneel vooralsnog onvolledig zijn, zodat de functies naar tijd en ruimte veranderlijk blijven. In de loop van vele jaren moet het project ingroeien in zijn omgeving.

Wanneer op grond van bepaalde overwegingen bossen in de ontwerpen moeten worden opgenomen zullen ze worden opgezet als grote compacte structuren. De begrenzingen zullen strak zijn voor zover ze althans niet duidelijk volgen uit de fysische gesteldheid van het terrein. Paden en open ruimten komen pas veel later aan de orde, en ze zullen dan bij voorkeur daar worden gemaakt, waar de van plaats tot plaats andere omstandigheden dat als vanzelf aanwijzen. De opzet van de plannen is derhalve

de moeite waard, althans te trachten in de Delta iets tot stand te brengen van eigen karakter, iets dat men elders niet vindt; de hoofdrichting is dan het tot stand brengen van natuurruimte, een landschap dat is gedacht vanuit de fysische kenmerken van het gebied van de Deltawateren.

Er zijn nog enkele andere overwegingen die ter ondersteuning van deze keuze kunnen worden aangevoerd.

In de Delta komt in drie fasen een enorm uitgestrekt gebied ter beschikking van natuurbescherming en recreatie, bestaande uit achtereenvolgens het Veerse Meer, het Grevelingenbekken en het westelijke en centrale gedeelte van het Zeeuwse Meer. Onverschillig aan welke doeleinden men de voorkeur geeft, de optimale inrichting van deze gebieden kost in elk geval enkele



gericht op groei en ontwikkeling, zowel van de natuurlijke elementen zelf als van de inzichten die aan de ordening van deze elementen ten grondslag liggen. Zo'n project is niet in de eerste plaats gericht op de meer massale recreatie die zich gedurende een beperkt aantal dagen per jaar manifesteert. De natuurruimte dient evenzeer als achtergrond van anders geaarde behoeften en activiteiten van de mens. Het project wil gericht zijn op de totale mens als deelnemer in het ecosysteem gedurende alle seizoenen. Wat er nu ten aanzien van projecten voor de land-, over- en waterrecreatie in het nieuwe gebied moet gebeuren, aan welke van de vorenbeschreven richtingen de voorkeur moet worden gegeven, is een kwestie van keuze, die bovendien nog van plaats tot plaats anders zou kunnen uitvallen. Het lijkt echter

honderden miljoenen guldens. Vooral in de huidige economische situatie zal het wel duidelijk zijn, dat men een dergelijke uitgave over tientallen jaren moet spreiden. Maar ook voor het onder intensieve begeleiding doen ontstaan van een nieuw milieu is een tijdsduur van die orde noodzakelijk. Onze kennis inzake de inrichting van natuur- en recreatiegebieden verkeert bovendien nog in een beginstadium; over de uitgangspunten die men ten aanzien van deze kwesties over 20 tot 30 jaar zal hanteren, valt nu nog nauwelijks iets te zeggen. Onder zulke omstandigheden doet men verstandig te kiezen voor een voorzichtige benadering, voor een eerste schematische opzet van de inrichting van het gebied, een opzet die voor de toekomst de nodige ruimte laat, en de wellicht van plaats tot plaats variërende uit-



werking en detaillering overlaat aan een volgende generatie, met mogelijk andere behoeften en inzichten.

Zo'n keuze zou goed aansluiten bij de opvatting dat de toeneming van de recreatiedruk in de Delta, na een schoksgewijze ontwikkeling in de beginfase, op de lange duur meer geleidelijk zal verlopen. Voor wat de weekend- en vacantierecreatie betreft is de toeneming van de druk onmiddellijk afhankelijk van de vestiging en uitbreiding van verschillende soorten verblijfsaccommodatie, terwijl de toeneming van de dagrecreatieve trek in hoge mate afhangt van de uitbouw en verbetering van het wegnnet, meer in het bijzonder van de totstandkoming van nieuwe verkeersverbindingen over het Haringvliet.

Het gebruik van althans een deel van de nieuwe gebieden in de Delta zal zich in de loop der jaren kunnen ontwikkelen van over het geheel genomen zeer extensief tot meer intensief. Van de aanvang af zal de recreatie zich concentreren in enkele punten die door hun ligging ten opzichte van de primaire ontsluitingswegen – bijvoorbeeld de Dammenweg – goed bereikbaar zijn. Moeilijk bereikbare streken blijven voorshands weinig bezocht. De verdeling van het beschikbare gebied in zones van verschillende gebruiksintensiteit wordt daardoor in de hand gewerkt. Dat is van uitzonderlijk belang voor het goed functioneren van de natuurreservaten, en wenselijk vanuit een oogpunt van recreatie-diversiteit.

De recreatiedruk zal voorlopig op de gebieden die liggen tussen de druk bezochte recreatieprojecten en de natuurreservaten,

zeer gering zijn. Hij kan verder nog in hoge mate worden gereguleerd door de aard en de mate van ontsluiting. De vraag rijst dan, of zulke gebieden, waarbij bijvoorbeeld gedacht kan worden aan de uitgestrekte Slikken van Flakkee, niet goed gebruikt zouden kunnen worden voor het op gang brengen van natuurlijke ontwikkelingen, echter niet speciaal met het doel om bepaalde zeldzame flora- en fauna-elementen te behouden, maar om een natuurgebied in te richten dat voor niet-biologisch geschoolden interessant is, en hen in contact brengt met de ongecultiveerde natuur. Het gebied zou dan voor iedereen toegankelijk moeten zijn, zodat ieder die daar enige inspanning voor over heeft er op avontuur kan gaan. De in dergelijke gebieden uiteindelijk onder te brengen elementen kunnen variëren van wildernis tot weiland, en wellicht is het mogelijk biotopen tot stand te brengen waarin verschillende soorten inheemse zoogdieren zich thuis zullen voelen. Zo er al paden zijn, blijven ze onverhard, of worden ze in een enkel geval summier verhard. Een dergelijk gebied zou de entourage kunnen vormen voor wat men zou kunnen noemen 'ongebaande recreatie'. Van de bezoekers zal een zekere inventiviteit worden gevraagd; zij zullen zich wat moeite moeten getroosten. Misschien wordt op die manier tegemoet gekomen aan een vooral bij de jongeren te onderkennen neiging, zich af te wenden van veelbetreden paden, van aanwijzingen en geboden.

De toekomst zal leren of aan dergelijke gebieden behoefte bestaat. De belangstelling voor het milieu en de natuur neemt echter toe, als men die mag afmeten aan, bijvoorbeeld, het aantal boeken dat erover ver-

Links: Aanlegmogelijkheid bij het Aardbeieneiland; de steiger voor grotere boten is niet verbonden met de oever

Beneden: Oeverrecreatie bij De Piet

schijnt. Ook mag er in dit verband op worden gewezen dat men meer en meer zoekt naar recreatievormen waarin men zich meten kan met de natuur: wadlopen, brandingzeilen en paardrijden, en wellicht ook de stijgende verkoop van fietsen, wijzen in die richting.

De tot dusver in dit artikel genoemde voorbeelden zijn ontleend aan de oever- en landrecreatie. Ter aanvulling en verduidelijking lijkt het goed, nu ook een voorbeeld te geven uit de watersport. In de voorgestelde reeks projecten van natuurreserveaat tot toeristisch attractiepunt hoort het watersportcentrum aan de rechterzijde. Vaargebieden zullen, al naar ze zijn ingericht, aan de linker- of aan de rechterzijde van het schema een plaats vinden. Wanneer een vaargebied wordt ingericht aan de hand van de voor het linker



deel gegeven kenmerken, zal in de eerste schematische opzet aan platen en eilanden primair een landschappelijke functie worden toegekend. Kunstmatige aanlegmiddelen, zoals steigers en beschoeiingen, zullen spaarzaam worden aangebracht. Wanneer eilanden niet van een oeververdediging hoeven te worden voorzien, zullen de oevers een natuurlijke, flauwe helling blijven vertonen. Het vaargebied wordt daardoor meer afgestemd op het varen als doel, dan als een middel om ergens te komen. Men zal er dan niet naar streven de wateroppervlakte overal voor een ieder bevaarbaar te maken. Het project zal meestal echter wel zo worden opgezet, dat een zekere verschuiving van links naar rechts in de reeks mogelijk blijft. De linkerhelft van het gepresenteerde schema is met dit voorbeeld verder gecompleteerd. Als we nu het vorenstaande samenvatten, ontstaat het volgende beeld. Vanuit het midden van de reeks natuureservaat-attractiepunt naar links gaande hebben we eerst projecten ontmoet die een zekere aanpassing van de mens aan de natuur vergen; vervolgens die projecten waarin de mens zich met de natuur kan meten, en tenslotte de natuurreservaten, waarin de mens hoogstens nog geduld wordt, maar zich moet onderschikken aan de natuur. Naar rechts gaande vanuit het midden zien we een toenemende aanpassing van de natuur aan de behoeften en verlangens van de mens. Aan het einde aldaar vinden we tenslotte projecten waarin de natuur geheel aan de mens ondergeschikt is gemaakt. Het beschikbare stukje aardoppervlak wordt daar geheel omgevormd ten behoeve van een intensieve bebouwing. De fysische uitgangssituatie is alleen interessant uit een oogpunt van kosten.

Hoe verder men in het schema naar links gaat, hoe meer de projecten, in het algemeen gezien, ruimte opeisen, en hoe minder recreatiedruk ze verdragen. In het Delta-gebied komen grote ruimten beschikbaar, die vooralsnog onder een geringe druk zullen staan, zodat daar de kans geboden wordt, echte natuurprojecten te realiseren. Voor een evenwichtige ontwikkeling van de recreatie en om de gewenste zone-verdeling tot stand te brengen, zullen voorts enkele recreatieve concentratiepunten moeten worden opgezet, waar ook de voor een belangrijk deel uit dichte bebouwing bestaande attractiepunten een plaats kunnen vinden.

Allerlei projecten kunnen in de Delta dus naast elkaar worden verwerkelijkt. Het zal echter goed zijn bij de realisering van de verschillende bestemmingen behoedzaam te

werk te gaan. Voor de hand liggende oplossingen moeten kritisch bekeken worden, met name die oplossingen die ook elders, en daar misschien beter, kunnen worden gerealiseerd.

Voorzichtige behandeling van het kostbare gegeven gebiedt in de meerderheid van de projecten de voorrang te geven aan het tot stand brengen van natuurruimte, van landschap. We zullen goed moeten beseffen dat allerlei oorzaken, onder meer een toenemende recreatiedruk, de posities van de verschillende projecten in de reeks gemakkelijk naar rechts zullen doen opschuiven. Een verschuiving in omgekeerde richting lijkt echter ondenkbaar.

Operationele waterloopkundige begeleiding van de caissonsluiting in het Brouwershavense Gat

De caissonsluiting in de noordelijke stroomgeul van het Brouwershavense Gat, uitgevoerd van 5 april tot 3 mei 1971, vereiste een nauwgezette waterloopkundige begeleiding. Aangezien men bij een caissonsluiting tot het uiterste wil profiteren van het getij, en er in elk getij een optimaal moment is voor het afzinken van een caisson, gaat het er bij de waterloopkundige begeleiding onder meer om, dit moment ruim van tevoren te voorzien. Dit optimale moment is het tijdstip van kentering; de stroomsnelheid wordt dan nul, omdat de stroomrichting omslaat van ebrichting in vloedrichting of andersom. In het eerste geval spreekt men van laagwaterkentering, en in het tweede geval van hoogwaterkentering.

Bij de sluiting van het noordelijk sluitgat was besloten de landhoofdcaissons te plaatsen tijdens de H.W.-kentering en de twaalf doorlaatcaissons tijdens de L.W.-kentering. Bij de L.W.-kentering werd namelijk een langere periode met betrekkelijk geringe stroomsnelheden aangetroffen dan rondom de H.W.-kentering.

In de voorbereidingsfase van de sluiting werd door uitgebreide proefnemingen in het hydraulisch overzichtsmodel in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst' in de Noordoostpolder en in het elektrisch analogon 'Deltar' vastgesteld hoe groot de tijdsverschillen zijn tussen de kenteringen in het sluitgat en de tijdstippen van H.W. en L.W. te Brouwershaven volgens de getijtafel. Tevens werd bepaald het verloop van de kenteringsmomenten langs de as van de caissondrempel, en hoe de verschillende kenteringsmomenten door de vernauwing van het zuidelijk sluitgat zouden worden beïnvloed.

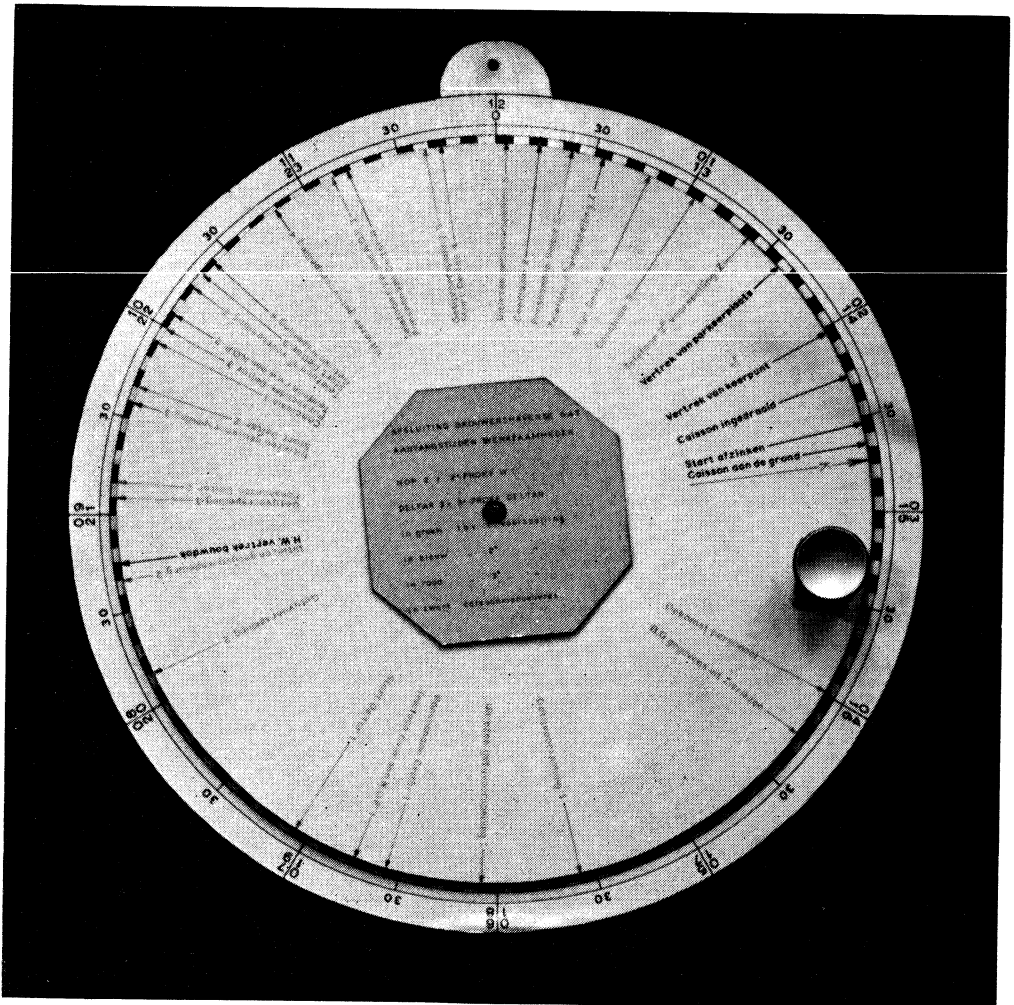
Het werkelijke getij verloopt evenwel steeds enigszins anders dan de getijtafels aangeven. De meteorologische omstandigheden bijvoorbeeld oefenen een van dag tot dag wisselende invloed uit. Evenals bij de caissonsluiting in het Volkerak (Bericht 49, aug. 1969) leek het dan ook geraden de caissonsluiting van het noordelijk sluitgat operationeel te begeleiden en met behulp van modellen en computers tot op het laatste ogenblik verfijningen aan te brengen in de getijvoorspellingen. De voornaamste hulpmiddelen voor deze begeleiding waren: meetinstrumenten ter plaatse van het sluitingswerk en in de omgeving daarvan; het elektrisch analogon 'Deltar' te 's-Gravenhage; het hydraulisch model van het operatiegebied in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst' in de Noordoostpolder; een computer van de dienst Informatieverwerking van de Rijkswaterstaat en ten slotte een net van telefoon- en draadloze verbindingen. Het ingewikkelde geulenstelsel in de omgeving van het noordelijk sluitgat en de gelijktijdige geleidelijke sluiting van het zuidelijk sluitgat maakten al deze hulpmiddelen nodig om zo juist mogelijke voorspellingen te kunnen doen. De operationele begeleiding hield in, dat men herhaaldelijk correcties opstelde op de reeds eerder gedane voorspellingen omtrent het verloop van de snelheden in het noordelijk sluitgat en in de omgeving daarvan, en tevens van het kenteringstijdstip in dit sluitgat. Een eerste voorspelling moest het uitvoerend commando bereiken omstreeks 4 uur vóór de verwachte kentering; een tweede kwam 100 minuten en een derde en laatste 50 minuten vóór de kentering. Bij het eerste bericht werd ook een prognose gegeven omtrent het verloop van de snelheden in de Hompelgeul,

gebaseerd op proeven in 'De Voorst' en met de 'Deltar', in verband met het slepen van de caisson van het bouwdok naar het sluitgat door de Hompelgeul. Toen bleek, dat de overtocht van de caissons aanmerkelijk sneller verliep en de caissons eerder bij de Hompelgeul aankwamen dan bij de planning was voorzien, werd daarnaast ook nog een extra bericht verstrekt, ongeveer 7 uur voor de verwachte kentering.

Om alle betrokken groepen van de nodige gegevens te voorzien en alles op tijd te doen verlopen was een stringente tijdsindeling van de vele verschillende werkzaamheden noodzakelijk. Een rekenschijf werd ontworpen waarvan men, uitgaande van het geschatte kenteringsmoment, de tijdstippen waarop alle aan de plaatsing voorafgaande werkzaamheden dienden aan te vangen tot op 5 minuten

Beneden: 'Rekenschijf', cirkelvormig tijdschema voor de bepaling van de aanvang der werkzaamheden die vooraf moesten gaan aan een caisson-sluiting

Rechts: tabel ter vergelijking van de voorspellingen van het kenterinstijdstip langs verschillende wegen



Caisson	Datum en tijdstip van plaatsing	Voorspelling	Waterloopkundig laboratorium N.O.P.	Deltar	Deltar met natuurgetij	Voorspelling	Natuur
K 5	27-4-71	1	10.37	10.40		10.39	
		2	10.30	10.39		10.39	
		10.15 3	10.33	10.39	10.26	10.38	10.19
K 6	28-4-71	1	11.09	11.09		11.07	
		2	11.07	11.09		11.07	
		11.04 3	11.05	11.13	11.16	11.10	11.06
S 6	29-4-71	1	12.02	12.10		12.02	
		2	12.03	12.04		12.02	
		11.48 3	12.07	12.05	12.10	12.05	11.58
S 5	1-5-71	1	14.02	14.04		14.03	
		2	14.06	14.06		14.06	
		13.55 3	14.06	14.07	14.00	14.06	14.00

nauwkeurig kon aflezen. Het hieruit opgestelde tijdschema, dat aan de deelnemende groepen werd doorgegeven, heeft goed voldaan. Het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst' had voor een eerste modelproef ongeveer drie uur nodig. Het eerste bericht moest vier uur voor de kentering binnen zijn op de in te varen caisson. De voorspelling van het verloop van het verticaal getij in zee ter plaatse van de getijmeetopstellingen BG VI en BG VIII en het doorgeven van deze voorspelde waterstanden aan 'De Voorst' en aan de 'Deltar' kostte natuurlijk ook tijd, evenals de uitwerking van de meetresultaten van de modelproeven en het transport van het eerste bericht over het verloop van de snelheden in het noordelijk sluitgat en over het kenteringstijdstip. De gehele cyclus van voorspellingen nam al met al niet minder dan ongeveer 13 uur in beslag. Al die tijd moest het getij in zee worden voorspeld, als noodzakelijke randvoorwaarde voor het bepalen van de getij-invloed met behulp van het hydraulisch, het elektrisch en het mathematisch model. In de 'Deltar' kon een getijproef aanmerkelijk sneller worden uitgevoerd dan in het hydraulisch model, zodat tegen elke hydraulische proef twee elektronische konden worden gedaan. De tweede Deltarproef had een lang-

duriger stuk natuurgetij als randvoorwaarde dan de eerste proef. Na het derde bericht aan de uitvoerders van het werk kon men nog doorgaan met het maken van Deltar-voorspellingen, op basis van steeds groeiende kennis van het werkelijke getij, zodat eventueel nog een herziening kon worden gegeven van het laatst doorgegeven kenteringstijdstip. Als plaats waarvoor de getijvoorspelling werd uitgevoerd had men de getijmeetpaal BG VII gekozen. Basis van de voorspelling van het getij was een synthetisch astronomisch getij voor dit punt, dat met behulp van de computer enige maanden tevoren berekend was uit 115 getijcomponenten, ontleend aan een in de natuur geregistreerde getijperiode van recente datum. In april, tijdens de werkzaamheden in het noordelijk sluitgat, is deze synthese op basis van de allernieuwste gegevens nog gewijzigd. Deze synthese, samen met de in de natuur gemeten waterstanden ter plaatse van de getijmeetpalen BG VI en BG VII die om het kwartier vanuit Zierikzee per vaste telefoonlijn aan het centrum te 's-Gravenhage werden doorgegeven, alsmede de door het K.N.M.I. gemeten en verwachte windsnelheden en -richtingen maakten het mogelijk een gecorrigeerde getijvoorspelling voor BG VII op te

stellen. De gegevens voor BG VI werden volgens een tevoren vastgesteld verband uit die voor BG VII afgeleid.

De 12 doorlaatcaissons werden alle tijdens de L.W.-kentering ingevaren en afgezonken, d.w.z. ca. 1 uur na L.W. ter plaatse van het meetpunt BG VII. De snelheid waarmee het water na L.W. op zee weer steeg, was bepalend voor het kenteringstijdstip in het noordelijk sluitgat. Immers zodra de waterstand bij BG VII vrijwel dezelfde hoogte had bereikt als de waterstand aan de binnenzijde van het sluitgat, stond er nagenoeg geen verval meer over het sluitgat en was de stroom teruggelopen tot ongeveer nul. De genoemde snelheid wordt door windkracht en windrichting van dag tot dag anders beïnvloed op een tamelijk onvoorspelbare wijze. Hierbij treedt een agger op – een vrij sterke, maar kortstondige rijzing van het

zeewater tijdens de eb –, en juist die agger maakt een nauwkeurige voorspelling van het verloop van het verticaal getij in de L.W.-periode nog moeilijker. Een geringe fout in de voorspelling van deze agger, en dus van de tijd waarin het water in het buitengebied na L.W. dezelfde stand bereikt als aan de binnenzijde van het sluitgat, kan al oorzaak zijn van afwijkingen tussen de kenteringstijdstippen die men bij de modelproeven vindt, en die welke in het sluitgat zelf worden gemeten.

Het zou ons te ver voeren binnen het kader van dit artikel, wanneer we kanttekeningen gingen plaatsen bij alle uitgevoerde caisson-plaatsingen. In plaats daarvan willen we liever de modelresultaten toelichten behorende bij twee verschillende caissonplaatsingen, namelijk die van 27 april en die van 1 mei,

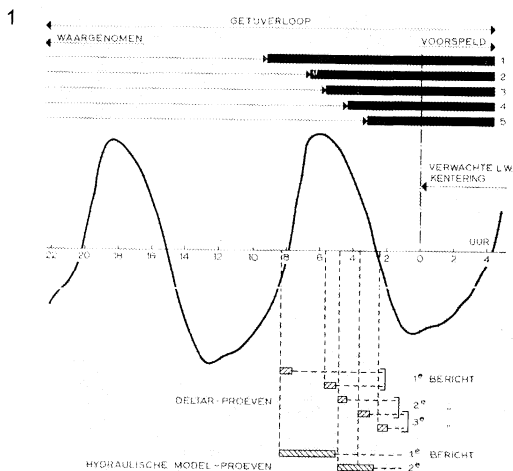
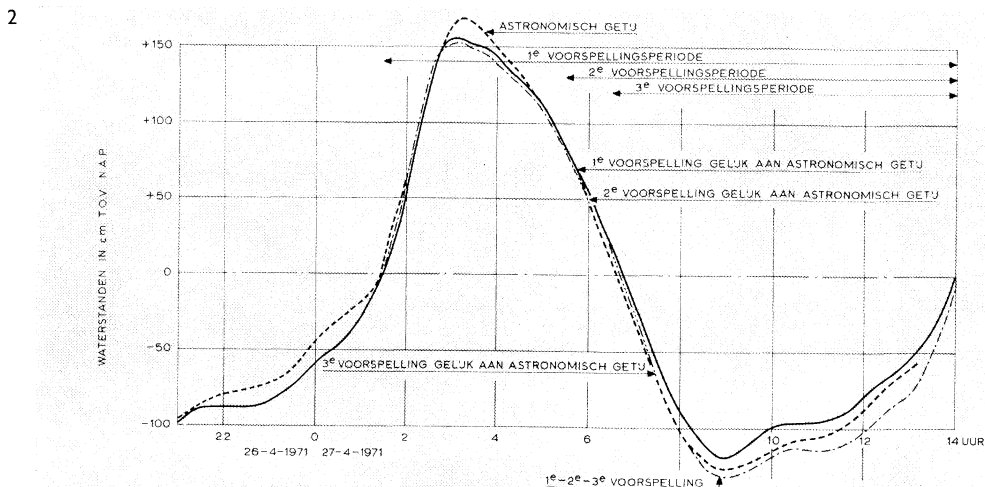


Fig. 1. Tijdschema van de verschillende voorspellingen en modelproeven voor de waterloopkundige begeleiding

Fig. 2. Voorspelling van het verticale getij voor de plaatsing van een caisson op 27 april 1971. De getrokken lijn geeft het werkelijke getij weer.



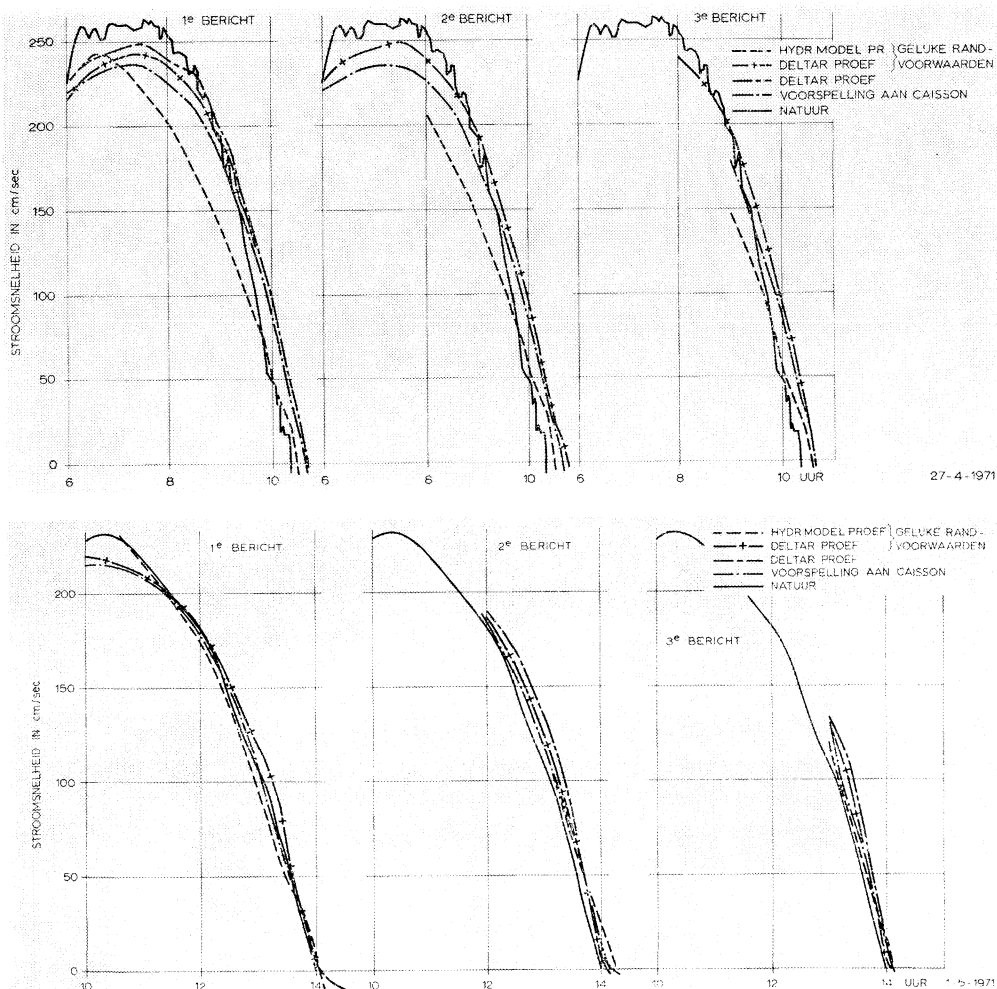
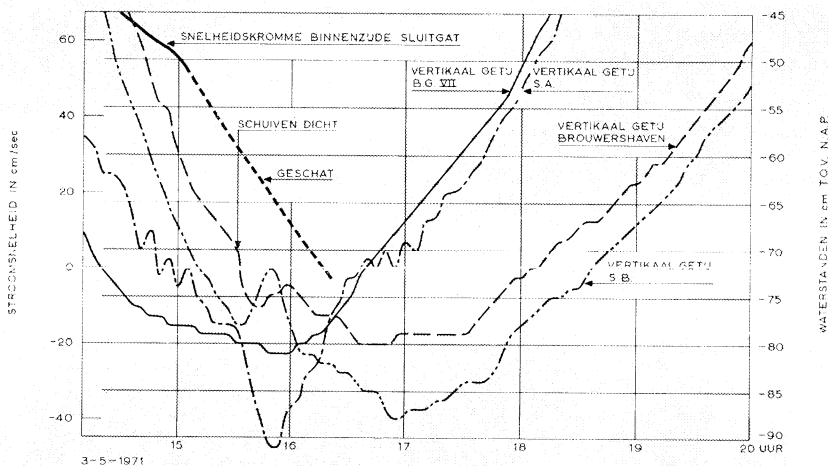
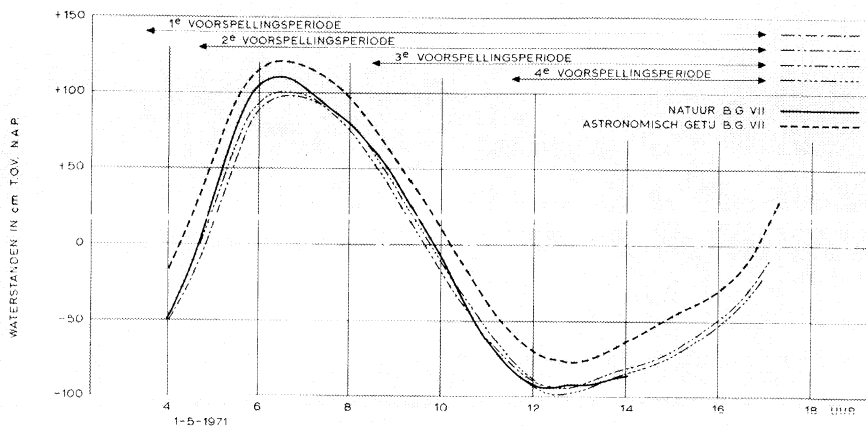


Fig. 3. Verloop van de snelheden in het noordelijk sluitgat volgens modelproeven, berichten en natuurmetingen; op 27 april (boven) en op 1 mei 1971 (beneden)

de laatste. Het zijn beide extremen, in die zin dat op 27 april een zeer groot verschil werd opgemerkt tussen de gemeten en voorspelde kenteringstijdstippen – niet minder dan 16 minuten! –, terwijl het verschil op 1 mei opvallend klein was. De afbeeldingen 2 en 4 geven het verschil weer tussen het voorspelde en het gemeten getijverloop. Duidelijk ziet men dat het water op 27 april bij de meetpaai BG VII veel sneller steeg dan was voorspeld, waardoor het kenteringstijdstip in het noordelijk sluitgat ten opzichte van de voorspelling werd vervroegd.

Hoe is de overeenkomst tussen het voorspelde en het in de natuur gemeten horizontale getij in het noordelijk sluitgat nu in het algemeen geweest, in vergelijking met bijvoorbeeld die in het Volkerak in 1969? Om dat te zien moet men Bericht 49 (augustus 1969)



ops!aan, waar de operationele waterloopkundige begeleiding van de sluiting van het Volkerak wordt behandeld. De tabel aldaar op pag. 474 laat zien, dat de verschillen tussen voorspelling en werkelijkheid toen over het algemeen kleiner waren dan bij de sluiting van het noordelijk sluitgat van het Brouwershavense Gat. Dat is wel verklaarbaar. De voorspellingen ten behoeve van de Volkerakafsluiting betroffen steeds de H.W.-kenteringen, in het Brouwershavense Gat daarentegen voorzover het de doorlaatcaissons betrof de L.W.-kenteringen. Dit maakt op zichzelf al een belangrijk verschil uit: de H.W.-periode is eenvoudiger te voorspellen dan de L.W.-periode. Dit wordt nog verergerd door de optredende agger.

Het geulenstelsel in en rondom het sluitgat in het Volkerak maakte een exacte bepaling van

Fig. 4. Voorspelling van het verticale getij voor de plaatsing van een caisson op 1 mei 1971. De getrokken lijn geeft het werkelijke getij weer

Fig. 5. Vertikaal getij ter plaatse van BG VII en te Brouwershaven, en snelheidskromme aan de binnenzijde van het noordelijk sluitgat op het moment dat de schuiven werden gesloten, 3 mei 1971

het kenteringstijdstip mogelijk, zowel in de natuur als in de modellen, zulks in tegenstelling tot het ingewikkelde geulenpatroon in en rondom het noordelijk sluitgat in het Brouwershavense Gat, waar het stroombeeld gedurende een korte periode voor en na de kentering zeer wisselvallig is. Bovendien lagen de randvoorwaardestations voor de modelproeven bij de Volkeraksluiting – Stavenisse, Hellevoetsluis en Hoek van Holland – op veel grotere afstand van het sluitgat dan de randvoorwaardestations BG VI en BG VII voor de modelproeven bij de afsluiting van het Brouwershavense Gat. Daardoor was bij de Volkeraksluiting de looptijd van het verticale getij ter plaatse van de genoemde randvoorwaardestations tot aan het sluitgat veel groter, hetgeen de voorspelling van het getijverloop eenvoudiger maakte, omdat het hoogwater reeds als een bekende waarde kon worden gebruikt.

In het Volkerak had men te maken met één sluitgat. In het Brouwershavense Gat werden twee sluitgaten gelijktijdig gesloten. Het kenteringstijdstip in het noordelijk sluitgat was in belangrijke mate afhankelijk van het doorstroomprofiel in het zuidelijk sluitgat. Goede informatie omtrent de stand van het werk aldaar was dus essentieel. Uit modelproeven in het Waterloopkundig Laboratorium is gebleken dat een verschil in hoogte van bijvoorbeeld 1 meter van de zuidelijke blokkendam het kenteringstijdstip in het noordelijk sluitgat ca. 10 minuten verschoof. Informatie aangaande de opbouw van de blokkendam werd 24 uur voor een caissonplaatsing aan het centrum te 's-Gravenhage verstrekt en aan de hand van in het begin van 1971 uitgevoerd hydraulisch modelonderzoek verwerkt tot operationele gegevens voor de verschillende modellen.

De randvoorwaarden voor het modelonderzoek werden verkregen uit gegevens van de getijmeetpalen BG VI en BG VII. Deze twee meetpalen verschillen echter wat hun instrumentarium betreft. BG VI was een golfmeetpaal en BG VII een getijmeetpaal met een vlotterinstrument. Het N.A.P.-merk op de palen was door de grote afstand tot de kust slechts bij benadering juist overgebracht. Dat was mede oorzaak van de onnauwkeurigheid in de voorspelling van het kenteringstijdstip. Een verschil van 10 cm resulteert blijkens modelproeven al in een afwijking van ca. 10 minuten in de voorspelling van het kenteringstijdstip. Al deze factoren maakten verschillen tussen modelproef en natuur mogelijk van maximaal 20 minuten.

Op 3 mei 's middags om vijf over half vier,

nog voor de L.W.-kentering was ingetreden, werden de schuiven van de caissons neergelaten. De ebstream die op dat moment nog liep, deed de waterstand na de volledige sluiting van de caissondam aan de binnenzijde snel rijzen, terwijl het peil aan de buitenzijde van het sluitgat extra daalde, zodat in 10 minuten een verval over het sluitgat ontstond van ongeveer 25 cm. (fig. 5).

Zolang de zuidelijke afsluiting na 3 mei nog niet voltooid was, kon het getij nog in praktisch het volledige Grevelingenbekken blijven doordringen. Het tijverschil te Brouwershaven nam evenwel snel af door de voortdurende vernauwing van het doorstroomprofiel van het zuidelijke sluitgat, aanvankelijk nog door het storten van blokken, daarna door het opvullen van de holle ruimten met grind. Voor de caissonplaatsingen van 20 april, 23 april en 1 mei heeft men met de computer naderhand controle-berekeningen uitgevoerd, dus met het natuurgetij als randvoorwaarde. In de tabel op pag. 471 worden voor de laatste caissonplaatsingen de resultaten weergegeven naast die van de overeenkomstige Deltaproeven en de snelheidsmetingen in het sluitgat zelf. Duidelijk blijkt dat de DeltarResultaten beter met de natuurmetingen overeenstemmen dan de uitkomsten van de computerberekeningen. Met het vorderen van de vernauwing van het zuidelijk sluitgat nemen de afwijkingen van de computerberekeningen meer toe dan die van de Deltaproeven. Vooral de simulatie van de hydraulische omstandigheden in het zuidelijk en noordelijk sluitgat zijn bij de computerberekeningen voor verbetering vatbaar; nader onderzoek is hier gewenst. Men dient te bedenken, dat met de Deltar langdurige ervaringen zijn opgedaan, terwijl de computer voor deze problemen pas sinds kort wordt gebruikt. Ook bestaan er tussen de computer- en Deltarsimulatie enige theoretische verschillen, met andere woorden: zij zijn niet beide op dezelfde wijze met gegevens gevoed, elk van beide kent specifieke verfijningen die de ander niet bezit.

De samenwerking van de verschillende groepen, die bij deze operationele begeleiding waren betrokken, is uitstekend geweest. De resultaten van de waterloopkundige voorspelling kunnen alleszins bevredigend worden genoemd. De begeleiding heeft een wezenlijke bijdrage geleverd aan het goede verloop van de afsluitingswerkzaamheden in het Brouwershavense Gat. Dit geldt zowel voor de planning van de sluitingsoperatie als voor de sluiting zelf.

Door de afsluiting van het Grevelingen-estuarium in mei 1971 vielen daar bijna van de ene op de andere dag invloeden weg die er eeuwen hadden geheerst. Eb en vloed dempten uit en de dagelijkse verversing van het bekken met zeewater hield op. De stroming kwam vrijwel tot stilstand. Wat overbleef was een semistagnant zoutwatermeer.

Inmiddels is een omvangrijk onderzoek aangevangen naar de fysische, chemische, bacteriologische en biologische veranderingen die onder invloed van de afsluiting in het zoute water optreden. Na verloop van een aantal jaren en met name wanneer door de afsluiting van de Oosterschelde het Zeeuwse Meer zal zijn gevormd, verandert de situatie opnieuw; dan zal het Grevelingenmeer verzoeten. De studie van de ontwikkeling die het Grevelingenmeer in de overgangsfase doormaakt, is juist vanwege het saliene en semistagnante karakter van het meer van onmiddellijke betekenis voor de toekomstige situatie wanneer ook in de Oosterschelde het getij zal wegvallen. De studie draagt namelijk bij tot het wetenschappelijke inzicht dat nodig is om de betekenis van een eventuele compartimentering van het Zeeuwse Meer in zoete en eventueel ook saliene gebieden te kunnen beoordelen.

Vandaar dat frequent en intensief onderzoek geboden is van de veranderingen in het water in het Grevelingenmeer en de daarmee samenhangende veranderingen in de samenstelling van levensgemeenschappen. Behalve informatie over wat zich afspeelt op lange termijn moet ook een beeld worden opgebouwd van het gedrag van het water in het meer in kortere tijdsbestekken. Er moet kennis worden verzameld omtrent de wind-invloed, het optreden van gelaagdheid (stratificatie), de zuurstofhuishouding, eutrofiëringsverschijnselen, de invloed van lokale lozingen en de invloed van uit te voeren inrichtings- en aanpassingswerken. Het onderzoek met betrekking tot de waterkwaliteit van het Grevelingenmeer omvat in hoofdzaak studies met betrekking tot de

De eerste gevolgen van de afsluiting van het Grevelingenbekken

kwaliteit van het water in het meer zelf, en met betrekking tot de invloed van lokale belastingbronnen.

Het eerstgenoemde onderzoek vindt plaats door bemonstering van het water in zes punten, drie met een permanent en drie met een semi-permanent karakter. Verscheidene kwaliteitsindicatoren van op deze plaatsen genomen watermonsters worden ter plaatse of in het laboratorium bepaald. Dit onderzoek is gesplitst in een fysisch-chemische, een bacteriologische, een biologische en een bodemkundige sector.

Het onderzoek naar de lokale belastingbronnen bestaat voornamelijk in kwantificering van de belasting. Ze bestaat grotendeels uit uitgeslagen polderwater, in meerdere of mindere mate verontreinigd door afvalwater van huishoudelijke of industriële aard en stoffen die zijn gebruikt in de landbouw. Bij dit onderzoek verlenen de omliggende waterschappen en polders hun medewerking. Ook wordt dit onderzoek gecoördineerd met de activiteiten van het Delta-instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke en van het Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater te Voorburg. De eerste werkzaamheden zijn begonnen in mei 1971.

Omdat de waarnemingen nog maar een korte periode beslaan zal een beschrijving van de kwaliteit van het Grevelingenwater moeten berusten op een voorlopige indruk aan de hand van nog onvolledige gegevens. Ook wat de biologisch uitwerking van de veranderingen betreft kan nog maar een zeer voorlopige indruk worden weergegeven.

Een belangrijke factor voor het aquatisch

- △ FYSISCH-CHEMISCHE BEMONSTERING
- BACTERIOLOGISCHE ..
- BIOLOGISCHE ..
- BEMONSTERING POLDERWATER

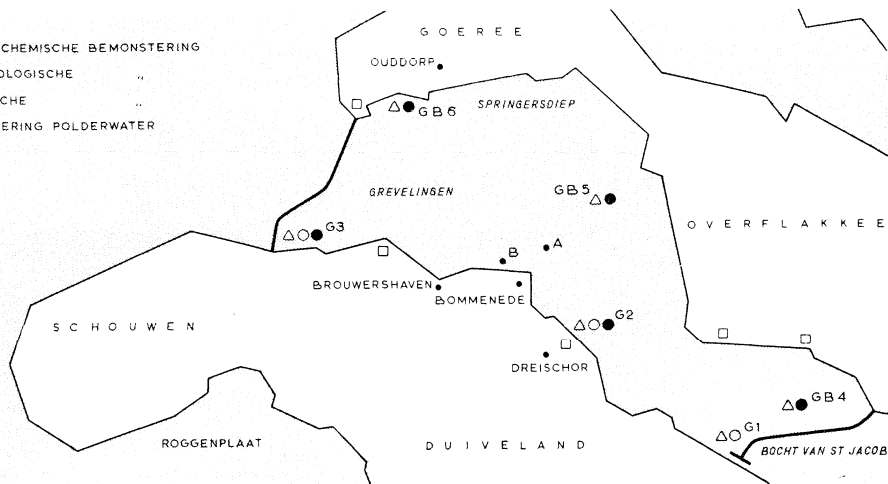


Fig. 1. Bemonsteringspunten volgens het programma van de afdeling milieu-onderzoek

milieu is het zuurstofgehalte. Het is ondermeer afhankelijk van de temperatuur van het water en van de hoeveelheid erin opgeloste zouten. Bij de verdeling van de zuurstof over de diepte van het meer speelt de waterbeweging een belangrijke rol. Deze bevordert de menging van oppervlaktewater met dat van diepere lagen, en is onmisbaar voor een regelmatige en voldoende zuurstofvoorziening op grotere diepte. Nu de getijinvloed is weggevallen is zo'n mengproces hoofdzakelijk te verwachten van driftstromen, die in het meer optreden onder invloed van de wind. Een driftstroom ontstaat doordat de wind de waterlagen aan de oppervlakte in beweging brengt. Deze slepen als gevolg van de inwendige wrijving voornamelijk door turbulentie de diepere waterlagen mee. Was de diepte van het meer overal gelijk, dan zou

na een periode waarin de wind steeds in één richting gewaaid had, op den duur een evenwichtstoestand ontstaan, en wel zo dat het bovenste deel van het water in de windrichting stroomde, en het gedeelte bij de bodem in tegengestelde richting; de snelheid zou gemiddeld over de verticaal juist gelijk zijn aan nul. Aan het ene uiteinde van het meer zou de waterstand hoger zijn dan het gemiddelde, en aan de andere kant evenveel lager. In het Grevelingenmeer zijn echter geulen aanwezig, en daardoor is het stromingsbeeld veel gecompliceerder. Naar de windeffecten op de waterbeweging wordt sinds vorig najaar een onderzoek ingesteld, enerzijds vanwege het belang dat dit effect heeft voor de zuurstof- en voedselverdeling, anderzijds omdat men er gegevens aan wil onttelen voor het ontwerpen van oeververdedigingswerken langs de drooggevallen gronden en zandplaten. Ter illustratie wijden we een korte bespreking aan een onderzoek dat is gedaan in de stormperiode van 20 tot en met 23 november 1971 en waarbij in het bijzonder aandacht is geschonken aan de stroomsnelheid en stroomrichting in de geulen ter hoogte van de Hoek van Bommenede en aan de op- en afwaaiing ter plaatse van zes peilschalen langs de oevers van het meer.

Om de stroom te registreren werden in de punten A en B van fig. 2 zgn. 'Flachsee'-stroommeters verankerd, die tegelijk de richting en de snelheid opnemen. In punt A, waar de bodem ligt op N.A.P. - 15 m, werd gemeten op een diepte van 3 m boven de bodem en op 2,25 m beneden het wateroppervlak; in punt B, waar de bodemdiepte gelijk is aan N.A.P. - 11 m, werd gemeten op

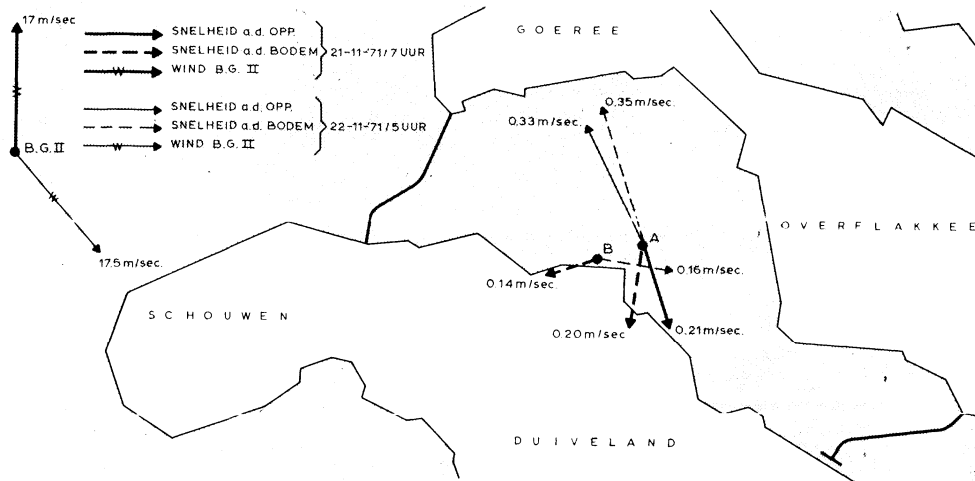


Fig. 2 Snelheid van wind en water in een aantal meetpunten op 21 en 22 november 1971

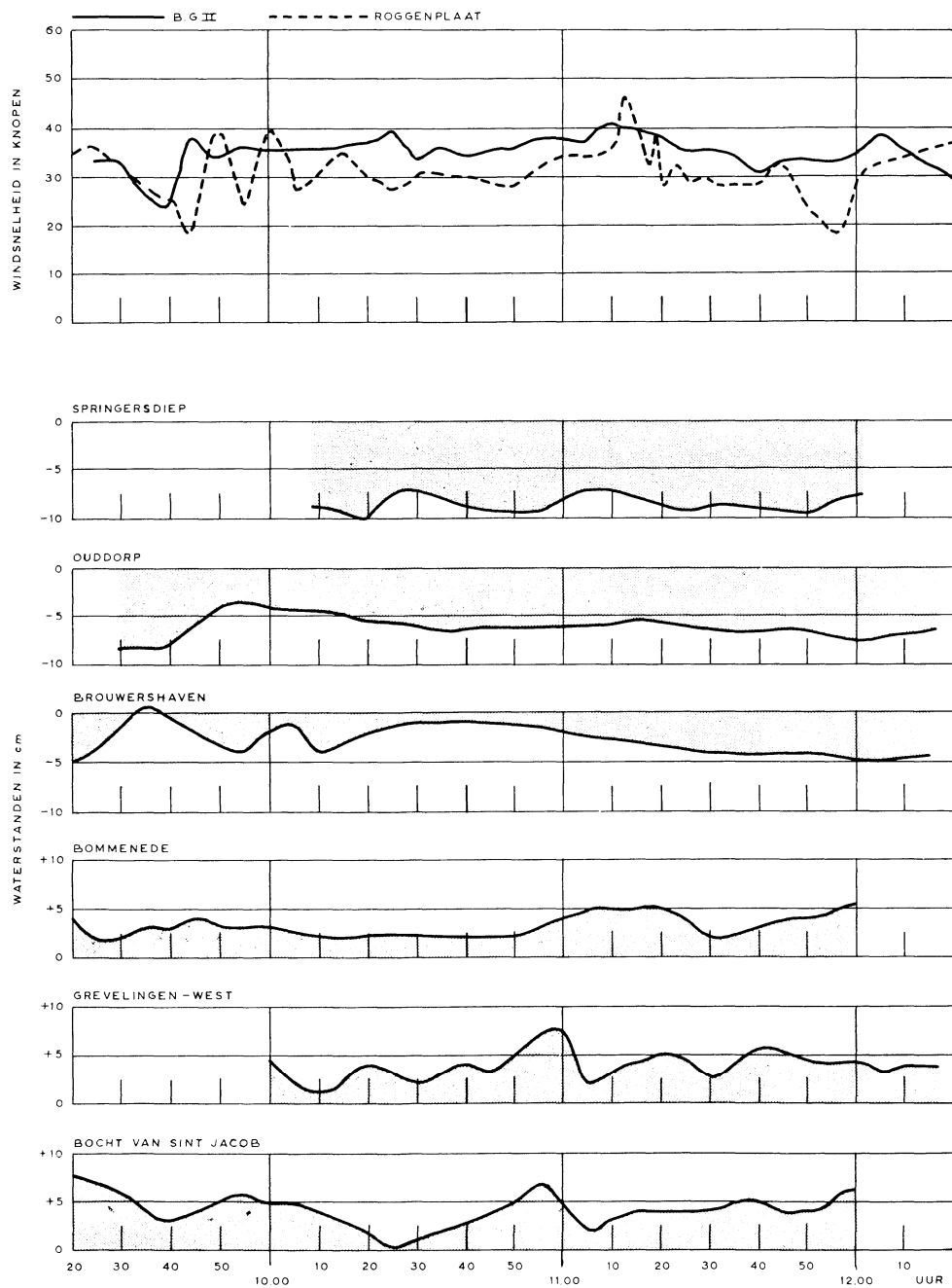
Fig. 3. Op- en afwaaiing, geregistreerd in een aantal peilschalen rondom het Grevelingenmeer; 22 november 1971

2,50 m boven de bodem. Tegelijkertijd werden de waterstanden geregistreerd in een aantal punten aan de rand van het meer. Windrichting en -snelheid werden gemeten op de meetpaal B.G. II, die ongeveer 7 km uit de kust voor de mond van het Brouwershavensche Gat staat.

Figuur 3 brengt een deel van de resultaten in beeld. Nabij de Brouwersdam ligt de waterspiegel 8 cm beneden het gemiddelde; bij de Grevelingendam werd 5 cm opwaaiing geregistreerd. De lijn waarlangs de waterspiegel de gemiddelde waterstand sneed, liep tussen Brouwershaven en Bommenede. In punt A (fig. 2) blijken bij een zuidenwind zowel de oppervlakte- als de dieptedriftstroom tegen de wind in te lopen. De stroom nabij de bodem in punt B is gericht naar het west-zuidwesten. Toen de in kracht gelijk blijvende wind van 180° draaide naar 325° , over 145° dus, veranderden de stromingen in de punten A en B met een ongeveer gelijk aantal graden van richting. Uit de registraties van wind en stroom is ook nog de relatie afgeleid tussen de in punt B.G. II gemeten windsnelheid en de in punt A geregistreerde driftstroomsnelheid. De stroom had daar een snelheid gelijk aan 1,5 % van de windsnelheid.

Het opmerkelijke feit dat de stroom in punt A zowel aan de oppervlakte als bij de bodem op een gegeven moment tegen de wind inliep, kan waarschijnlijk worden verklaard aan de hand van het onregelmatige bodemprofiel van het Grevelingenmeer. De door platen van elkaar gescheiden geulen zijn ongelijk van breedte en diepte. Het door de wind veroorzaakte verhang is evenredig met de tweede macht van de windsnelheid en om-

gekeerd evenredig met de waterdiepte. In ondiepe delen van het meer zal derhalve een groter verhang optreden dan in de diepe geulen. Hierdoor ontstaan waterstandsverschillen in een lijn loodrecht op de windrichting, met als gevolg rondstromingen in het horizontale vlak. In de minder diepe delen zal de stroomrichting dan dezelfde zijn als de windrichting, maar in diepe geulen is het mogelijk dat onder invloed van wind en verhang juist een tegenstelling ontstaat tussen de richting van stroom en wind. Het belangrijkste resultaat van de proef is in dit verband wel de vaststelling dat de door de wind opgewekte snelheden in het meer ook in de diepe geulen zo groot kunnen worden dat het water er behoorlijk wordt gemengd, hetgeen de waterkwaliteit in het algemeen gunstig zal beïnvloeden.



Lage zuurstofgehalten in de diepere waterlagen komen voor wanneer zich bij windstil weer veel zuurstof vereisende processen afspelen, zoals bij mineralisatie van afgestorven organisch materiaal. (tabel I). Bij afwezigheid van stromen en turbulenties kan de zuurstof slechts tot de diepere lagen doordringen door over grotere afstanden langzaam verlopende diffusie-processen. Evenzeer als de stroomsnelheid blijkt ook de temperatuurverdeling over de waterdiepte in hoge mate afhankelijk van de windsnelheid en windrichting aan de oppervlakte. (tabel II). De dichtheidsverschillen die bij verschil in watertemperatuur optreden, kunnen de uitwisseling nog verder belemmeren. Geringe wind is echter al voldoende om enige zuurstofuitwisseling tot stand te brengen, en de ergste zuurstoftekorten in de diepere waterlagen te voorkomen. In augustus 1971 stelden sportduikers op 20 m diepte een stroomsnelheid vast van 3 tot 5 cm/sec.; de windsnelheid bedroeg op dat moment 2 tot 4 m/sec.

In de periode direct na de afsluiting van het estuarium is de zuurstofhuishouding in belangrijke mate beïnvloed door een primaire belasting met organisch materiaal en een secundaire met voedingsstoffen. De primaire belasting, die ontstaat door het afsterven van een groot deel van de oorspronkelijke flora en fauna in het water, en de secundaire als gevolg van mineralisatieprocessen, tot uiting komend in de opbloei van fyto- en zoöplankton, resulteerden in grote schommelingen in het zuurstofgehalte. In de laatste maanden lijkt het mineralisatieproces in intensiteit af te nemen, vermoedelijk in eerste instantie als gevolg van de lagere temperatuur maar vermoedelijk ook door de vermindering van de hoeveelheid organisch materiaal. De invloed van de mineralisatie komt ook tot uiting bij de secundaire belasting met voedingsstoffen. De hoeveelheid organische stikstofverbindingen nam af. Ook het ammoniumgehalte vertoont een dalende lijn, hetgeen erop zou kunnen wijzen dat de mineralisatie zich voornamelijk heeft afgespeeld onder aërobe omstandigheden. (fig. 5).

Tabel I: windstil weer

Gemiddelde diepte in meters	Gemiddelde temperatuur in °C	Gemiddelde o/oo Cl'	Gemiddelde hoeveelheid O ₂ in gr/l
4	17,5	16,7	9,53
12	15,0	16,7	6,49
20	13,5	16,7	0,94

De sterke toename van het gehalte van anorganisch orthofosfaat moet in belangrijke mate worden toegeschreven aan de mineralisatie; de belasting door het polderwater is namelijk in dit opzicht relatief gering. In hoeverre hier sprake is van fysische en/of chemische processen op het grensvlak tussen bodem en water vormt thans een punt van onderzoek. Ten gevolge van sedimentatie, flocculatie en mineralisatie is de helderheid van het water sedert de afsluiting aanzienlijk toegenomen; de doorzichtigdiepte steeg van ongeveer 2 tot 4 meter. (fig. 4).

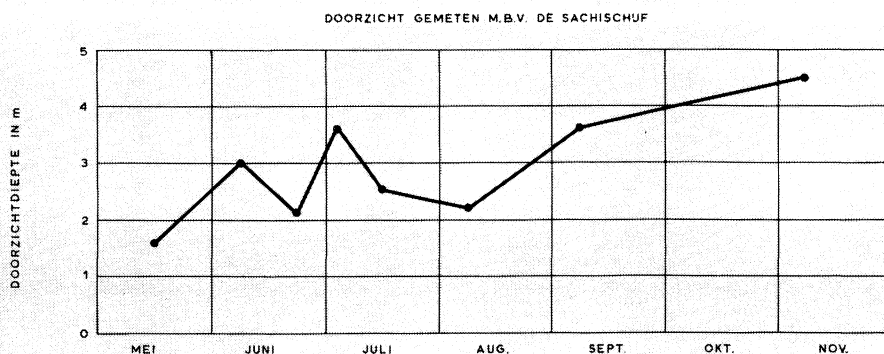
Op enkele waarnemingspunten in geulen is op de zandige bodem een 5 tot 8 cm dikke laag van een donkere substantie aangetroffen, die in dichtheid niet veel lijkt af te wijken van het water erboven. Pogingen worden in het werk gesteld om monsters te bemachtigen van deze substantie, en haar te onderzoeken op C/N-verhouding, gloeirest, granulaire samenstelling en micro-organismen; dit onderzoek zal plaats vinden in samenwerking met het Delta-instituut voor Hydrologisch Onderzoek te Yerseke en het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren. De plotselinge verandering die de afsluiting van het estuarium in de oorspronkelijke levensomstandigheden teweeg bracht, heeft voor nagenoeg alle organismen in het meer of in de onmiddellijke nabijheid ervan, consequenties gehad. Massale sterfte trad op van dieren in de getijzone; dit werd indirect weer de oorzaak van een tijdelijke zweefvliegenplaag. Ook in de diepere lagen stierf de fauna grotendeels af. De neergeslagen organische stof en de afgestorven organismen werden door heterotrofe organismen zoals bacteriën en schimmels gemineraliseerd, hetgeen de zuurstofbehoefte in de diepere lagen aanzienlijk deed stijgen, vooral ook onder invloed van de vrij hoge temperatuur en de optredende windstilte in de aanvangsfase. Onder de gewijzigde omstandigheden kon de toevoer de onttrekking van zuurstof, met name bij windstil weer, niet in evenwicht houden en massale sterfte was het gevolg. De voormalige levensgemeenschappen op grotere diepten zijn dus verstoord of ver-

Diepte in meters t.o.v. water- oppervlak	Temperatuur in °C	Zuurstofverzadiging in percenten	Globale omschrijving van de windsnelheden en windrichting
0,5	17,5	110	zwakke wind uit zuidoostelijke richting
12,0	16,6	75	
23,0	16,5	73	
0,5	20,7	147	zwakke wind uit zuidwestelijke richting
12,0	19,8	87	
23,0	16,7	24	
0,5	6,5	89	matige wind uit zuidwestelijke richting na een periode met globale omschrijving van de krachtige wind
12,0	6,0	86	
23,0	6,0	80	

Tabel II: invloed van wind

dwenen. Voor de toekomst weten we nu in elk geval zeker, dat de oorspronkelijke levensgemeenschap in het water vroeg of laat na de afsluiting van een zee-arm voor een groot deel sterft ten gevolge van zuurstofgebrek, veroorzaakt door stratificatie bij afwezigheid van driftstromen. Het zwaarst getroffen worden soorten die sterk aan een plaats gebonden zijn, zoals schelpdieren, zee-pieren en bloemdieren. Meer mobiele dieren kunnen bij dreigend zuurstoftekort of bij het optreden van een andere levensbedreiging vaak nog een goed heenkomen zoeken. Zo werd in een periode van windstilte aan het eind van juli 1971 nabij Dreischor door sport-duikers waargenomen dat er garnalen in grote aantallen omhoog waren gekropen en zich in een voor hen gunstige zuurstofrijke omgeving enkele meters beneden de water-spiegel hadden verzameld.

Fig. 4. Verloop van de door-zichtdiepte van het water van het Grevelingenmeer



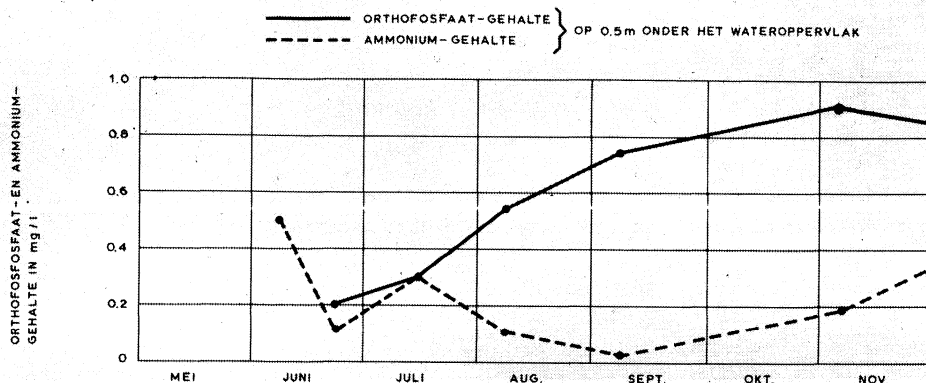


Fig. 5. Verloop van het gehalte aan orthofosfaat en ammonium in de tweede helft van 1971

Momenteel staan nog te weinig gegevens ter beschikking om een exact antwoord te kunnen geven op de vraag in hoeverre een regeneratie zal optreden in een zout, brak of zoet milieu en wat de aard en het tempo van een dergelijke regeneratie zal zijn. De evaluatie van de gevolgen van de afsluiting der zeegaten zal zich in hoofdzaak moeten richten op de gevolgen op langere termijn. De directe gevolgen van het schoksgewijs ingrijpen in het milieu zullen ons reeds het nodige kunnen leren, maar de resultaten van voortgezet onderzoek naar te verwachten herstel kunnen niet worden ontbeerd. Het lijkt zinvol voorafgaand aan de toekomstige afsluiting van de Oosterschelde veel aandacht aan de geschetste problematiek te besteden. Zo moet onder meer een zuurstofbalans worden opgesteld, om na te gaan hoeveel zuurstof er voor de mineralisatie van het vrijkomende organische materiaal beschikbaar en nodig is. Voorts moet bestudeerd worden onder welke omstandigheden de mineralisatie het minst schade doet aan

de oorspronkelijke aanwezige levensgemeenschap. Analyse van de donkere substantie op de bodem van het Grevelingenmeer zal wellicht de aard ervan kunnen ophelderen en een antwoord geven op de vraag, of de mogelijk schadelijke invloed ervan kan worden beperkt. Het zal voorts nodig zijn het proces van regeneratie nauwkeurig te volgen om de biologische waarde ervan te kunnen bepalen en om eventuele maatregelen ter verbetering te kunnen voorstellen.

De interesse voor milieuproblemen is de laatste jaren ongetwijfeld gestegen. Maar ook neemt het probleem zelf grotere vormen aan. De instituten voor wetenschappelijk onderzoek in het Deltagebied hebben reeds lang van tevoren maatregelen getroffen om de optredende veranderingen te bestuderen. Ze deden dit allereerst uit wetenschappelijke overwegingen, maar in toenemende mate ook met het doel de afsluitingen met wetenschappelijke adviezen te kunnen begeleiden en om een verantwoord beheer voor te bereiden. De nieuwe afdeling Milieu-onderzoek van de Deltadienst zal door coördinatie van lopend en door aanvullend onderzoek trachten antwoorden te formuleren op vragen, die voor het beleid van essentieel belang zouden kunnen zijn. Het is uit het hier gegeven overzicht van de problemen wel duidelijk dat er een zeer gecompliceerd gebeuren aan de gang is, waarin naast fysische, chemische en biologische processen ook hydrodynamische en meteorologische krachten hun invloed doen gelden. Slechts een onderzoek op brede basis, waarin alle genoemde facetten de aandacht krijgen, zal meer inzicht kunnen verschaffen in het complexe gebeuren.

De uitbreiding van het sluizencomplex in het Volkerak

Reeds in het eerste jaar na het in gebruik stellen van de Volkeraksluizen bleek de omvang van de scheepvaart door deze sluizen veel groter te zijn dan de bij het ontwerp van het complex gebruikte prognose, opgesteld in 1957, aangaf. De capaciteit van het schutsluizencomplex dient derhalve zo spoedig mogelijk te worden vergroot.

Kort na de ingebruikneming van het schutsluizencomplex in het Volkerak, op 3 november 1967, bleek het scheepsaanbod al zo groot te zijn dat zich zelfs bij normale weersomstandigheden aanzienlijke wachttijden voordeden. De cijfers over 1968 toonden duidelijk aan hoe sterk het scheepvaartverkeer door het Volkerak in de afgelopen jaren was toegenomen.

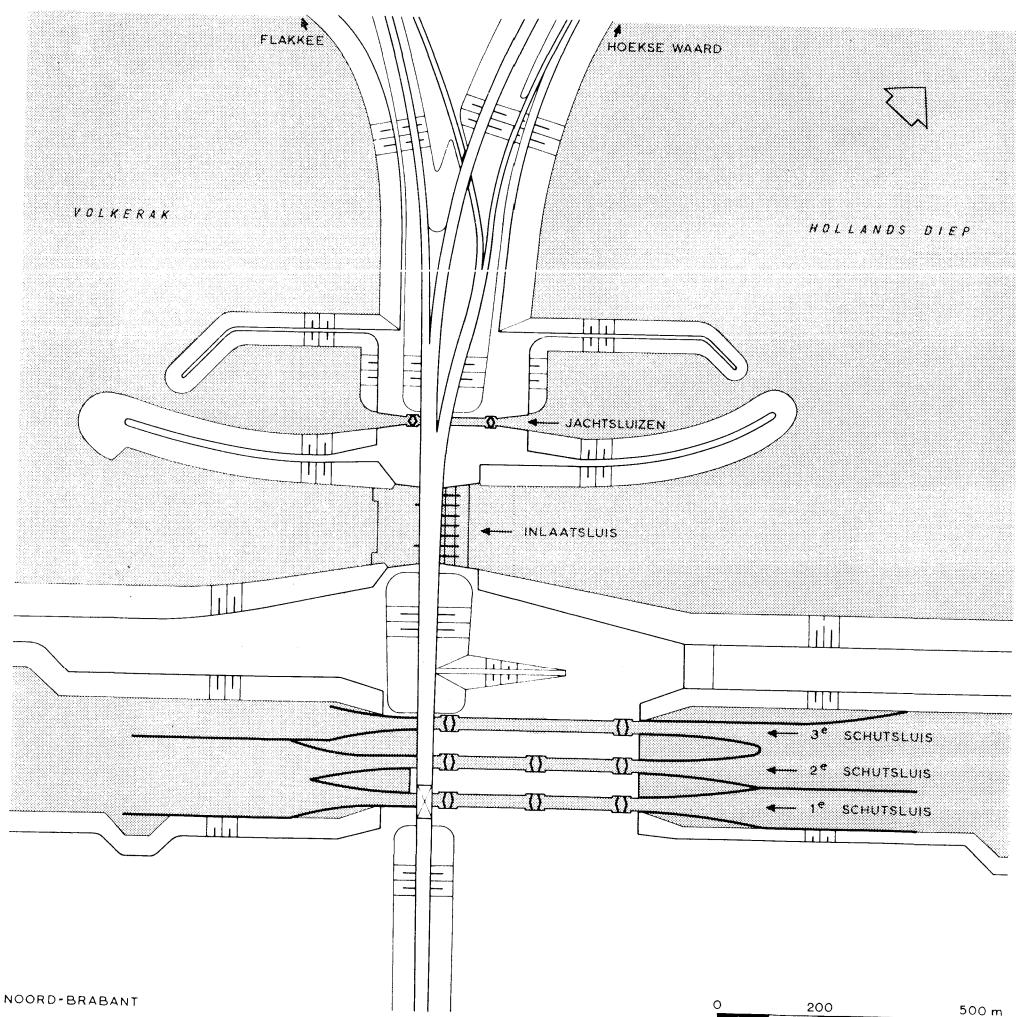
In 1957 passeerden 99 000 schepen met een totaal laadvermogen van 50 miljoen ton het Volkerak. In 1968 werden 170 000 scheepspassages met een totaal laadvermogen van 120 miljoen ton geteld. Daarmee werd de prognose van 1957 met 45% overschreden voor wat betreft het aantal geschutte schepen, en voor 40% wat betreft het gemiddeld tonnage der schepen. Het aantal schepen is met 5% cumulatief per jaar toegenomen, terwijl het passerend laadvermogen zelfs steeg met 8% cumulatief per jaar.

Daarbij moet men evenwel bedenken dat het verkeer door de Volkeraksluizen thans voor 30% bestaat uit zandschepen, komende van of op weg naar de Oosterschelde. Beschouwt men alleen het overige transport, dan blijkt dit in aantal te zijn gestegen met 4% per jaar cumulatief. Dit percentage is niet uitzonderlijk in vergelijking met de ontwikkeling elders. De naar men destijds meende ingebouwde overcapaciteit bestemd om de verdere groei

alsmede verkeerspieken na storm of mist op te vangen, was al meteen verdwenen; het gehele vermogen bleek direct nodig voor het normale schutbedrijf. Wachttijden waren vanaf het begin onvermijdelijk. Zelfs onder normale omstandigheden liepen ze sinds de opening nog verder op door verdere toeneming van het scheepsaanbod en door vermindering van de maximumcapaciteit van het complex ten gevolge van de grotere waterstandsverschillen na de afsluiting van het Volkerak op 28 april 1969. De capaciteitsvermindering van 20% van de oorspronkelijke capaciteit zal tot aan de afsluiting van de Oosterschelde merkbaar zijn. Daarna zal het waterstandsverschil aanzienlijk afnemen. Uitgaande van een voortgaande stijging van het scheepsaanbod, zullen, als het sluizencomplex niet zou worden uitgebreid, over enkele jaren ontoelaatbare wachttijden ontstaan, zeker wanneer door beschadiging of voor onderhoudswerkzaamheden één sluis tijdelijk moet uitvallen. De noodzakelijke capaciteitsvergroting kan worden gevonden in de bouw van een derde schutsluis voor de beroepsvaart en door de bouw van een afzonderlijke sluis voor de jachtvaart. Voor een derde schutsluis is al vanaf het eerste ontwerp van het complex ruimte gereserveerd, zie bijvoorbeeld Bericht nr. 18 (nov. 1961); ten behoeve van de afsluiting van het Volkerak werd het gereserveerde terrein in 1966 tijdelijk bestemd voor de aanleg van een bouwdok voor doorlaatcaissons. De derde sluis zal dezelfde kolkafmetingen krijgen als de aanwezige sluizen en dus 320 x 24 m meten. Ook de drempeldiepte op N.A.P. – 6,25 m zal gelijk zijn aan die van de bestaande schutsluizen. De derde sluis zal echter niet met een tussenhoofd worden uit-

gerust. Hiertoe is besloten op grond van het feit dat de kleine capaciteitswinst die men in theorie verkrijgt door de constructie van een tussenhoofd niet opweegt tegen de extra kosten, terwijl het bedrijf bij beschadiging van een deur toch nog redelijk zal kunnen functioneren met de twee andere sluisen. Het is de bedoeling in het nieuwe complex elke sluis in principe nog maar voor doorvaart in één richting te gebruiken. Hierbij zal de nieuw te bouwen westsluis voor de afvaart, dus in zuidelijke richting, en de oostsluis voor de opvaart worden gebruikt, waarbij de middensluis aanbodsverschillen kan vereffenen. Dit systeem van schutten zou pas volledig kunnen worden gerealiseerd wanneer ook over de derde sluis een beweegbare brug zou komen te liggen. Thans worden alle hoge vaartuigen geschat door de oostsluis, die met

Overzicht van de uitbreiding



zijn beweegbare brug een onbeperkte doorvaarthoogte biedt. De betrekkelijk geringe winst aan capaciteit die met deze vervolmaking zou worden verkregen, weegt echter niet op tegen de hogere bouwkosten, de langere bouwtijd en het feit dat een voor het verkeer op de Zoomweg ongewenste situatie ontstaat, wanneer het kort achter elkaar twee beweegbare bruggen ontmoet. Op grond van deze overwegingen is besloten de derde sluis niet met een beweegbare brug uit te rusten.

De jachtensluis

Gedurende de zomermaanden passeert een groot aantal jachten de Volkeraksluizen. In juli 1968 maakten ruim 1900 jachten van de sluizen te Willemstad gebruik, dat wil zeggen 35% van alle jachten die de sluizen in het gehele jaar passeerden. In de maanden juni, augustus en september passeerde respectievelijk 17, 23 en 14% van het jaaraanbod, dus in een periode van slechts 4 maanden 90% van het jaartotaal van 5445 jachten de sluizen. Bovendien werden tijdens de week-eienden bijna tweemaal zoveel jachten geschutz als op een werkdag. Zo passeerden in juli 1968 op een gemiddelde dag tijdens het week-einde 85 jachten de sluizen. Het spitsuur valt hierbij voor de afvaart tussen 9 en 13 uur en voor de opvaart tussen 12 en 16 uur. In 1969 bleek de recreatievaart met 20% te zijn toegenomen ten opzichte van het voorafgaande jaar; tijdens de spitsuren meldden zich op een gemiddelde weekeinddag in juli van dat jaar 31 jachten om geschut te worden. Gezien de ontwikkeling van de watersport in Zeeland lijkt een groei van 20% per jaar voor de eerstvolgende jaren een redelijke prognose. In 1975 moeten dan op een gemiddelde weekeinddag 300 jachten worden geschut en kunnen zich tijdens een spitsuur op zo'n dag 110 jachten melden.

De recreatievaart wordt thans zo goed mogelijk met de beroepsvaart meegeschut. Reeds onder de tegenwoordige omstandigheden lopen de jachten een vrij groot risico van beschadiging door de zware beroepsvaartuigen, en de beroepsvaart ondervindt van de jachten veel vertraging. Het samengaan van de beroeps- en recreatievaart zal in de toekomst, ondanks de uitbreiding van het sluisencomplex in de zomermaanden leiden tot een te grote capaciteitsvermindering. Dit kan alleen worden voorkomen door het bouwen van een aparte sluis voor de jachten.

De recreatievaart brengt echter nog een probleem met zich. Uit de in de afgelopen jaren verkregen cijfers blijkt dat 0,4% van het aantal vaartuigen in de beroepsvaart een brug-

opening vraagt, doch dat de brug moet worden geopend voor niet minder dan 8,21% van de passerende jachten.

Voortgaande groei van het aantal jachten zou betekenen dat in 1975 op een gemiddelde weekeinddag in juli 12 brugopeningen moeten worden gegeven met een totale openingsduur van ongeveer 1½ uur, en dat bij een brug die is gelegen in rijksweg 19, die Noord-Brabant via Haringvlietbrug en Heinenoordtunnel met Rotterdam verbindt en via de Beneluxtunnel ook met den Haag!

Een globale prognose voor het wegverkeer op deze weg op een gemiddelde weekeinddag in juli 1975 bedraagt 37 000 voertuigen. Op grond van deze cijfers is het zonder meer duidelijk dat naar een oplossing gezocht moest worden die het aantal brugopeningen zoveel mogelijk beperkt. De oplossing is gevonden door over de jachtensluis een vaste brug te ontwerpen met een doorvaarthoogte van ruim 19 m, hetgeen een belangrijke vergroting betekent van de thans bij gesloten brug beschikbare doorvaarthoogte van 14,70 m. De verwachting is dat bij deze doorvaarthoogte op een gemiddelde dag in 1975 gemiddeld minder dan één brugopening nodig zal zijn. Men denkt nog in 1980 met 20 brugopeningen in een zomermaand te kunnen volstaan.

Bij het bepalen van de kolkafmetingen van de jachtensluis is uitgegaan van de gedachte dat de sluis ook bij de voortzetting van de sterke groei van het aantal jachten nog 10 jaar na het gereedkomen voldoende capaciteit moet bezitten.

Aan de hand van de beschikbare cijfers is men tot de conclusie gekomen dat een sluis met een schutcapaciteit van 90 jachten per uur aan deze eis voldoet.

Bij het bepalen van de sluisbreedte rees de vraag of de jachtensluis gedurende de winterperiode niet tevens als reservesluis voor de beroepsvaart gebruikt kan worden. Deze vraag kon, mede vanwege de doorvaarthoogte van N.A.P. + 19 m zonder meer bevestigend worden beantwoord.

Op grond van deze nevenbestemming zijn de kolkafmetingen bepaald op 142 x 16 m. De drempeldiepte is voorlopig, met het oog op de bruikbaarheid voor hoge beroepsvaart, vastgesteld op N.A.P. - 6,25 m en dus gelijk aan die van de andere sluizen.

De inlaatsluis in de Volkerakdam

Tot aan de afsluiting van de Oosterschelde in 1978 zal het water ten zuiden van het Volkerakcomplex zouter zijn dan dat ten noorden van de sluizen. In de zomer van 1970 bedroeg het gemiddeld chloridegehalte in de zuid-

lijke voorhaven 10 à 12 mg Cl⁻/l en in de noordelijke voorhaven slechts 0,3 à 0,5 mg Cl⁻/l.

Als gevolg hiervan wordt bij elke schutcyclus een hoeveelheid zout van het Volkerak op het Haringvliet gebracht.

Door het bouwen van de derde schutsluis en de jachtensluis zou een ontoelaatbare verhoging van het chloridegehalte op het Haringvliet optreden en van hieruit eveneens op het Spui en de Oude Maas. Hierdoor zouden zelfs het waterwinbedrijf op de Berenplaat en de watervoorziening van het Brielse Meer gevaar kunnen lopen.

Nu doet zich de omstandigheid voor, dat het voor de beheersing van de waterstand en de waterkwaliteit op het toekomstige Zeeuwse Meer nodig blijkt, in de dam door het Volkerak een inlaatwerk naar het Zeeuwse Meer in te bouwen. Deze sluis zou niet vóór 1978 gereed hoeven te zijn. Door deze inlaatsluis voor het Zeeuwse Meer vroeger te bouwen dan voor het primaire doel nodig is, kan het zoutbezwaar van de schutsluizen tijdig worden ondervangen. Bij eb kan het in het Haringvliet doorgedrongen zout immers grotendeels worden teruggespuid. Het ligt daarom in de bedoeling dat gelijktijdig met de totstandkoming van de derde Volkeraksluis een inlaatsluis in de Volkerakdam gereedkomt.

Het ontwerp voor de inlaatsluis is gebaseerd op uiteindelijke eisen, die dus gaan gelden op het ogenblik dat de Oosterschelde is afgesloten. In de periode daarvoor is de spui-capaciteit groter in verband met de veel lagere laagwaterstanden op het Volkerak. Na de afsluiting van de Oosterschelde in 1978 zal de waterstand op het Zeeuwse Meer in het algemeen op N.A.P. worden gehandhaafd. Het waterstandsverloop op het noordelijk bekken hangt af van de afvoer van de grote rivieren en het in verband hiermee toe te passen lozingsprogramma van de Haringvlietssluizen. Bij het ontwerp is men ervan uitgegaan dat gemiddeld een debiet van 300 m³/sec gespuid moet worden, maar dat de spuicapaciteit in perioden met grotere Rijnafvoeren tot gemiddeld 600 m³/sec moet kunnen worden opgevoerd.

Dit betekent, uitgaande van de toestand na 1978, dat de inlaatsluis een nuttige doorsnede moet krijgen van ongeveer 500 m².

Er zijn twee modellen onderzocht, te weten een open inlaatsluis met drie openingen van 34 m breedte elk en een drempel op N.A.P. – 5,00 m, en een kokersluis met 4 x 2 openingen van 15 m gelegen tussen N.A.P. – 6,00 m en N.A.P. – 3,25 m. Gezien het

feit dat de doorlaatcoëfficiënt van het eerste type 0,95 bedraagt en die van het tweede 1,5, volgt hieruit voor beide modellen een nuttig profiel van 500². Bij een open inlaatsluis treden aanzienlijke ontgrondingen op, terwijl een kokersluis veel hogere eisen stelt aan afsluitmiddelen. Gekozen is voor een open inlaatsluis met 3 openingen van 34 m breedte elk, en een drempel op N.A.P. – 5.00 m.

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

De verhoging van de zeeweringen langs de Westerschelde in West-Zeeuws-Vlaanderen is voor het laatst behandeld in Bericht nr. 35 (februari 1966). Er werd toen aandacht besteed aan de hoogwaterkering tussen Breskens en de uitwateringssluis bij Nummer Een, een werk dat in 1968 voltooid is opgeleverd. Ook het stuk dijk ten Westen van Duivelshoek, waarvan in dat Bericht sprake was, is in 1968 klaargekomen.

Als volgend werk werd de verzwaring en verhoging ter hand genomen van de zeedijk van de calamiteuze Hoofdplaatpolder, voor zover gelegen ten oosten van het dorp Hoofdplaat.

De vraag rijst wellicht waarom niet eerst het aansluitende stuk van Nummer Een naar Hoofdplaat werd uitgevoerd. De reden voor de gekozen uitvoeringsvolgorde is, dat oostelijk van Hoofdplaat een inlaagdijk ontbreekt, waardoor de achterliggende gebieden tot aan de verhoging van de primaire zeewering aan extra risico waren blootgesteld.

De bestaande dijk van de calamiteuze Hoofdplaatpolder oostelijk van Hoofdplaats was 2700 m lang, en had een kruinhoogte variërend van N.A.P. + 5,50 m tot 5,80 m. Het buitenbeloop had een helling van 1 : 3 tot 1 : 3,5, en was tot aan de buitenberm voorzien van een glooiing, opgebouwd uit zuilen bazalt en Vil-Voordse steen. De buitenberm lag op een hoogte van N.A.P. + 2,75 tot 3,20 m en was 8 tot 10 m breed.

Aan weerszijden van de haven van Hoofdplaat, die werd gevormd door een instulping van de waterkering, bevonden zich in en direct achter de zeedijk zeven betonnen bunkers; aan de oostzijde stonden de gebouwen van een graanverwerkingsbedrijf. In de haven mondde een uitwateringssluis uit, waardoor water werd geloosd van de Thomaespolder en de oostelijke helft van de Hoofdplaatpolder. Het afvalwater van het dorp Hoofdplaat werd door een achter de dijk geplaatste pompinstallatie via een persleiding door de zeedijk in de haven gepompt. Oostelijk van de haven kruisten vier hoogspanningskabels de dijk, die samen kwamen in een naast de binnenberm gelegen overgangsstation. Vanaf dit station liep een 50 KV-kabel oostwaarts in de binnenberm van de dijk.

De vooroever had zich in de afgelopen vijftig jaar niet in die mate ontwikkeld dat er reden bestond om het tracé van de nieuwe dijk

Versterking van een gedeelte van de zeewering bij Hoofdplaat in Zeeuws-Vlaanderen

anders te kiezen dan dat van de oude. Tussen de haven van Hoofdplaat en Nol Zeven, waar tot het eind van de vorige eeuw oevervallen optraden, heeft de stroomgeul zich in noordelijke richting verlegd, en zandt de vooroever sterk aan. De breedte van het voorland dat bij eb droogvalt, bedraagt op dit punt thans 130 tot 200 m. Onmiddellijk ten oosten van Nol Zeven lag de laagwaterlijn op slechts 50 m uit de teen van de oude waterkering, een afstand die verder oostwaarts toenam tot 130 m. Dit gedeelte van de vooroever is in de loop van de 19e eeuw voorzien van een aangeengesloten verdediging, waarmee een goede beveiliging tegen verdere afnemering werd verkregen. In de ligging van de laagwaterlijn en de helling van het onderwaterbeloop is sedert 1900 geen wijziging meer opgetreden.

De versterking van de bovenomschreven zeewering is ontworpen als een verzwaring en verhoging aan de landzijde van de oude dijk. Overal is het bestaande tracé gevolgd, behalve bij de haven en op de plaats van de nieuwe uitwateringssluis. Door afdamming van de haven werd een verkorting van het tracé verkregen. Ter plaatse van de nieuwe uitwateringssluis moest landwaarts van de bestaande hoogwaterkering een ongeveer 300 m lang nieuw dijkvak worden aangelegd. Dat hing samen met de uit hydraulische overwegingen gekozen richting van de sluis, namelijk in het verlengde van het afwateringskanaal. Het meest oostelijke deel van de dijk voor de Hoofdplaatpolder, 200 m lang, is niet binnen het bestek van dit werk opgenomen, omdat het beter past in de uitvoering van de dijkverbetering voor de Thomaespolder. Deze werkindeling hangt samen met de bocht-afsnijding die op het aansluitpunt van beide

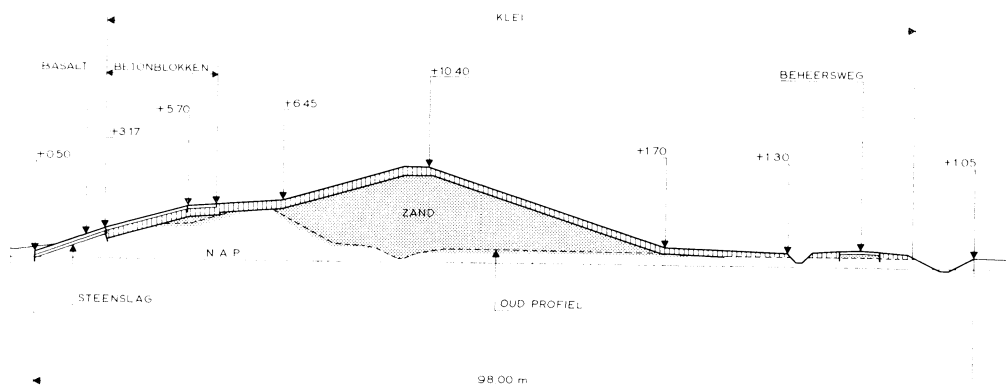
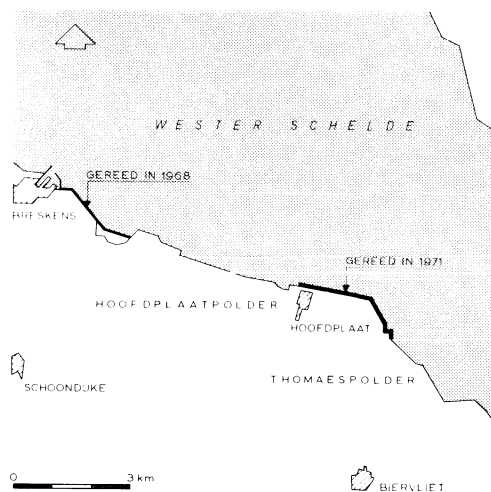
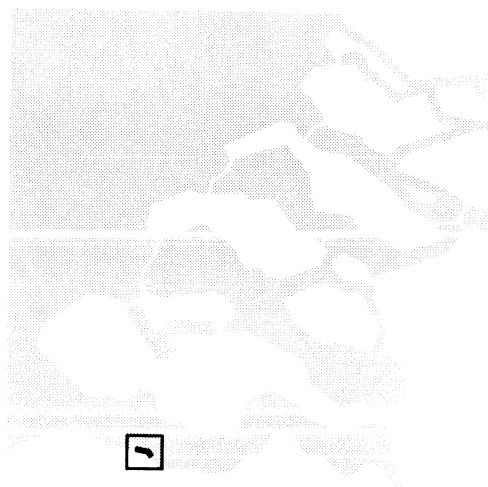
dijken is geprojecteerd. Als voorlopige versterking is over die 200 m dijk alvast de later benodigde bekledingsklei tegen het binnenbeloop gedeponeerd.

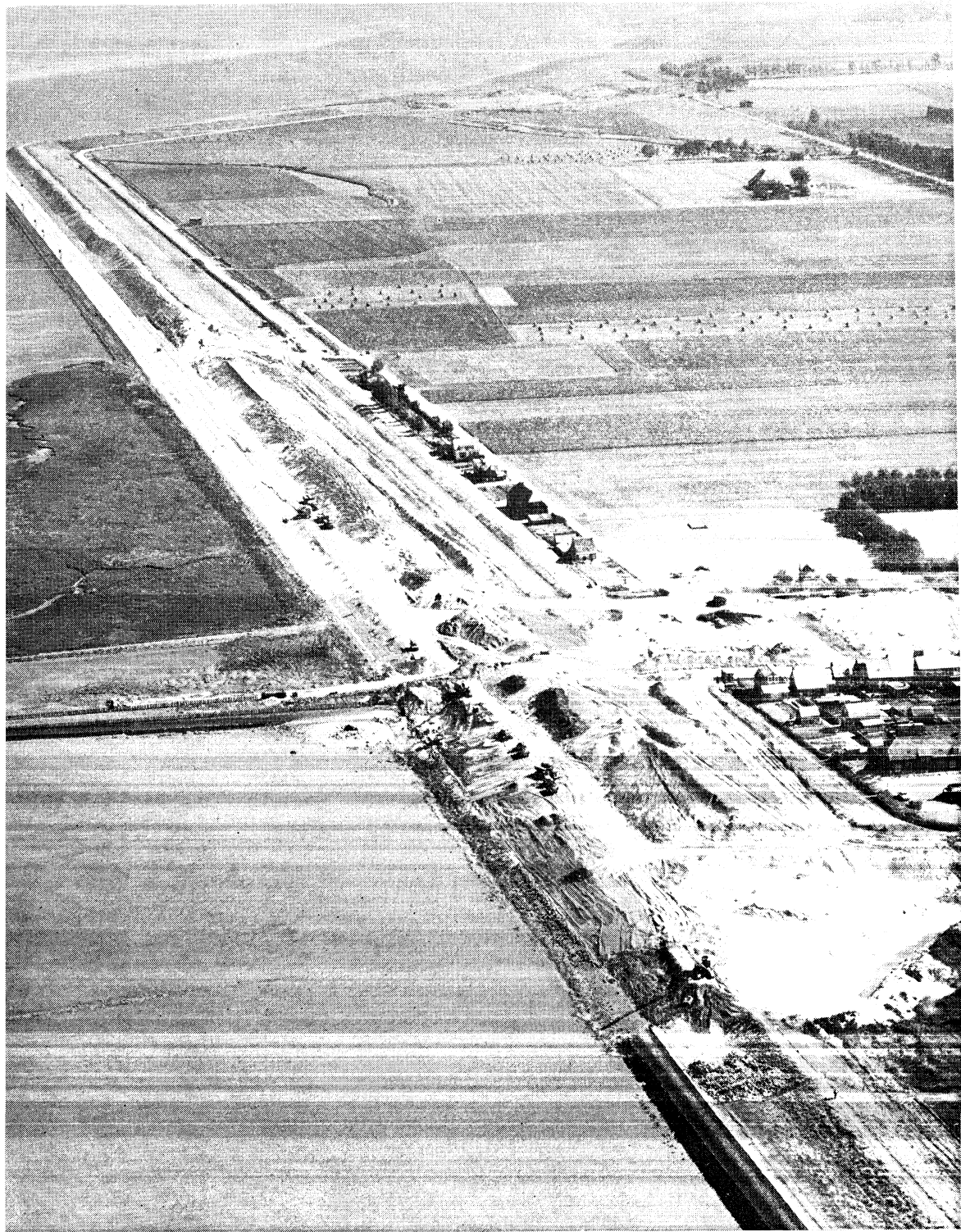
Voorafgaand aan de versterking van de zeedijk werden de bunkers en de gebouwen van de graanschoonderij opgeruimd, werden de hoogspanningskabels verlegd en werd het overgangsstation verplaatst. In de oostelijke hoek van de Hoofdplaatpolder werd achter de bestaande zeedijk een nieuwe uitwaterings-sluis gebouwd met twee kokers van 2 bij 3 m. Deze sluis vormt een onderdeel van het waterbeheersingsplan van het waterschap 'Het Vrije van Sluis'. Na het gereedkomen van de dijkverzwaringswerken tussen Hoofdplaat en de Braakmanpolder zal hij drie oude uitwaterings-sluizen gaan vervangen, waaronder die te Hoofdplaat-haven. Door de nieuwe sluis te

Ligging van de beschreven dijkverhoging en doorsnede van de nieuwe dijk

Geheel rechts: het werk aan de dijkverbetering bij het dorp Hoofdplaat.

Opname van augustus 1970





bouwen vóór een van de oude sluizen buiten gebruik werd gesteld, behoefde men niet op andere wijze, bijvoorbeeld door middel van bemaling, in de afwatering te voorzien.

gemaakt en dat voorjaar 1971 werd voltooid, was over een groot aantal bestekken verdeeld. De kosten hebben bij benadering 7 miljoen gulden bedragen.

Het dwarsprofiel van het 2600 m lange nieuwe dijkvak is niet overal gelijk. Het verschil in ligging ten opzichte van de stormstreek verklaart waarom de kruinhoogte van het dijkgedeelte westelijk van Nol Zeven ligt op N.A.P. + 10 m, en de buitenberm er 10 m breed is, en de kruin oostelijk van dit punt op N.A.P. + 8 m, bij een buitenbermbreedte van 6 m. De buitenberm ligt overal op N.A.P. + 5,65 m.

Het beloop van de buitenzijde van de nieuwe dijk heeft een helling van 1 : 3,5; het binnenbeloop kreeg een helling van 1 : 3. De al aanwezige glooiing werd met 20 cm dikke betonblokken opgetrokken tot de hoogte van de buitenberm, waar ze nog over een breedte van 3 m werd voortgezet. Op de 10 tot 25 m brede binnenberm werd een 4 m brede onderhoudsweg aangelegd.

De voor de zandkern benodigde ruim 700 000 m³ zand werd gezogen in de Westerschelde, aan de rechteroever van het Vaarwater langs Hoofdplaat. De ongeveer 80 000 m³ klei voor de bekleding van het buitenbeloop, de buitenberm en de kruin werd verkregen door een gedeelte van een binnendijk in de omgeving tot maaiveldhoogte af te graven.

De over dit dijkgedeelte lopende grind- en asfaltweg is na de afgraving herlegd. Ongeveer 58 000 m³ klei, nodig voor de bekleding van het binnenbeloop, werd verkregen uit afgraving van de oude dijk en uit het door het nieuwe werk in beslag genomen terrein. De kleilaag is aan de buitenzijde en op de kruin 80 cm dik, en op het binnenbeloop 60 cm.

Tegelijk met de dijkversterking werden enige andere werken uitgevoerd. Bij het herzetten van de bestaande glooiing werd de Vilvoordse steen vervangen door zuilen bazalt. Buitendijks werd een suatiegeul gegraven voor de nieuwe uitwateringssluis. De oude sluis, die uitmondde in de haven van Hoofdplaat, is gesloopt, en de spuikom gedempt. In de Hoofdplaatpolder werd een nieuwe hoofdwaterleiding gegraven en ook de rioolwaterafvoer werd aangepast aan de gewijzigde situatie. Vanaf het rioolgemaal tot aan het nieuwe lozingspunt aan de kop van de westelijke havendam ligt nu een nieuwe afvoerleiding, terwijl de capaciteit van de pompinstallatie is vergroot.

Het werk, waarmee in 1969 een begin werd

Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Werken aan en rondom de afsluitdam

Het spuitwerk aan de strandverbreding en het zanddepot voor de Brielse Dijkkring waren in augustus gereedgekomen, zodat de zandzuiger 'Adamas' kon worden afgevoerd. De afwerking van de afsluitdam door het Rak van Scheelhoek werd geheel voltooid. Bij het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen en op het Voornse plateau werden parkeerterreinen aangelegd. De voetgangerstunnel bij het Voornse plateau kwam gereed, alsook de koker die de weg voor langzaam verkeer ten zuiden van de uitwateringssluizen onder de hoofdverkeersweg doorleidt. Het werk aan de inlaatsluit van de Zuiderdiepboezem wordt nog voortgezet. In de verslagperiode werd de bedieningsruimte gebouwd. Half augustus was de aanleg van de westelijke rijbaan van de hoofdverkeersweg over de dam, Rijksweg 57, zover gevorderd, dat de weg, in verband met de opheffing van de veerdienst Hellevoetsluis-Middelharnis, in beperkte mate voor

pendelaars kon worden opengesteld. Inmiddels is deze rijbaan geheel gereed gekomen. Op 15 november werd de wegverbinding tussen Voorne-Putten en Goeree-Overflakkee officieel door H.M. de Koningin voor het verkeer geopend. De vangrail langs de verkeersweg wordt aan de thans geldende eisen aangepast. Dat houdt in dat de vangrailplanken door zwaardere worden vervangen, en dat een diagonaalverband wordt aangebracht. Bij het centraal bedieningsgebouw van de uitwateringssluizen is een dienstwoning met garage in aanbouw. In januari zal dat werk kunnen worden opgeleverd.

Volkerak

Bouwput voor een spui- en een jachtensluit in de Volkerakdam

Opnieuw werd de overeenkomst gewijzigd. Het zanddepot is vergroot van 800 000 tot 1 670 000 m³, en de opruiming van een zandasfaltkade nabij de Geul van Maltha werd toegevoegd aan de te verrichten werkzaamheden. De oplevering werd in verband hiermede met een maand verlengd, tot uiterlijk 31 januari 1972. Naar verwachting zal het werk

wel binnen die termijn klaar komen. Het cutterwerk voor de bouwput is gereed, de zandasfaltkade is opgeruimd, het zanddepot aangelegd en de bouwput gesloten.

Brouwershavense Gat

De damvakken door de sluitgaten

Op woensdag 13 oktober werd de laatste profielzuiger van het werk afgevoerd. Sedert 3 mei 1971 is in totaal 16,5 miljoen m³ zand in het werk geperst of gestort. Er is steeds naar gestreefd het aangebrachte zand, vooral aan de zeezijde, zo snel mogelijk te beschermen. Medio oktober was de gepenetreerde glooiing overal tot de volledige hoogte van N.A.P. + 5 m aangebracht, alsook het erop aansluitende asfaltbeton op de buitenberm. Twee maanden later werd het laatste asfaltbeton verwerkt, en was de gehele asfaltverdediging, die op het binnentalud inbegrepen, tot N.A.P. + 11 m, de kruinhoogte, gereed. Behalve gietasfalt en asfaltbeton is ook grindasfaltbeton gefabriceerd, voor de aanleg van wegen. De oostelijke parallelweg was op 15 november zover gevorderd, dat H.M.

de Koningin, vergezeld van een aantal genodigden onder wie de Minister van Verkeer en Waterstaat, na de openstelling van de weg over de Haringvlietdam een rijtoer kon maken over de Brouwersdam.

Twee van de drie asfaltinstallaties zijn in de loop van december afgebroken en afgevoerd. De derde installatie blijft staan om in het voorjaar en de zomer van 1972 asfaltbeton te fabriceren voor de nog resterende weggedeelten. Aan de meerzijde van de dam zijn glooiingen van Portugees graniet en koperslaktegels opgebouwd. Daarvoor ligt een oeverbescherming van kraagstukken.

De werkhavens Springersdiep, Kabbelaarsbank en Middelpaalt worden, met de erbij gelegen haventerreinen, aangepast aan het toekomstige peil van het Grevelingenmeer, op N.A.P. - 20 cm. De loswallen en haventerreinen worden verlaagd, proppen en meerpalen ingekort. De aanpassingswerken in de werkhavens Den Osse zijn voltooid.

Ruim een derde van de in totaal te verwerken 120 000 m³ klei voor de afwerking van de afsluitdam, is aangebracht. Het grootste deel daarvan werd per schip van de Maas aangevoerd. Een kleiner gedeelte werd ontleend aan het cunet voor de toekomstige tweede hoofdrijbaan van Rijksweg 57, de zogenaamde Dammenweg. Nabij de aansluitingen van de dam op Goree en op Schouwen worden

onder de wegen door voetgangerstunnels gebouwd. Nabij de aansluiting van de dam op Schouwen is aan de meerzijde een stuk strand dat door een dikke sliblaag minder geschikt was voor recreatie, opgehoogd met een 50 cm dikke laag schoon zand.

Oosterschelde

Werkhaven Sophiapolder

In de verslagperiode werden aangevoerd 95 000 ton mijnsteen, 68 000 ton stortsteen en 40 000 bossen rijshout. Hiervan werd een deel gebruikt voor de aanleg van het werkeiland Noordland; de rest werd in depot opgeslagen.

Werkeiland Neeltje Jans

Vanuit de zuidwestpunt van het eiland werd een zeewaarts gerichte 400 m lange stroomgeleidende krib uitgebouwd. Voor de bouw werden 2,5-tons zware betonblokken gebruikt, afkomstig uit de niet gebruikte reservevoorraad voor de sluiting van het Brouwershavense Gat. De blokken werden in het werk gebracht door een helikopter, een zogenaamde vliegende kraan; de bedoeling daarmee was, na te gaan of zulk werk door een vliegende kraan kan worden gedaan, en welke problemen zich daarbij voordoen.

Werkeiland Noordland

Het werkeiland kwam nagenoeg gereed. Alleen enkele ondergeschikte werkzaamheden mochten nog worden uitgevoerd. In totaal werd in het eiland 2 000 000 m³ zand verwerkt, 270 000 ton mijnsteen, 110 000 m² zinkstuk en 140 000 ton stortsteen. Tijdens de stormperiode omstreeks 20 november werd enige schade toegebracht aan de noordzijde van het eiland.

C. De werken ten Noorden van Hoek van Holland

Werkhaven en zeebassin op Texel

Mede door het zeer mooie nazomerweer is het werk voortgeraakt op het tijdschema. Op het terrein waar de werkhaven wordt ontgraven, staan onder meer twee opslagtanks, elk met een inhoud van 1000 m³. Deze tanks moesten over 200 m worden verplaatst. Om een van de tanks is een bassin gebouwd van 60 meter lengte, waarin de tank tot drijven werd gebracht, en daarna versleept naar het andere uiteinde. Via twee op het eerste aansluitende bassins werd de totale afstand van 200 meter zonder enige schade door de 40 ton zware tank afgelegd. De andere tank zal op soortgelijke wijze worden verplaatst.

Verantwoording van de foto's

Hofmeester	449	456			
v. d. Kan	461	463			
Nationaal Fotobureau	442	443			
Oorthuis	460				
Riemens	489				
Rijkswaterstaat	445	447	452	453	470
Studio D goes	458	464	465	466	467

Uitreiking van de Delta-zegel 495

A. De werken van het Deltaplan

De Brouwersdam opengesteld voor het
wegverkeer 496

De ontwikkeling van de modeltechniek, mede
onder invloed van de Deltawerken 498

Sedimentologisch onderzoek in het
Deltagebied 505

Zandverplaatsingen in de rivieren van het
noordelijk bekken na de afsluiting van het
Haringvliet 512

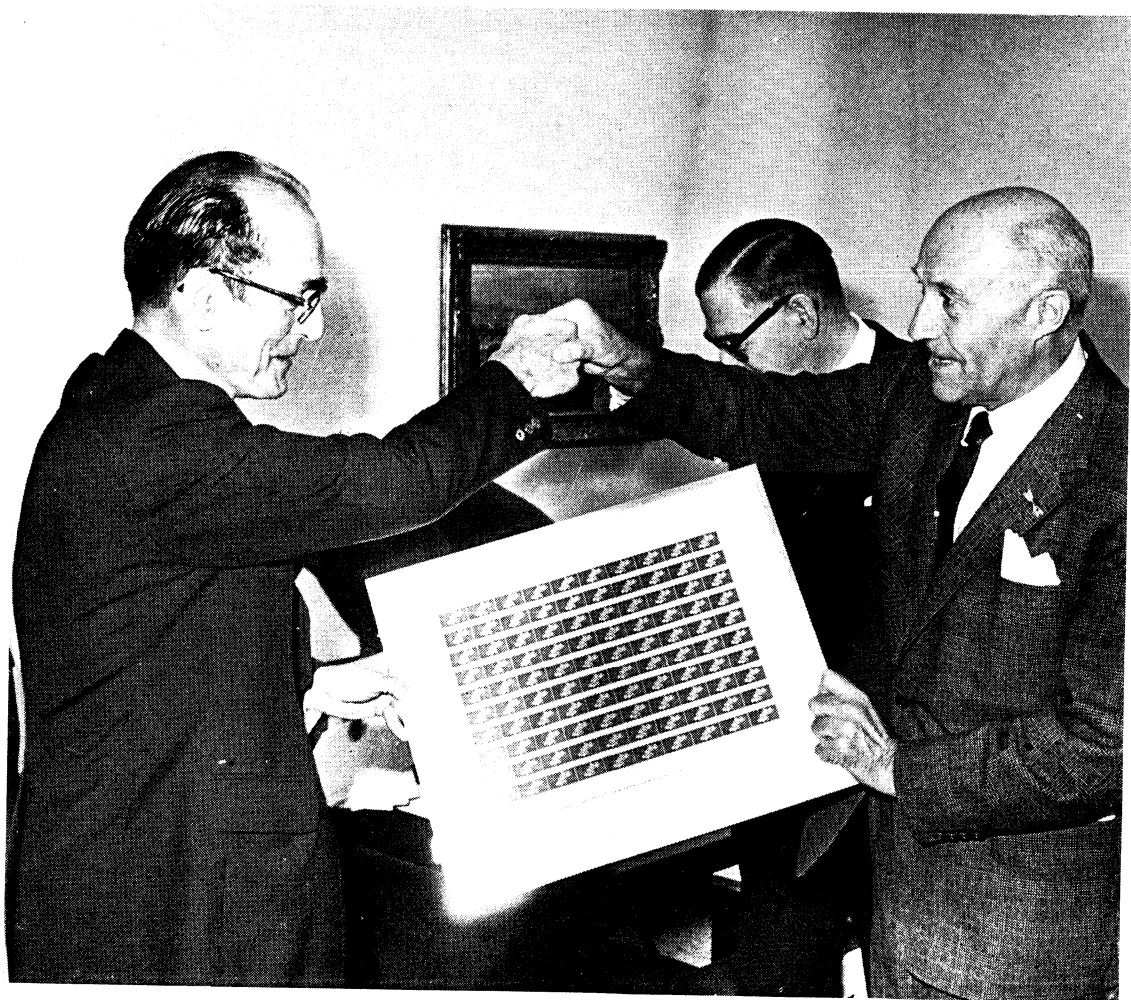
De bodemveranderingen aan weerszijden
van de Haringvlietsluizen 517

De verziltingstoestand op de wateren van het
noordelijk Deltabekken na de afsluiting van
het Haringvliet 521

D. De werken tot afsluiting van de Lauwerszee

De vissershaven Lauwersoog 534

Vorderingen 542



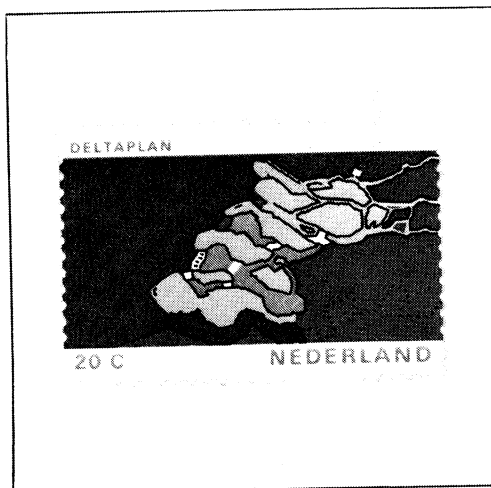
Uitreiking van de Delta-zegel

Op dinsdag 15 februari vond in de werkkamer van de minister van Verkeer en Waterstaat een kleine plechtigheid plaats ter viering van het verschijnen van de speciale Deltazegel die de Posterijen dit jaar hebben uitgebracht. In aanwezigheid van een aantal functionarissen van het Ministerie en van de Rijkswaterstaat werd de minister een rood carnet aangeboden waarin exemplaren waren opgenomen van na-oorlogse uitgaven van postzegels die verband houden met de Waterstaat, en een exemplaar van de zojuist uitgekomen Delta-zegel, voorzien van een eerstedag-afstempeling. Bovendien bood de directeur-generaal van de P.T.T. de minister een compleet vel Deltazegels aan met een speciale opdracht aan de Rijkswaterstaat, en deed daarbij het verzoek dit ingelijste vel postzegels een waardige plaats te verschaffen als wandversiering in een der Rijkswaterstaatskantoren.

Daarna kon de Delta-zegel, die hierbij enigszins vergroot wordt afgebeeld, zijn weg als frankeerzegel beginnen. Deze postzegel wordt slechts gedurende korte tijd uitgegeven, maar de geldigheidsduur is onbeperkt.

Aanvankelijk lag het in de bedoeling de zegel het licht te doen zien op 21 december, de dag dat de Koningin de dam door het Haringvliet officieel in gebruik stelde, en een rit maakte over de Brouwersdam. Daarna trachtte men 1 februari te halen, herdenkdag voor de watersnood van 1953. Uiteindelijk werd het om geen andere dan praktische redenen 15 februari.

De postzegel geeft de kaart van het Delta-gebied te zien in meerkleurendruk. Het ontwerp is van R. J. Draijer te 's-Gravenhage.



**De Brouwersdam opengesteld
voor het wegverkeer**





Toen op 15 november 1971 de Haringvlietdam officieel voor het verkeer werd opengesteld, maakte de Koningin – zoals men in de vorige aflevering heeft kunnen lezen – ook een autorit over de Brouwersdam. Dit wilde echter geenszins zeggen dat daarmee ook deze dam voor het openbaar verkeer was vrijgegeven. Zomin de toestand van de over de dam voerende, toen nog provisorische verbindingen – die in de eerste plaats als werkwegen moesten dienen – als die van de aansluitende wegverbindingen op de wederzijdse oevers maakte het verantwoord in dat stadium reeds het openbare verkeer toe te laten. Slechts de bij het werk aan de dam betrokkenen en de zogenaamde pendelaars tussen Goeree en Schouwen, aan wie een grote omweg kon worden bespaard, waren al eerder door middel van een pasjesregeling in de gelegenheid gesteld de dam als wegverbinding te gebruiken.

Inmiddels werd met voortvarendheid door-
gewerkt aan de totstandkoming van het
definitieve wegensstelsel, waarbij het werk-

schema erop gericht was zo snel mogelijk en reeds vóór de algehele voltooiing een verbinding te scheppen die het openbaar verkeer zou kunnen verwerken tot aan het begin van het zomerseizoen. Dan immers hoopt men – omstreeks 1 juli – alle op de dam ontworpen rijbanen gereed te hebben om de in de zomermaanden te verwachten piekbelastingen te verwerken. Men zal dan kunnen beschikken over een autoweg met twee rijstroken op het hoge gedeelte van de binnenberm, over twee parallelwegen – een op de lage binnenberm en een op de buitenberm – en over een parkeerplaats.

Juist voor de paasdagen, op donderdag 30 maart, kon een voorlopige, beperkte verbinding worden vrijgegeven door openstelling van de oostelijke parallelweg – bedoeld als weg voor langzaam verkeer – over het lage gedeelte van de binnenberm langs het Grevelingenmeer. Ook de aansluitende wegverbinding op Schouwen-Duiveland kon toen in gebruik worden genomen tot aan de provinciale weg Serooskerke-Renesse, zij het dat daarin nog enkele provisorische overgangen voorkomen. Hetzelfde gold voor de kop van Goeree, waar het gedeelte rijksweg vanaf de Westnieuwlandse dijk tot de aansluiting op de Brouwersdam voor het verkeer werd opengesteld. De openstelling ging gepaard met een bescheiden feestelijk vertoon in 'intieme' kring; behalve vertegenwoordigers van de Rijks- en de Provinciale Waterstaatsdiensten en de betrokken aannemersfirma's waren de burgemeester van Middenschouwen en Westerschouwen en de waarnemend burgemeester van Goedereede aanwezig; deze laatsten verrichtten ook de eigenlijke openingshandeling.

De Brouwersdam op 29 maart
1972. Links de zeezijde. De
gereedgekomen weg ligt aan
de meerzijde

De ontwikkeling van de model- techniek, mede onder invloed van de Deltawerken

In Bericht 58 (november 1971) werd een beschouwing gewijd aan de ontwikkeling die de waterbouwkundige techniek bij de afdamming van getijgeulen heeft ondergaan onder invloed van de grote afsluitingswerken van het Deltaplan. Ook voor de ontwikkeling van de modeltechniek betekenden de Deltawerken een belangrijke stimulans.

Bij de studies en onderzoeken die aan de aanpak van de afsluitingswerken voorafgaan en zonder welke de realisering van die werken onmogelijk moet worden geacht, is in het verleden en wordt ook nu nog in ruime mate gebruik gemaakt van laboratoriummodellen, vooral waar het waterloopkundig onderzoek betreft. Immers, de aanleg van de reeks van dammen die in het Deltaplan is voorzien, betekent telkens weer een verstoring van een dynamisch evenwicht in het complexe hydraulische systeem van het Deltagebied.

Deze verstoringen kunnen op hun beurt weer aanleiding geven tot veranderingen in de bodemfiguratie en tot ongewenste ontgroningen in de nog te sluiten gaten; in sommige gevallen zou zelfs de stabiliteit van de oevers erdoor kunnen worden bedreigd. Het is dan ook duidelijk dat aan het opstellen van het afsluitingsplan in zijn hoofdlijnen een diepgaande studie moest voorafgaan van de waterbeweging in het Deltagebied, veroorzaakt door het getij uit zee en in het noordelijk deel ervan door de interferentie van het getij met de stromen van Rijn en Maas. Wat de getijberekeningen betreft die hierbij te pas kwamen, kon worden voortgebouwd op de kennis die enige decennia tevoren was opgedaan, toen het plan tot afsluiting van de Zuiderzee de getijdeskundigen ertoe noopte hun specialistische kennis te verdiepen. In

het Deltagebied lag de zaak echter veel gecompliceerder door de ingewikkelde figuratie en de complicatie die hier wordt veroorzaakt door het oppervlaktewater van de rivieren. Lang voordat er gedacht werd aan de afsluiting der zeegaten was men al begonnen met de studie van de waterbeweging in het noordelijk Deltabekken, daartoe vooral gedreven door de hinder die men in de waterhuishouding ondervond van de toenemende verzilting vanuit zee. De verzilting hield verband met de steeds voortschrijdende verdieping van de Rotterdamse Waterweg naar zee, die nu juist 100 jaar geleden gereed kwam. De getijstudies werden aanvankelijk, evenals die voor de Zuiderzeewerken destijds, geheel 'met de hand' langs mathematische weg uitgevoerd, zonder dat daarbij nog over de hulp van de moderne rekentuigen kon worden beschikt. Men kwam er echter al spoedig toe de waterbeweging ook na te bootsen in hydraulische modellen, waarin men veel vlugger de invloed van variabelen zou kunnen bepalen. Door de grote oppervlakte van het noordelijk Deltabekken moest de schaal noodgedwongen vrij klein zijn; de horizontale schaal van het hydraulische model bedroeg 1 : 2400. Zou in verticale zin dezelfde schaal zijn toegepast, dan had men in het model niet voldoende waterdiepte kunnen verkrijgen voor betrouwbare waarnemingen. Daarom moest wel met een sterke schaalvertrekking gewerkt worden. Doordat men een verticale schaal van 1 : 64 toepaste bedroeg de vertrekking maar liefst 1 : 37,5. De bodemfiguratie wordt bij een dergelijke vertrekking wel zeer veel geweld aangedaan; het model wordt meer een karikatuur dan een getrouwe afbeelding, en het wordt twijfelachtig in hoeverre de gegevens van het

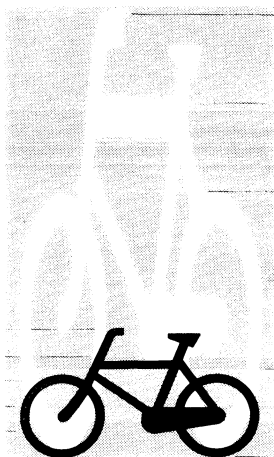
model dan nog waarde hebben voor de werkelijkheid. Het had dan ook eigenlijk weinig zin om, zoals is gebeurd, de profielen van de verschillende stroomtakken en de loop van hun tracés nauwkeurig in het model over te brengen; een sterke schematisering met rechtgetrokken stroomvakken en schematische bakprofielen met voldoende weerstand zou ook mogelijk zijn geweest.

Thans worden vertrekkingen van de orde 1 : 3 tot maximaal 1 : 10 toegepast. Het nut van een dergelijk sterk vertrokken hydraulisch model als hierboven beschreven werd, moet op grond van de tegenwoordige modeltechnische kennis worden betwijfeld.

Als pendant van het eerste hydraulische model heeft men thans een elektrisch analoog van het Deltagebied, de Deltar, een in

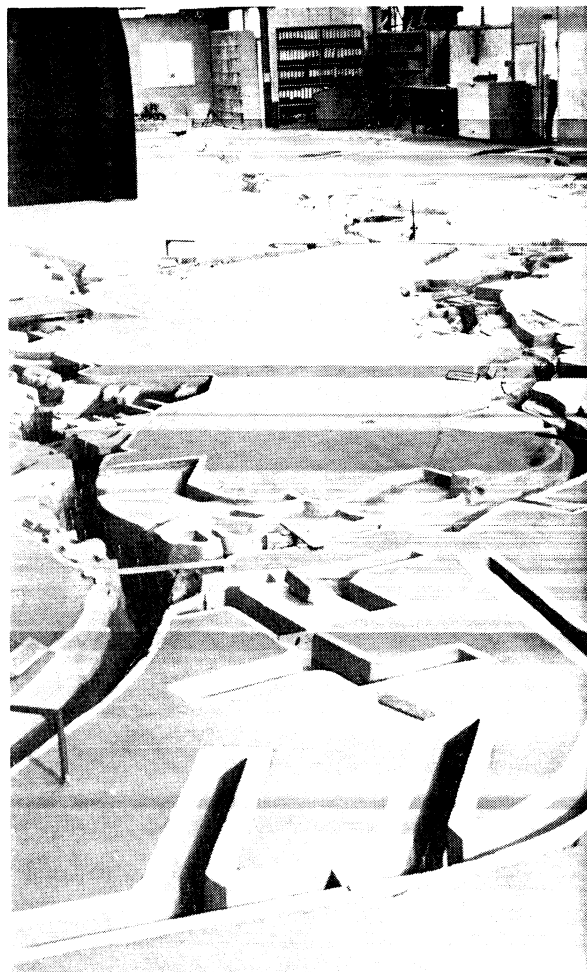
de tijd van zijn ontstaan zeer geavanceerd model, waarvan de ontwikkeling veel hoofdbrekens heeft gekost. Zou men bij de huidige ontwikkelingsfase van de computers opnieuw een model van dit gebied moeten maken, dan zou men waarschijnlijk aan een simulatie per computer de voorkeur geven. Daarbij moet echter niet worden vergeten dat dit alleen mogelijk is geworden doordat men middels de vele voorstudies nu een zodanig inzicht in de getijbeweging van dit gebied heeft verkregen, dat schematisering van de daarbij optredende verschijnselen mogelijk is geworden zonder de werkelijkheid teveel geweld aan te doen.

Het is thans ook mogelijk de meer ingewikkelde tweedimensionale getijbewegingen in het kustgebied te simuleren op een rekentuig



Vertrokken 'model' van een fiets

Overzichtsmodel van het noordelijk Deltabekken in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft. De horizontale schaal is duidelijk een andere dan de verticale



en zodoende het effect van de afsluitingswerken op dit kustgebied te berekenen. De mogelijkheden die een groot hydraulisch model nog zou kunnen bieden worden door de moderne computer overtroffen, tenzij complexe situaties moeten worden beschouwd. Zo zijn bijvoorbeeld wervels en neren in een computer zeer moeilijk te simuleren. Met dat al kan men voor de Deltawerken het gebruik van betrekkelijk grote hydraulische modellen niet ontberen. Zij zijn nodig voor het ontwerpen van de afzonderlijke afsluitingen. Te onderscheiden vallen daarbij overzichtsmodellen en detailmodellen. De eerste omvatten een beperkt doch vrij omvangrijk onderdeel van het gebied dat onder duidelijke invloed van een bepaalde afsluiting staat en waarvan de begrenzingen zo worden getrokken, dat zonder te grote

Overzichtsmodel van de afsluiting van de Lauwerszee in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst', Noord-Oostpolder



fouten te maken kan worden aangenomen dat de snelheidsverdeling langs de randen van dit gebied niet noemenswaard door het afsluitingswerk in kwestie zal worden beïnvloed. In deze modellen wordt, afhankelijk van de gecompliceerdheid van de getijbeweging in de natuur, óf alleen de getijfase bij maximum vloed- en ebstroom óf het volledige verticale en horizontale getij weergegeven. Zo kan de algemene waterbeweging in het gebied worden bestudeerd en kan de uitwerking daarop van het betreffende afsluitingswerk worden waargenomen. Daarnaast worden detailmodellen gebouwd, waarvoor de randvoorwaarden uit het betreffende overzichtsmodel moeten worden verkregen. In deze detailmodellen, waarin in het algemeen geen getij wordt opgewekt, wordt de vormgeving van het sluitgat onderzocht en kunnen voorts tal van deel-

onderzoeken worden verricht zoals te verwachten ontgrondingen, de stroombestendigheid van een te ontwerpen drempel, de op caissons werkende krachten, de fasering bij de opbouw van een sluitkade, en dergelijke meer.

Het onderzoek geschiedt dus eigenlijk in drie stappen. Allereerst wordt gebruik gemaakt van een mathematisch getijmodel van een groot gebied, gesimuleerd op een computer of een analogon, waaruit gegevens kunnen worden afgeleid voor een hydraulisch overzichtsmodel van een wat beperkter gebied dat onder de invloed staat van één bepaalde afsluiting. Uit dit tweede model kunnen de plaats en vorm van deze afsluiting worden bepaald terwijl er tenslotte de randvoorwaarden uit kunnen worden afgeleid voor de hydraulische detailmodellen van de sluitgaten zelf. De drie stappen in dit concentrische onderzoek moeten echter niet gezien worden als afzonderlijke fasen die in opeenvolging worden afgesloten; zij blijven elkaar meestal gedurende het gehele onderzoek beïnvloeden en ondersteunen, en er is meestal een regelde terugkoppeling van het ene model naar het andere van dezelfde serie. Het modelonderzoek gaat bovendien steeds gepaard met waarnemingen in de natuur, waarvoor een uitgebreide en goed geëquipeerde meetdienst ter beschikking staat, zodat gedurig kan worden gecontroleerd of de simulaties voldoende natuurgetrouw zijn. Ook hier is van een geregelde terugkoppeling sprake. Simultane stroommetingen in een bepaald door een model te bestrijken gebied, waarbij soms tot in meer dan dertig punten tegelijk wordt gemeten, leveren de noodzakelijke gegevens uit de natuur.

In de loop der jaren – het eerste belangrijke modelonderzoek in deze zin betrof de afsluiting van het Veerse Gat tussen 1959 en 1960 – is met deze methode van werken een schat aan ervaring opgedaan. Met name is er een veel beter inzicht verkregen in de juiste schaalverhouding van hydraulische overzichts- en detailmodellen. Daarvoor moest echter veel onderzoek worden verricht. De ervaring heeft geleid tot de stelregel, dat bij overzichtsmodellen – wanneer daarin bijvoorbeeld geen zandverplaatsingen op juiste tijdschaal behoeven te worden gesimuleerd – bij een horizontale schaal van 1 : 300 à 1 : 400, een vertrekking van 1 : 3 à 1 : 4 nog aanvaardbaar is. Bij een sterkere vertrekking blijkt met name de reproductie van de waterbeweging in en aan weerszijden van de sluitgaten op grote moeilijkheden van modeltechnische aard te stuiten.



In eerste instantie zijn met name voor het Veerse Gat twee modellen gebouwd, die beide als detailmodel waren opgezet: een model met een horizontale schaal 1 : 150 en een verticale 1 : 50, dus met een vertrekking van 1 : 3, en daarnaast een model met verticale en horizontale schaal, beide 1 : 50, dus onvertrokken. In een later stadium heeft het samengetrokken model de functie van overzichtsmodel vervuld en het niet samengetrokken model de functie van detailmodel. Voor de volgende afsluitingen heeft men van het begin af een splitsing gemaakt tussen overzichts- en detailmodel.

Voor detailmodellen blijkt een vertrokken schaal niet aan te bevelen, omdat het juist bij het ontgrondingsonderzoek noodzakelijk is de horizontale en verticale waterbeweging op dezelfde schaal weer te geven. De schaal mag

Stroming door de openstaande caissons en het overgebleven sluitgat in het detailmodel van de Volkerak-afsluiting



daarbij uit meettechnische en modeltechnische overwegingen niet kleiner zijn dan 1 : 100.

Behalve het getij en de oppervlatafvoer der rivieren, waarvan in het voorafgaande in hoofdzaak sprake was, is er nog een andere factor die de waterbeweging in het Delta-gebied beïnvloedt en waarvan de bestudering van belang is voor de totstandbrenging van de afsluitdammen. Gedacht wordt hier aan het effect dat golven, zowel wind- als deininggolven, kunnen hebben in het gebied der zeegaten, en waar bij de uitvoering der werken terdege rekening mee dient te worden gehouden. Zo bepalen de golven in hoge mate de werkbaarheid van het bij de afsluitingswerken gebezigde drijvende materieel. Bovendien echter vormen zij een niet te verwaarlozen factor bij het onderzoek naar de afmetingen, de stabiliteit en de sterkte der te maken constructies, zowel in de opbouwfase als in de definitieve situatie. Bij het bepalen van de ontwerphoogte van dijken en dammen bijvoorbeeld dient men rekening te houden met de te verwachten golfoploop; een uit betonblokken op te storten sluitkade moet de aanval kunnen weerstaan niet alleen van de stroom, maar ook van de golven; de dimensionering van een werk als de uitwateringsluizen in het Haringvliet werd in laatste instantie bepaald door de zwaarste te verwachten golfklap.

Ook bij het onderzoek naar de optredende golfbewegingen en de krachten die stroom en golven tezamen uitoefenen op de eraan blootgestelde constructies, dienen waarnemingen in de natuur en modelonderzoek hand in hand te gaan. Beide brengen hun specifieke problemen met zich. Voor de natuurwaarnemingen wordt ten behoeve van de Deltawerken gebruik gemaakt van golfmeetpalen en van radar- of luchtfoto's. Het nadeel van de eerste is dat daarmee de verticale beweging van het water op slechts een enkel punt, zij het continu, wordt geregistreerd; aan de foto's kleeft het tegenovergestelde bezwaar dat het golfpatroon weliswaar over een vrij groot gebied, doch slechts op een enkel moment wordt vastgelegd met een betrekkelijke nauwkeurigheid. Meer algemeen kan voorts nog gesteld worden dat het waarnemen van golven in de natuur juist wanneer daaraan het meest behoefte bestaat, bij zware storm, bemoeilijkt wordt door de dan heersende omstandigheden.

In het Waterloopkundig Laboratorium wordt al sinds vele jaren onderzoek gedaan in golfgoten, waarin met behulp van een bewegend schot of met behulp van wind of een combi-

natie van beide op kunstmatige wijze golven worden opgewekt. Was het tot voort kort slechts mogelijk met deze schotten een regelmatige golf op te wekken, thans is het mogelijk met een hydraulisch systeem, dat elektronisch gestuurd wordt, een golfschot zodanig aan te drijven, dat binnen vrij wijde grenzen een willekeurige beweging van het wateroppervlak, zoals die in werkelijkheid is gemeten, gesimuleerd kan worden. Mede dank zij de toegenomen kennis van de golfbeweging in de natuur kan op deze wijze de waargenomen golfbeweging veel beter in het laboratorium gereproduceerd worden dan tot voor kort. De reproductie is echter zeker nog niet ideaal; in de goten plant de golf zich slechts in één richting voort, terwijl in de natuur, door meteorologische invloeden alsmede refractie, diffractie en dergelijke, de gemiddelde richting van de golven steeds verandert. De drie-dimensionale werkelijkheid kan dus slechts in een twee-dimensionaal beeld worden weergegeven. Het feit echter dat de onregelmatige golven, althans in twee-dimensionale zin, op bevredigende wijze gereproduceerd kunnen worden, heeft vooral bij het ontwerp en de uitvoering van de havendammen van de Europoort, die immers in open zee worden uitgebouwd, een grote bijdrage geleverd aan het inzicht in de problematiek.

Met name het gedrag van de betonkubussen waaruit de havendammen zijn opgebouwd, is gebleken sterk afhankelijk te zijn van de onregelmatigheden in de golfbeweging. Andere problemen waarbij de variabiliteit in de golfbeweging een grote, zo niet overheersende rol speelt, zijn onder meer de golfoploop op dammen en dijken en de golfbelastingen op kunstwerken. Desondanks blijft het voor het onderzoek van zeer groot belang dat men ook kan beschikken over golfgoten waarin regelmatige golven kunnen worden opgewekt. Dit geldt met name voor die problemen waarbij de golfbeweging, terwille van het inzicht in gecompliceerde fysische afhankelijkheden, zo eenvoudig mogelijk gehouden moet worden. Gedacht kan hier worden aan het sedimenttransport onder invloed van golven. Hoewel het modelonderzoek – of dit nu geschiedt in hydraulische, mathematische of andere modellen – een zeer belangrijke plaats inneemt bij de voorbereiding en de begeleiding van grote waterbouwkundige werken, zijn de ontwerpers en uitvoerders niet volledig afhankelijk van de resultaten van dit onderzoek en hebben ze ook niet genoeg aan de resultaten van dit soort onderzoek alleen. Zoals in het voorgaande reeds duidelijk naar

voren is gebracht kunnen ook waarnemingen en metingen in de natuur niet worden gemist. Verder blijven ook de ervaringen bij vroegere werken opgedaan en de daarbij verkregen vertrouwde met de elementen een voorname rol spelen.

Het zijn overigens ook niet uitsluitend waterloopkundige omstandigheden, die bepalend zijn voor het ontwerp; overwegingen van een gans ander karakter kunnen mede een rol spelen en soms zelfs doorslaggevend zijn. Zij kunnen bijvoorbeeld van uitvoeringstechnische of financiële aard zijn.

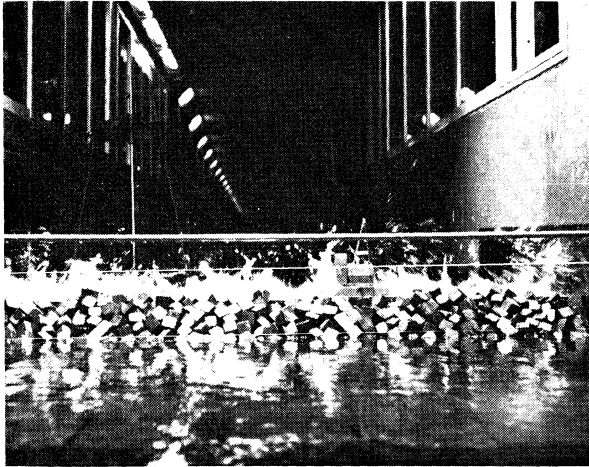
Niettemin heeft het modelonderzoek bij de

voorbereiding van grote waterbouwkundige werken een zeer sterke en toenemende invloed op het uiteindelijke ontwerp en vaak ook op de keuze van de toe te passen werkwijze. Dat het belang van dit soort onderzoek is toegenomen, vindt zijn verklaring in de vooruitgang der modeltechnieken, waardoor het mogelijk is geworden ingewikkelde hydraulische verschijnselen na te bootsen. Deze vooruitgang is eensdeels te danken aan de toegenomen ervaring bij het werken met modellen, anderzijds ook is zij het resultaat van diepgaand fundamenteel onderzoek en verbetering van het in de laboratoria gebruikte instrumentarium.

Door de sterk voortgeschreden ontwikkeling in de modeltechnieken – en dit geldt dan niet alleen voor de 'natte' laboratoriummodellen, doch in zeker niet mindere mate voor mathematische modellen en elektrische analogons – is bij de met het modelonderzoek belaste stafleden gaandeweg een sterke specialisatie ontstaan. Daarnaast vindt eveneens een toenemende specialisatie plaats bij de ontwerpers en uitvoerders van de waterbouwkundige werken, zij het dat hun specialisatie in de eerste plaats de uitvoeringstechnische kant van de natte waterbouw betreft.

Deze uiteenlopende specialisaties bergen het gevaar in zich dat de modelingenieur en de ontwerper en uitvoerder uit elkaar groeien, hetgeen afbreuk zou doen aan de zo noodzakelijke communicatie tussen model en prototype en aan de totstandkoming van een goed ontwerp en een goede uitvoering. Zo goed als de ontwerper de mogelijkheden en beperkingen van de modeltechniek moet kennen, zo goed moeten de modelingenieur voortdurend de eisen van de realiteit voor ogen staan. Geregeld contact met elkaars werk is dan ook uitermate gewenst. Verbindingsfunctionarissen, die zowel met het modelonderzoek als met het ontwerp en uitvoering van werken in voldoende mate vertrouwd zijn, zijn daarbij veelal onmisbaar om de onderzoekingen in het model te begeleiden en de uitkomsten ervan te interpreteren op zodanige wijze dat zij de ontwerper en de uitvoerder van het werk concrete gegevens verschaffen.

In de loop der jaren is een innige samenwerking gegroeid tussen de hierbij betrokken specialisaties, in het bijzonder tussen de Deltadienst en het Waterloopkundig Laboratorium, die, ook in het buitenland, zijn weerga niet vindt. Zo is een symbiose ontstaan die zowel voor de aanleg van de Deltawerken als voor de ontwikkeling van de modeltechniek bijzonder nuttig is gebleken.



Het effect van een storm op een uit blokken gevormde afsluitdam wordt beproefd in de windtunnel van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft

Bij de uitvoering van de Deltawerken is kennis van de bodemopbouw in de omgeving van de damtracés van groot belang om de stabiliteit van de dammen en de mogelijke ontgronding in de sluitgaten te kunnen berekenen. Op enige afstand van de tracés is kennis van de bodemsamenstelling noodzakelijk met het oog op bijvoorbeeld de vaststelling van zandwinplaatsen, en de bepaling van de zuigbaarheid van het bodemmateriaal. Daarom wordt in het Deltagebied op uitgebreide schaal bodemonderzoek verricht door middel van boringen en sonderingen.

Veelal bestaat dit onderzoek in de kartering van de bestaande grondeigenschappen, dus de interpretatie en classificatie van de boor- en sondeergegevens en het samenstellen van overzichtsprofielen. Inzicht in de mechanismen die bij de sedimentatie in de zeegaten een rol spelen, is daarbij onontbeerlijk. Maar dit inzicht opent ook de mogelijkheid, voorspellingen te doen omtrent de aard van het sedimentatiemateriaal, dat na de afsluiting der zeegaten in hun mondingsgebied zal worden afgezet. Immers, de veranderingen in het golf- en stromingsregime zeewaarts van de Deltadammen hebben veranderingen in de sedimentbeweging tot gevolg, die tot uitdrukking komen niet alleen in herschikking maar ook in de samenstelling van het bodemmateriaal. De uitkomst van deze processen bepaalt de mogelijke beslibbing van stranden, alsook de erodeerbaarheid van afzettingen in suatieuze en is van belang voor de bestemming van de buitendijkse gronden.

De sedimentbeweging wordt beheerst door de beweging van het water. In de getijwateren is die beweging voornamelijk bepaald door de getijbeweging, die onder meer wordt beïnvloed door de doortij-springtijvariatie en door op- en afwaaiing langs de kust. Daarnaast kunnen in gebieden met verschillen in zoutgehalte ook dichtheidsverschillen hun effect doen gevoelen. Door het samenspel van al deze factoren treden er grote verschillen op in de stroomsnelheid in een bepaald punt op enige hoogte boven de bodem. Het bodemsediment kan bovendien nog in beweging worden gebracht door waterbeweging onder invloed van golven. Bij sterke golfwerking kunnen de watersnelheden vlak boven de bodem hoge piekwaarden bereiken, waardoor veel zand in suspensie kan worden gebracht. Dat zand wordt dan veelal met de getijstroomen

Sedimentologisch onderzoek in het Deltagebied

meegevoerd en op rustiger plaatsen weer afgezet.

De effecten van de waterbeweging zijn herkenbaar in de afgezette sedimenten. Het onderzoek daarvan kan bijdragen tot een beter begrip van de samenhang tussen water- en sedimentbeweging in het algemeen.

Zulk sedimentologisch onderzoek is verricht op grond van grote aantallen gestoken boringen in de zeegaten en estuaria, en daarnaast vooral ook op grond van monsters uit de bouwputten in het Haringvliet, waar grote ontgravingen voorhanden waren van originele getijde-afzettingen. In beide gevallen beperkten zich tot afzettingen beneden L.W.

Men werkte bij dit onderzoek veel met lakprofielen. Op een verticaal afgestoken bodemprofiel wordt een laag lak aangebracht, die enige millimeters in het sediment doordringt, maar niet in alle sedimentsoorten even ver.

De mate van indringing varieert overeenkomstig zeer kleine verschillen in het poriegehalte van het sediment. Na harding wordt het lakprofiel van de onderzochte doorsnede verwijderd, en dan is de interne gelaagdheid van het sediment zichtbaar.

Men kan drie sedimenttypen onderscheiden; elk type treedt op bij een bepaalde snelheid van de waterbeweging op een halve meter boven de bodem, en wel zo:

type 1 treedt op bij stroomsnelheden van meer dan 1 m per seconde,

type 2 bij snelheden tussen 0,6 en 1 m/sec, en

type 3 bij snelheden kleiner dan 0,6 m/sec.

Op te merken valt, dat de uitwerking van de golfbeweging in de onderzochte sedimenten nauwelijks viel aan te tonen. De golven blijken het sediment alleen op te wervelen; de afzetting van dit opgewervelde materiaal geschiedt onder invloed van stromend water.

Sedimenttype 1 is gekarakteriseerd door relatief grof zand (gemiddelde korreldiameter: 200 à 500 μ m), afgeronde kleibrokjes, veenbrokken en grove detritus van allerlei soort. De sedimentaire structuur, ofwel de interne gelaagdheid in het sediment, is van het grootschalige type. Dit betekent, dat de dikte van de sedimentaire eenheden tenminste 10 cm bedraagt. In dit type worden vooral scheefgelaagde structuren aangetroffen, ontstaan in perioden van massaal zandtransport bij de bodem waarbij grote stroomribbels werden gevormd (figuur 1). Uit de structuren kan worden opgemaakt, dat deze stroomribbels zowel rechte als gebogen kamlijnen kunnen hebben. Ook kunnen bestaande verdiepingen in de bodem door bewegende stroomribbels worden opgevuld, hetgeen kan worden vastgesteld aan een specifiek type

door een dun kleilaagje, dat op de scheve gelaagdheid is afgezet. De discontinuïteit in de sedimentatie komt soms ook tot uiting door de aanwezigheid van een erosievlak in de scheve gelaagdheid (figuur 3).

Sedimenttype 2 wordt gekarakteriseerd door matig tot fijn zand (gemiddelde korreldiameter: 150-240 μ m) met horizontale en scheefgelaagde structuren van enige centimeters hoogte.

De horizontale parallel-liggende zandlaagjes (figuur 4), ontstaan waarschijnlijk uit een suspensie waarin zowel zand als slib voorkomt; het zand bezinkt, maar het slib niet. Dit kan alleen als de turbulentie van het water zo hoog is, dat het slib niet kan bezinken. Zulke turbulenties kunnen niet door de waterstroming alleen ontstaan, maar slechts als daar-



interne gelaagdheid.

Uit de hellingsrichting van het sediment kan men de transportrichting van het sediment bepalen (figuur 2). In het getijgebied zou men verwachten dat met de wisselende richting van de getijstroom ook de bewegingsrichting van de bodemribbels zou veranderen. Men zou dan ook in één vlak scheve gelaagdheid zowel in eb- als inloedrichting verwachten. Dit werd echter bij geen van de onderzochte lakprofielen waargenomen. Het wijst erop, dat de sedimentatie in één bepaalde getijrichting sterk overheerst. Wel bleken vaak de manifestaties van eb- enloedtransportrichting boven elkaar voor te komen. Verder werden aanwijzingen gevonden voor onderbrekingen in de sedimentatie, die tijdens de stroomkenteringen moeten zijn opgetreden. Een kenteringsperiode manifesteert zich soms

Fig. 1. Sedimenttype 1, gekenmerkt door grofkorrelig materiaal en een grootschalige sedimentaire structuur

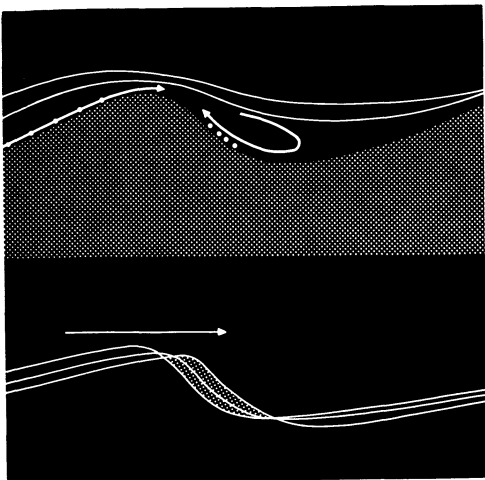


Fig. 2. Mechanisme van de vorming van zandribbels

Fig. 3. Erosievlak in een scheve laag

Fig. 4. Horizontale parallel liggende zandlaagjes, een verschijningsvorm van sediment-type 2 bij sterke golfslag

naast ook sterke golfslag aanwezig is. Golfwerking heeft bovendien tot gevolg dat op hoger gelegen platen veel zand in suspensie gebracht wordt. Dit zand kan door de stromen naar andere gebieden gevoerd worden. De horizontale parallelle zandlaagjes zijn dan ook toe te schrijven aan een gecombineerde werking van golven en stromen.

Een andere structuur, die duidt op veel rustiger sedimentatiecondities, is het kleinschalig scheef gelaagde zand, al dan niet afgedekt met een dun kleilaagje (figuur 5).

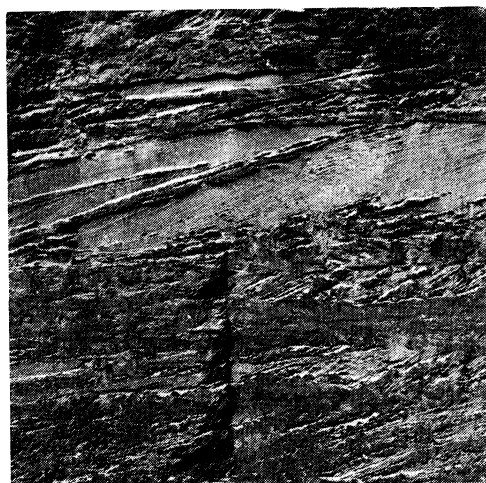
De scheve gelaagdheid wordt veroorzaakt door kleine ribbels van enige centimeters hoog, die in de stroomrichting bewogen hebben. Het kleilaagje is waarschijnlijk tijdens de kentering over de ribbel afgezet, maar later al dan niet geheel van de ribbelkam afgeërodeerd.

Bij de kleinschalige scheefgelaagde zanden kan veelal sedimentatie in eb- zowel als in vloedrichting worden aangetoond; boven elkaar, maar soms ook naast elkaar.

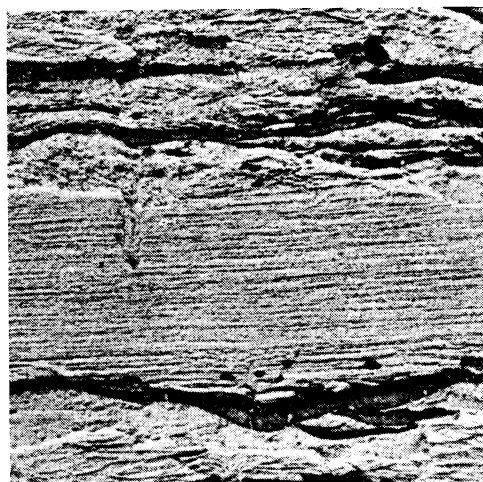
Sedimenttype 3 is gekenmerkt door fijn zand (gemiddelde korreldiameter: 75-180 μ), en kleilagen. Als er sedimentaire structuren zijn vindt men een lenzenstructuur en een zand/klei-afwisseling.

De lenzenstructuur bestaat uit zandlenzen van onregelmatige vorm, ingebed in klei (figuur 6). De zandlenzen zijn te danken aan geïsoleerde kleine ribbels die bewogen hebben over een kleibed, en die naderhand door klei zijn afgedekt. De grens tussen zand en klei is meestal zeer scherp.

De zand/klei-afwisseling bestaat uit horizontaal gelaagde scherp begrensde zand- en



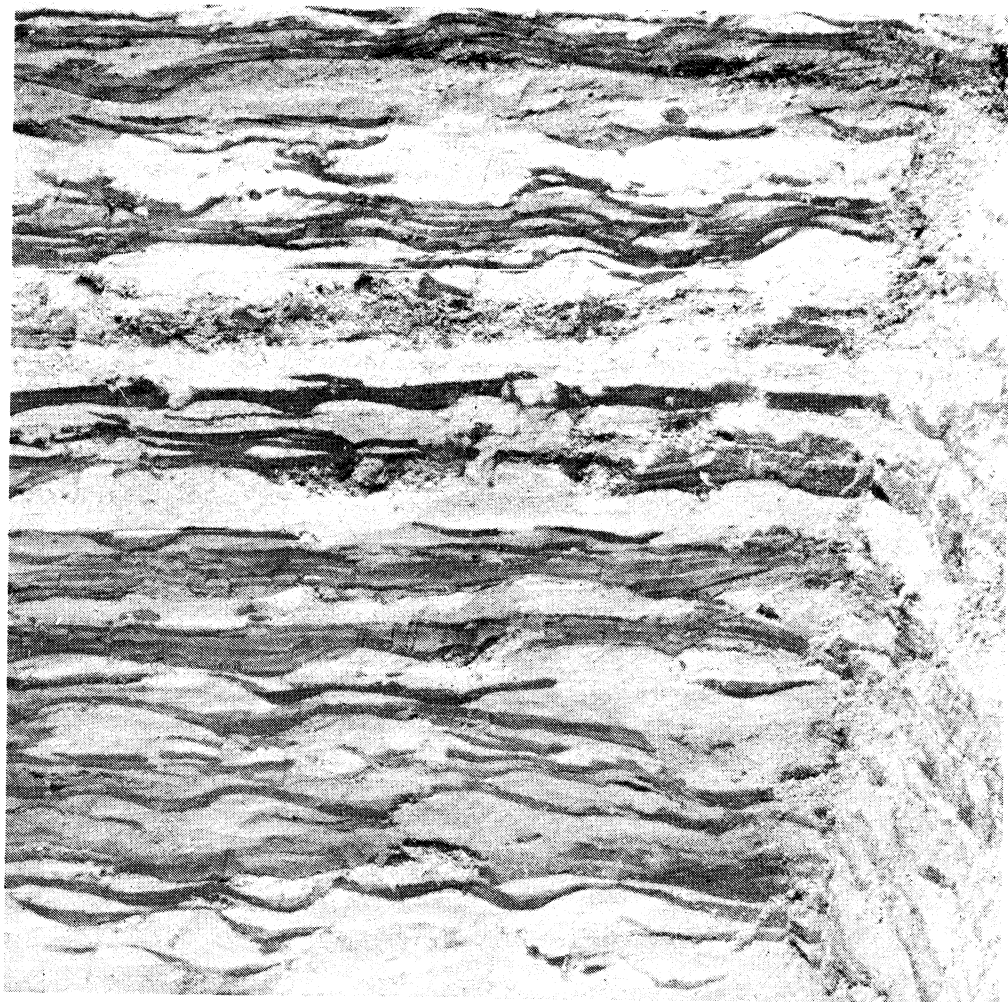
3



4

kleilagen van 0,1-1 cm dikte (figuur 7). Aangezien sedimenten van het type 3 verwacht worden in de afvoergeul voor de Haringvlietssluis, zijn er op vrij uitgebreide schaal laboratoriumproeven naar het ontstaan en de erosiegevoeligheid van deze afzettingen verricht (zie Bericht nr. 37, augustus 1966). Hierbij is gebleken dat gezien de gemeten slibconcentraties in het water, kleilaagjes van 0,1-1 cm dikte onmogelijk in één kenteringsperiode kunnen zijn afgezet. Er is een aantal getijden nodig om zo'n laagje te vormen. Uit de proeven kon verder worden afgeleid, dat de cohesie van vers afgezette sliblagen snel toeneemt. Enige uren na de afzetting is erosie van het slib al niet meer mogelijk zolang de stroomsnelheden op 0,5 m boven de bodem beneden ca 0,6 m/sec blijven. Dit kan, met name bij doottij, op ver-

Fig. 5. Sedimentatie van het type 2 bij rustige omstandigheden



6 Fig. 6. Sedimentatietype 3: een onregelmatige lenzenstructuur van zand en klei

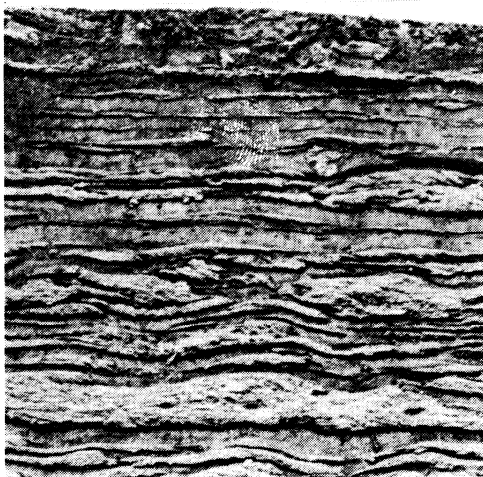
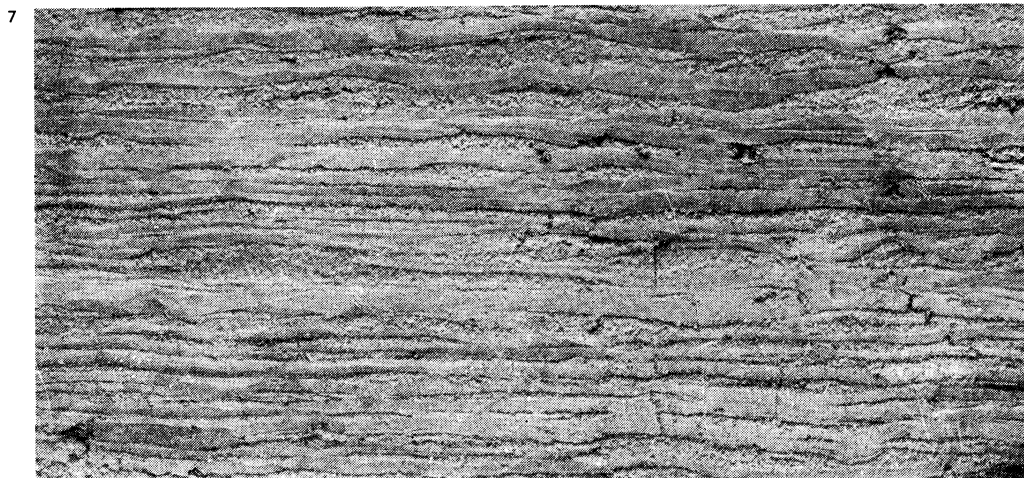


Fig. 7. Sedimentatietype 3: horizontale, scherp begrensde laagjes zand en klei



schillende plaatsen in de zeegaten en estuaria het geval zijn.

Is de klei goed geconsolideerd, dan is de erosiebestendigheid van de sedimenten van type 3 in orde van grootte vergelijkbaar met compacte kleilagen.

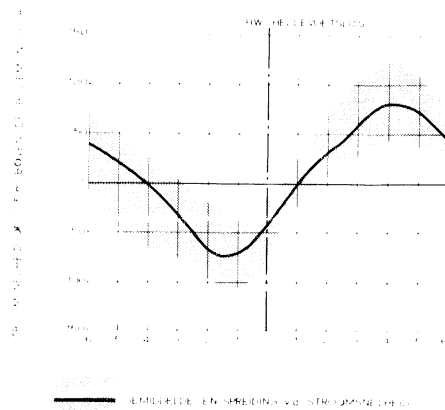
Het voorkomen van de sedimenttypen

Ongeveer 200 gestoken boringen vooral afkomstig uit de tracé-gebieden van de afsluitdammen werden op de bovengeschreven sedimenttypen onderzocht. Alleen dat gedeelte werd beschouwd, dat in de 19e en 20e eeuw is afgezet, hetgeen werd vastgesteld met behulp van oude hydrografische kaarten. Nagegaan werd of de frequentie van optreden van een bepaald sedimenttype samenhang met de diepte waarop het voorkwam. Dit bleek niet het geval in de Oosterschelde en het

Brouwershavense Gat, maar wel in het Haringvliet. Hier vertoonde type 3 bij afnemende diepte een geleidelijke toename en type 2 een afname (figuur 8). Verder bleek in alle estuaria en op alle diepten dat type 2 het meest frequent voorkwam. Hieruit kan worden afgeleid dat de sedimentatie gewoonlijk plaatsvindt bij matige stroomwerking, en dat afzettingen gevormd bij hoge zowel als lage stroomwerking relatief weinig bijdragen tot de totale sedimentopbouw in de onderzochte gebieden.

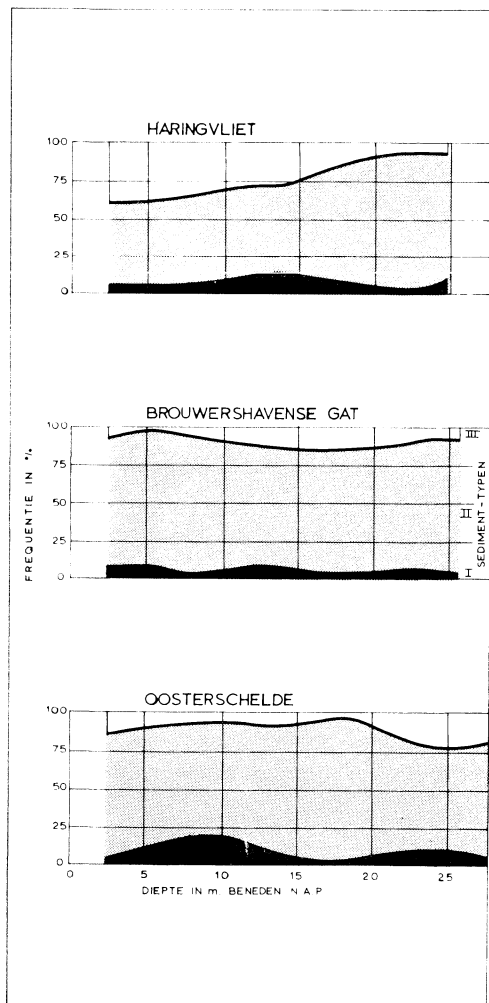
Behalve bij de parallelle zandgelaagdheid werden nergens indicaties van golfwerking – in de vorm van een speciaal type scheve gelaagdheid – op de sedimentatie gevonden. Gebleken is, dat de afwisseling van de sedimenttypen zowel in horizontale als in verticale zin bijzonder groot is. Het is veelal onmogelijk

Fig. 8 (beneden). Voorkomen van sedimenttypen in relatie tot de diepte beneden N.A.P.



9

Fig. 9. Verloop van de grootste, de kleinste en de gemiddelde stroomsnelheid op 0,5 m boven de bodem in een meetpunt in het Haringvliet



om een bepaalde laag in horizontale richting over meer dan een tiental meters te vervolgen. Dit moet worden toegeschreven aan de snelle en belangrijke verschillen in plaats en tijd van de stroomsnelheden bij de bodem.

We zagen reeds, dat uit laboratoriumonderzoek gebleken is, dat de maximale stroomsnelheid op een halve meter boven de bodem waarbij sedimenten van het type 3 kunnen worden gevormd, 0,6 à 0,7 m/sec bedraagt. Zijn de snelheden slechts weinig hoger dan deze waarden, dan zal reeds type 2 kunnen worden afgezet. In bepaalde gebieden werden tijdens springtij boven bewegende ribbels op 0,5 m boven de bodem stroomsnelheden van 0,8 à 1,0 m gemeten. Onder deze omstandigheden kunnen sedimenten van het type 1 verwacht worden.

Fig. 10. Opwaartse vergroving (bovenste helft) en opwaartse verfijning (benedenste helft) van de sedimentatie



Relatief kleine verschillen in de stroomsnelheden bij de bodem kunnen dus reeds een verschuiving in de sedimenttypen ten gevolge hebben. Normale doottij-springtij-variaties kunnen in dit opzicht al van belang zijn.

Illustratief is in dit verband figuur 9, waarin de variatie in de stroomsnelheden op 0,5 m boven de bodem is aangegeven, gebaseerd op 36 stroommetingen in hetzelfde meetpunt in de mond van het Haringvliet.

Een opwaartse opeenvolging van sedimenttype 1 tot 3 in een bepaald profiel representeert een afname in de grootte van de sedimentbeweging – zowel wat de korrelgrootte als wat de grootte van de sedimentaire structuren betreft – en een toename in de sedimentatie van klei. De stromingsintensiteit is daar ter plaatse met de tijd kennelijk afgenomen. Het is echter ook mogelijk, dat op

een bepaalde plaats de stromingsintensiteit geleidelijk toeneemt. Dan is er een opwaarts vergroevende opeenvolging van sedimenttypen van type 3 naar type 1 mogelijk (figuur 10).

Gebleden is, dat over alle zeegaten gerekend opwaarts verfijnende opeenvolging van sedimenttypen ongeveer even vaak voorkomt als opwaarts vergroevende. Was het hier beschreven onderzoek vooral beperkt tot de estuaria en zeegaten, thans worden ook de sedimenten op de onderwaterdelta in het onderzoek betrokken. Uit de sedimentaire structuren kunnen soms belangrijke conclusies worden getrokken over de invloed van stromen en golven op de sedimentbeweging. Hierdoor kan misschien worden vastgesteld of een bepaald gebied vooral onder stromings- dan wel onder golfinvloed staat, ofwel dat beide invloeden ongeveer in gelijke mate aanwezig zijn.

Zandverplaatsingen in de rivieren van het noordelijk bekken na de afsluiting van het Haringvliet

De sluiting van het Haringvliet en het intreden van het nieuwe regime liggen nu zo ver achter ons, dat over het eerste halfjaar na de afsluiting een overzicht kan worden gegeven van de opgetreden bodemveranderingen aan de hand van een zandbalans van het noordelijk bekken.

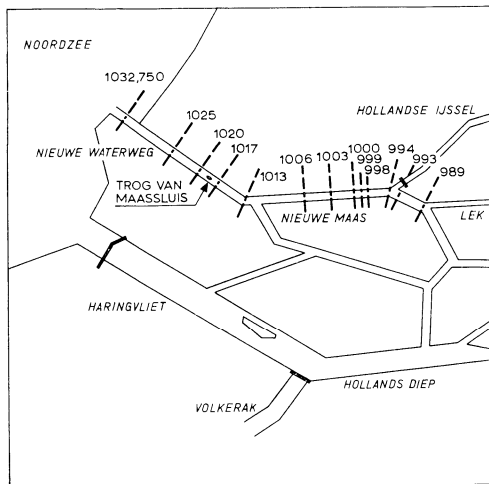
In een zeegat met zanderige bodem bepaalt het getijvolume – dat is de som van de hoeveelheden water die per getij worden af- en aangevoerd – de vorm en de grootte van het doorstroomprofiel. Ook voor meer naar binnen gelegen rivierstukken gaat dit grotendeels op. Daar het inwerkingstellen van de Haringvlietssluisen het hydraulische regime van het noordelijk bekken verregaand heeft veranderd, mag men verwachten dat dus ook de bodemfiguratie van het rivierenstelsel wijzigingen heeft ondergaan.

Bij de beoordeling van de te verwachten bodemveranderingen vormen de veranderingen van het getijvolume dan ook een belangrijke aanwijzing. Uit een vergelijking van de getijvolumes in het noordelijk bekken vóór de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet en dezelfde grootheden in de thans bestaande toestand (fig. 2), blijkt dat de getijvolumes aan de noord- en zuidrand van het noordelijk bekken zijn afgenomen; de vermindering is uiteraard het sterkst op het Haringvliet zelf. De getijvolumes van de rivieren in het centrale gedeelte van het noordelijk bekken zijn daarentegen toegenomen, zoals te zien is aan de gegevens van de Oude Maas, het Spui, de Kil en de Noord, met uitzondering van het gedeelte van de Oude Maas boven het Spui. Ook valt op dat het verloop van het getijvolume langs de riviertakken voorheen vrij groot was, en thans

gering is. De Deltacommissie heeft deze hydraulische veranderingen in haar rapport voorspeld, en op basis van die gegevens een prognose opgesteld van de te verwachten aanzandings- en erosieprocessen. Op de Nieuwe Waterweg, de Nieuwe Maas, het bovendeele van de Oude Maas, de Beneden Merwede, de Boven Merwede, de Nieuwe Merwede, het Hollands Diep en het Haringvliet, zo luidde de voorspelling, kunnen bij gemiddelde omstandigheden van getij en van rivierafvoer aanzandingen dan wel aanslibbingen worden verwacht. Op het Spui, de Dordtse Kil, de Noord en het benedendeel van de Oude Maas kunnen bij gemiddelde omstandigheden van getij en van rivierafvoer daarentegen uitschuringen worden verwacht. Zoals uit het vervolg zal blijken, zijn deze prognoses voor een groot deel door de opgetreden verschijnselen bevestigd.

Ter wille van de vergelijking van de situaties voor en na de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet is een globale zandbalans over een periode van een half jaar vastgesteld, enerzijds zoals die gemiddeld is geweest in de periode 1960–1968, en aan de andere kant zoals die blijkt uit metingen in het eerste halfjaar na de afsluiting van het Haringvliet. We bespreken nu de methode die is gebruikt voor het opstellen van de zandbalansen, en geven een beschouwing over de gevonden resultaten.

De lodingen waarvan gebruik werd gemaakt voor de zandbalans 1960–1968 zijn in de meeste rivieren en getijwateren jaarlijks eenmaal uitgevoerd; alleen op het traject Nieuwe Maas–Rotterdamse Waterweg is tweemaal per jaar gelood, in het voorjaar en in het najaar. De opgegeven inhouden voor de



1

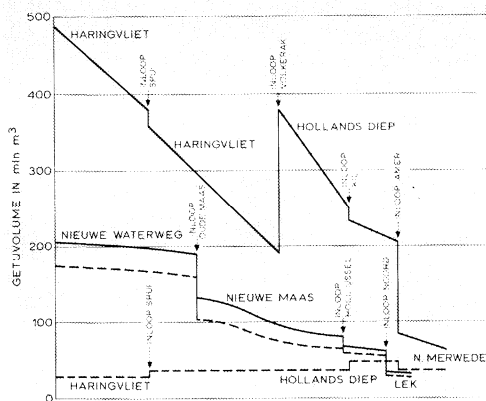
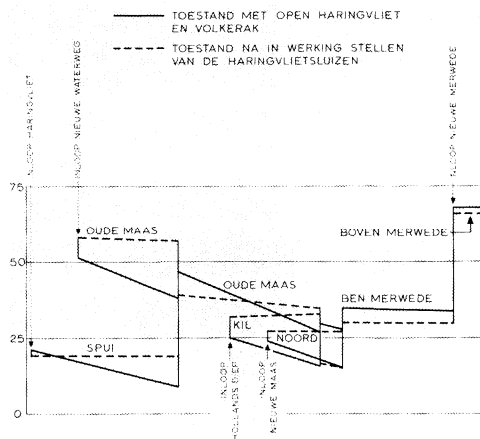


Fig. 1. Kilometerraaien op het traject Nieuwe Maas-Nieuwe Waterweg

Fig. 2. Verandering van de getijvolumes aan de noord- en zuidrand en in het centrale gedeelte van het noordelijk bekken

2



verschillende riviertakken en -vakken zijn alle berekend voor het profiel beneden N.A.P. De inhoudsverschillen tussen twee opeenvolgende metingen geven steeds de werkelijke registratie. Daaruit moet in bepaalde gevallen een hoeveelheid gestort of gezogen materiaal worden geëlimineerd, om een bij benadering juist beeld te verkrijgen van de natuurlijke inhoudsveranderingen. Van die gecorrigeerde cijfers is gebruik gemaakt voor het samenstellen van de zandbalans. Uit het aldus verkregen inzicht in het natuurlijk gedrag van de betrokken riviertakken en getijwateren gedurende de periode 1960–1968 is het gemiddelde gedrag gedurende een periode van een half jaar bepaald. Alle inhoudsveranderingen zijn opgegeven in miljoenen kubieke meters. Van de Lek blijkt in de periode 1960–1968

beschikbaar zijn, loopt van 2 november 1970 tot 1 mei 1971. De lodingen werden in deze periode uitgevoerd met een frequentie van eenmaal per drie maanden. Op het Haringvliet en het Hollands Diep werd maar één keer per jaar gelood, omdat op deze rivieren geen bodemveranderingen van enige betekenis werden verwacht.

Het Waalzand is in deze periode grotendeels afgezet in de Nieuwe Merwede: de stroomsnelheden in de benedenmond van de Nieuwe Merwede zijn dusdanig afgenomen, dat er bij de vrij lage Bovenrijnafvoeren die gedurende de beschouwde periode zijn opgetreden, vrijwel geen Waalzand meer over was om in het Hollands Diep te worden afgezet.

De hoeveelheid op de Nieuwe Merwede afgezet bodemmateriaal bedraagt nu een veelvoud van wat er vroeger tot sedimentering

kwam. Behalve zand wordt er thans in de Nieuwe Merwede ook veel slib afgezet, dat vroeger naar het Hollands Diep werd gevoerd, en ook nog tot ver in het Haringvliet en het zeegat van Goeree. Uit de lodingen volgt voor de Nieuwe Merwede een inhoudsvermindering van niet minder dan 1,7 miljoen m^3 . Men bestudeert met het oog op deze ontwikkeling thans ook nog afzonderlijk het aan de Boven Merwede grenzende gedeelte van de Waal; bij volgende zandbalansen zal dat rivierstuk mede in de beschouwingen kunnen worden betrokken.

De Boven en Beneden Merwede, die vroeger duidelijke getijrivieren waren, hebben na de afsluiting van het Haringvliet meer het karakter van een bovenrivier gekregen. De gemiddelde maximale ebstromen zijn weliswaar afgenomen, maar de stroom loopt nu

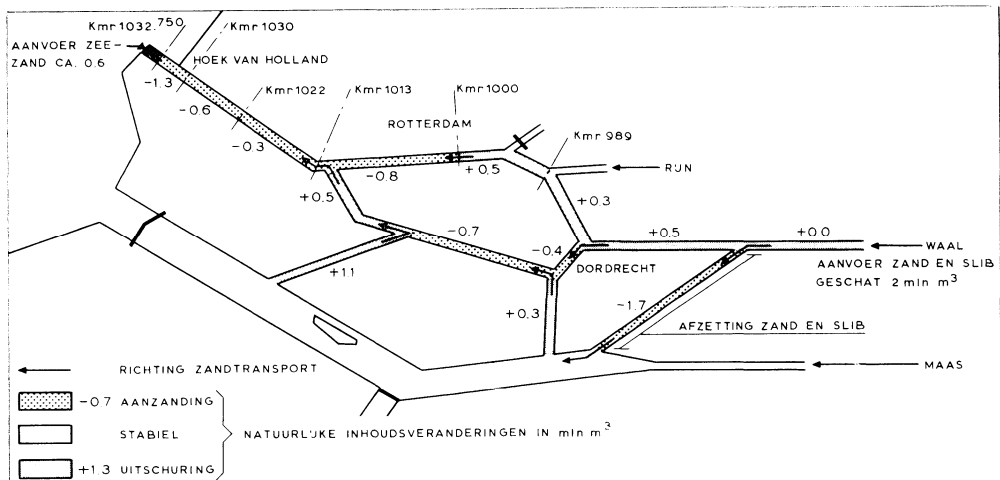


Fig. 4. Zandbalansen over de periode 2 november 1970– 1 mei 1971

vrijwel uitsluitend in de ebrichting. Aanvankelijk is er, in de periode november 1970–februari 1971, uitschuring opgetreden, oplopend van 0,2 tot 0,6 miljoen m^3 zandverlies. Dit proces van uitschuring was trouwens al op gang gekomen na de afsluiting van het Volkerak in 1969. Inmiddels is blijkens lodingen in de maanden april en mei 1971 de aanvankelijke uitschuring gevolgd door enige aanzanding van 0,1 à 0,2 miljoen m^3 . Te verwachten valt dat van nu af aan weer evenals voorheen een klein deel van het Waalzand op de Boven en Beneden Merwede zal worden afgezet. Over het gehele halfjaar is de Beneden Merwede met 0,5 miljoen m^3 uitgeschuurd, terwijl de resulterende verandering van de Boven Merwede verwaarloosbaar klein is gebleken.

De natuurlijke uitschuring van de Dordtse Kil

heeft in het beschouwde tijdperk 0,3 miljoen m³ bedragen. De grootste uitschuring is opgetreden in de eerste periode na de afsluiting, van november 1970 tot januari 1971. De rivierafvoeren hadden namelijk in de maanden november en december 1970 gemiddelde waarden; de Bovenrijnafvoer bij Lobith bedroeg 2100 m³/sec. Daarna is de Rijnafvoer steeds laag geweest: in januari, februari, maart en april bedroeg hij bij Lobith respectievelijk gemiddeld 1550, 1970, 1480 en 1494 m³. In die periode kwam de uitschuring van de Kil tot stilstand. Het van de Boven en Beneden Merwede en van de Dordtse Kil afkomstige zand is vermoedelijk grotendeels afgezet in het gebied van de Oude Maas, van Dordrecht tot aan het splitsingspunt met het Spui; over dat riviergedeelte is totaal 1,1 miljoen m³ aanzanding gemeten. Het grootst was de aanzanding per lengte-eenheid op het vrij korte traject van Dordrecht tot aan het splitsingspunt met de Krabbegeul; onder invloed van de nieuwe omstandigheden zijn de stroomsnelheden daar in aanzienlijke mate afgenomen.

De uitschuring van de Noord heeft 0,3 miljoen m³ bedragen; ook daar zijn de grootste uitschuringen opgetreden in de periode november 1970–januari 1971 en gevolgd door vrijwel algehele stabiliteit in de periode januari–mei 1971. Het traject van de Nieuwe Maas tussen kmr 989 en 1000, waar vroeger enig zand van de Lek werd afgezet, vertoont nu een zandverlies van 0,5 miljoen m³.

Verantwoordelijk voor dit verschijnsel is wel de bodemophoging in het traject kmr 994–998, waar de diepe geulen zijn verondiept tot N.A.P. — 8 m. Dat deed de stroom toenemen, en bracht de erosie op gang.

Het ligt voor de hand aan te nemen dat het zand van de Noord en dat van het traject kmr 989–1000 van de Nieuwe Maas grotendeels is afgezet op een gedeelte van de Nieuwe Maas, namelijk op het traject kmr 1000–1013, dat loopt van Rotterdam tot aan het Splitsingspunt Oude Maas. Bij gemiddelde Bovenrijnafvoer is het getijvolume hier 15 % minder groot dan voor de afsluiting van het Haringvliet. In het Spui is een natuurlijke uitschuring geconstateerd ter grootte van 1,1 miljoen m³, ontstaan in de eerste maanden na de afsluiting. Het benedendeel van de Oude Maas, tussen Spui en Rotterdamse Waterweg, is uitgeschuurd met 0,5 miljoen m³, als gevolg van de bij gemiddelde omstandigheden toegenomen ebstroom. Van de beide trajecten samen is dus 1,6 miljoen m³ bodemmateriaal meegevoerd. Vermoedelijk is het grotendeels afgezet in de

Rotterdamse Waterweg tussen kmr 1013 — het splitsingspunt Oude Maas — en kmr 1032,750, de kop van het oude Noorderhoofd te Hoek van Holland. Op dit traject is het getijvolume namelijk bij gemiddelde bovenrijnafvoeren 10 % minder groot dan voorheen. In dat traject is een aanzanding opgetreden van 2,2 miljoen m³; 0,6 miljoen m³ daarvan is vermoedelijk vanuit zee aangevoerd.

Afzetting van zeezand vindt in het gebied van de Rotterdamse Waterweg plaats bij langdurige westerstorm, en in de beschouwde periode is zo'n storm na november 1970 niet meer voorgekomen. Als gevolg van massaal zandzuigwerk voor de mond kan de Nieuwe Waterweg tussen km 1032,750 en kmr 1025 verschijnselen van terugschrijdende erosie gaan vertonen. In het halve jaar november 1970–mei 1971 is het bovengeschetste algemene beeld van het zandtransport echter slechts in geringe mate beïnvloed door afzettingen van zeezand bij stormen of door zuigwerken buitengaats.

Wat nu de prognoses voor de toekomst betreft, kan het volgende worden gesteld: in de rivieren Noord, Kil, Spui en in het benedendeel van de Oude Maas kan verdere uitschuring worden verwacht bij bovenrivierafvoeren van 1700 tot 3000 m³/sec. te Lobith. Het traject Rotterdamse Waterweg–Nieuwe Maas kan in de toekomst zand toegevoerd krijgen uit de zich verdiepende rivieren Noord, Spui en uit het benedendeel van de Oude Maas en misschien ook vanuit zee. Uit vroegere studie is gebleken dat zeezand door westerstorm ver rivieropwaarts kan worden gevoerd. Nu echter door de bedijking van de Maasvlakte een belangrijk leverantiegebied van bodemmateriaal buiten het bereik der stromen is gebracht, valt het te bezien of de aanvoer van zeezand in gelijke mate zal voortduren. Voorheen is dit bij westerstorm aangevoerde bodemmateriaal bij hoge rivierafvoeren altijd wel geërodeerd en weer afgevoerd uit het traject Waterweg–Nieuwe Maas. Nu bij toenemende rivierafvoer door het inwerkingstellen van de Haringvlietssluisen geleidelijk meer water door het Haringvliet naar zee zal worden afgevoerd, en daardoor de ebstromen op de Nieuwe Waterweg bij toenemende rivierafvoeren vrijwel dezelfde zullen blijven, kan dat eroderingsproces niet meer worden verwacht.

De bodemveranderingen aan weerszijden van de Haringvliet-sluizen

Toen op 1 oktober 1968 de uitwaterings-sluizen in het Haringvliet geopend werden, nadat voor die tijd de bouwput was opgeruimd en de bodemverdediging aan weerszijden van de sluizen was voltooid, werd het doorstroom-profiel van het Haringvliet, dat tevoren door de aanwezigheid van het werkeiland sterk was beperkt, aanzienlijk vergroot, namelijk tot 21 300 m². Dit was meer dan toen met de afsluitingswerken begonnen werd, hetgeen begrijpelijk wordt als men bedenkt dat de sluis-vloer aanzienlijk lager werd aangelegd dan de oorspronkelijk ter plaatse aanwezige ondiepte, terwijl bovendien de bodem tijdens de aan- wezigheid van de bouwput daarbuiten plaatse- lijk sterk was uitgeschuurd. Na oktober 1968 volgden de afsluiting van het Noord Pampus, zuidelijk van de uitwateringssluizen, en de vorm- ing van het wintersluitgat in het Rak van

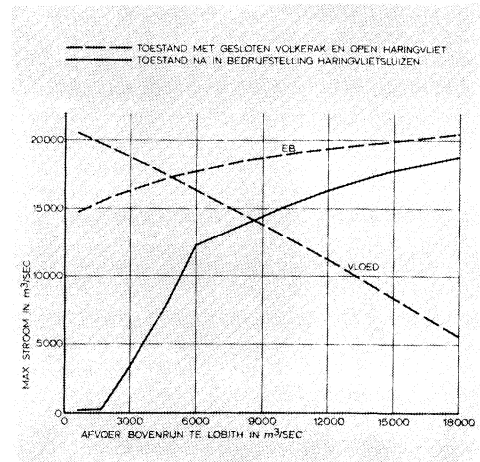
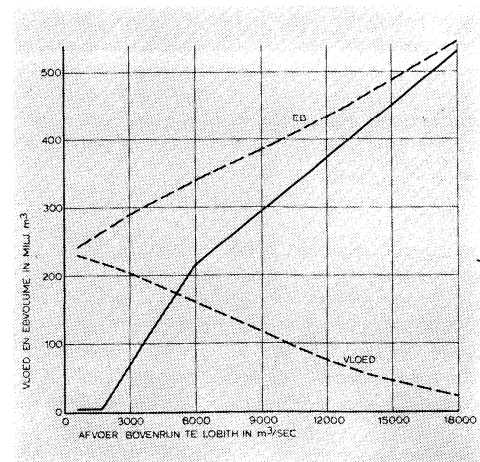


Fig. 1a. Eb- en vloedvolume bij gemiddeld getij ter plaatse van de Haringvlietssluizen voor en na de afsluiting

Fig. 1b. Maximale eb- en vloed-debiten bij gemiddeld getij ter plaatse van de Haringvlietssluizen voor en na de afsluiting



Scheelhoek ten noorden van de sluisen. Het doorstroomprofiel werd hiermede verkleind tot 14 100 m²; 5300 m² in de sluisen en 8800 m² in het sluitgat. Onder deze omstandigheden ging ongeveer 35% van het maximum eb- en vloeddebiet door de Haringvlietsluizen; het resterend gedeelte ging door het Rak van Scheelhoek. Onder gemiddelde omstandigheden van getij en afvoer van de Bovenrijn bedragen deze maximale eb- en vloeddebieten respectievelijk 16 000 m³/sec en 20 000 m³/sec.

In de eerste vier maanden van 1970 is in het Rak van Scheelhoek een sluitkade opgestort uit betonblokken. De eb- en vloedstromen verlegden zich toen geleidelijk naar de uitwateringssluizen. In Bericht nr. 53 (augustus 1970) is hierover geschreven. Tenslotte werd in april 1970 een toestand bereikt waarbij de getijstromen nog slechts via de uitwateringssluizen op het Haringvliet en het Hollands Diep konden doordringen. Deze situatie heeft geduurd tot 2 november 1970, toen de Haringvlietsluizen in bedrijf werden gesteld.

Vanaf dat moment wordt nog slechts tijdens laagwater een hoeveelheid water naar zee afgevoerd afhankelijk van het toen ingestelde normale lozingsprogramma. De in de verschillende toestanden onder gemiddelde getij-omstandigheden optredende eb- en vloedvolumes en de maximale eb- en vloeddebieten zijn aangegeven op de figuren 1a en 1b. De grootheden zijn hier gegeven als functie van de afvoer van de Bovenrijn te Lobith. Duidelijk is te zien dat de ebstroom door de uitwateringssluizen groter is geweest in de periode tussen het gereedkomen van de blokkendam en de inbedrijfsstelling van de sluisen dan hij daarna onder overigens dezelfde omstandigheden zal zijn. In deze periode, toen de Bovenrijnafvoer varieerde tussen 1500 en 7300 m³/sec, konden ook de grootste ontgrondingen ter weerszijden van de Haringvlietsluizen verwacht worden.

Het verloop van deze ontgrondingen is door zeer regelmatig peilen gevolgd, opdat de verwachtingen die hieromtrent door de uitkomsten van modelonderzoek waren gewekt, aan de werkelijkheid konden worden getoetst.

Het modelonderzoek naar de ontgrondingen is uitgevoerd in een twee-dimensionaal model, waarin voor de middelste openingen van het sluisencomplex de ontgrondingen bekeken werden, en in een drie-dimensionaal model, waarin de invloed van de twee landhoofden erbij betrokken werd. Als criterium voor dit onderzoek is aangehouden, dat de ontgrondingen in de nabijheid van de landhoofden niet veel groter mochten zijn dan de ontgron-

dingen achter de middelste openingen van het sluisencomplex, die als twee-dimensionaal mochten worden beschouwd. In verband hiermee bleek het nodig extra ruwheid in de vorm van tetraëders aan te brengen op de bodemverdediging nabij de landhoofden. Zo kon de ontgroning vooral nabij het noordelijk landhoofd voor de eb en vooral voor de vloed beperkt worden hoewel de verdiepingen daar door de wijze van aanstroming toch nog groter zouden worden dan elders aan de randen van de stortebedden. De omvang en diepte van de ontgrondingskuilen die in de werkelijkheid zijn geconstateerd, stemmen goed overeen met wat op grond van de modelresultaten verwacht mocht worden. Vooral de verdieping aan de rivierzijde nabij het noordelijk landhoofd, veroorzaakt door de vloedstroom, is ook in de natuur gevonden.

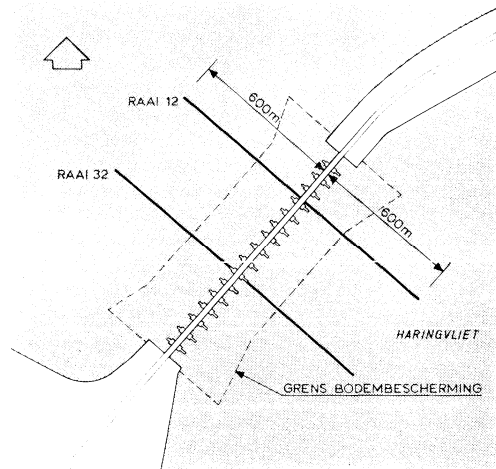


Fig. 2. Lodingen in de raaien 12 en 32 loodrecht op de as van de Haringvlietsluizen

Een indruk hiervan geven de dwarsprofielen van figuur 2. De grootste gepeilde diepte aan de rivierzijde van de sluizen bedraagt ongeveer N.A.P. – 24 m. Omdat de vloedstroom door de sluizen na het in bedrijf stellen onder normale omstandigheden geheel is komen te vervallen, hoeft hier niet gevreesd te worden voor verdere verdiepingen.

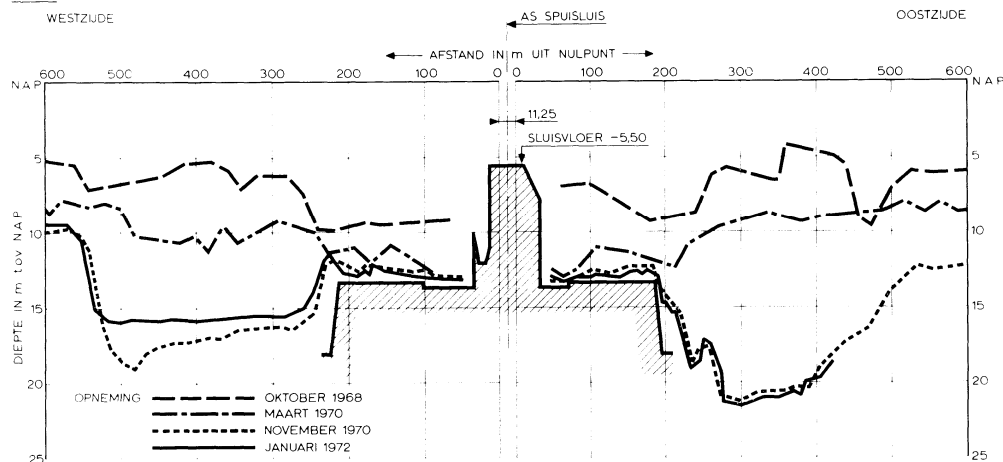
De ebstroom heeft tijdens de overgangstoestand met geopende Haringvlietsluizen en afgesloten Rak van Scheelhoek aan de zeezijde belangrijk geringere ontgrondingen opgeleverd. Hier werd de grootste diepte eveneens nabij het noordelijk landhoofd gevonden:

N.A.P. – 19 m. Na de inbedrijfsstelling van de sluizen zullen de ebdebieten pas bij zeer hoge Bovenrijnafvoeren dezelfde orde van grootte bereiken als tijdens de overgangsfase is opgetreden. Aangezien sinds met het

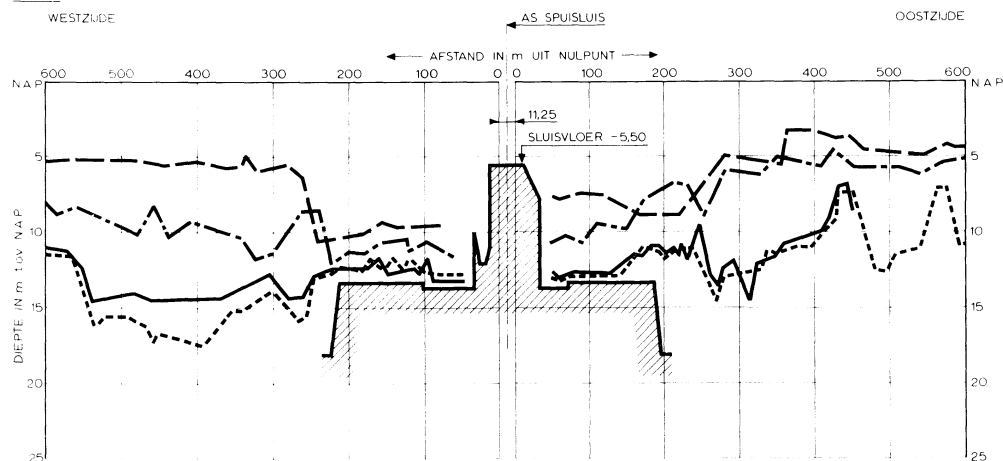
lozingsprogramma begonnen is, de oppervlaktewaterafvoer vrijwel steeds laag is geweest, zijn aan de zeezijde van de sluizen nog slechts aanzandingen geconstateerd. Toch mag men in de loop der jaren hier nog een verdere verdieping verwachten. Deze verdieping zal van dezelfde omvang zijn als geconstateerd is tijdens de overgangssituatie, namelijk 6 à 8 m.

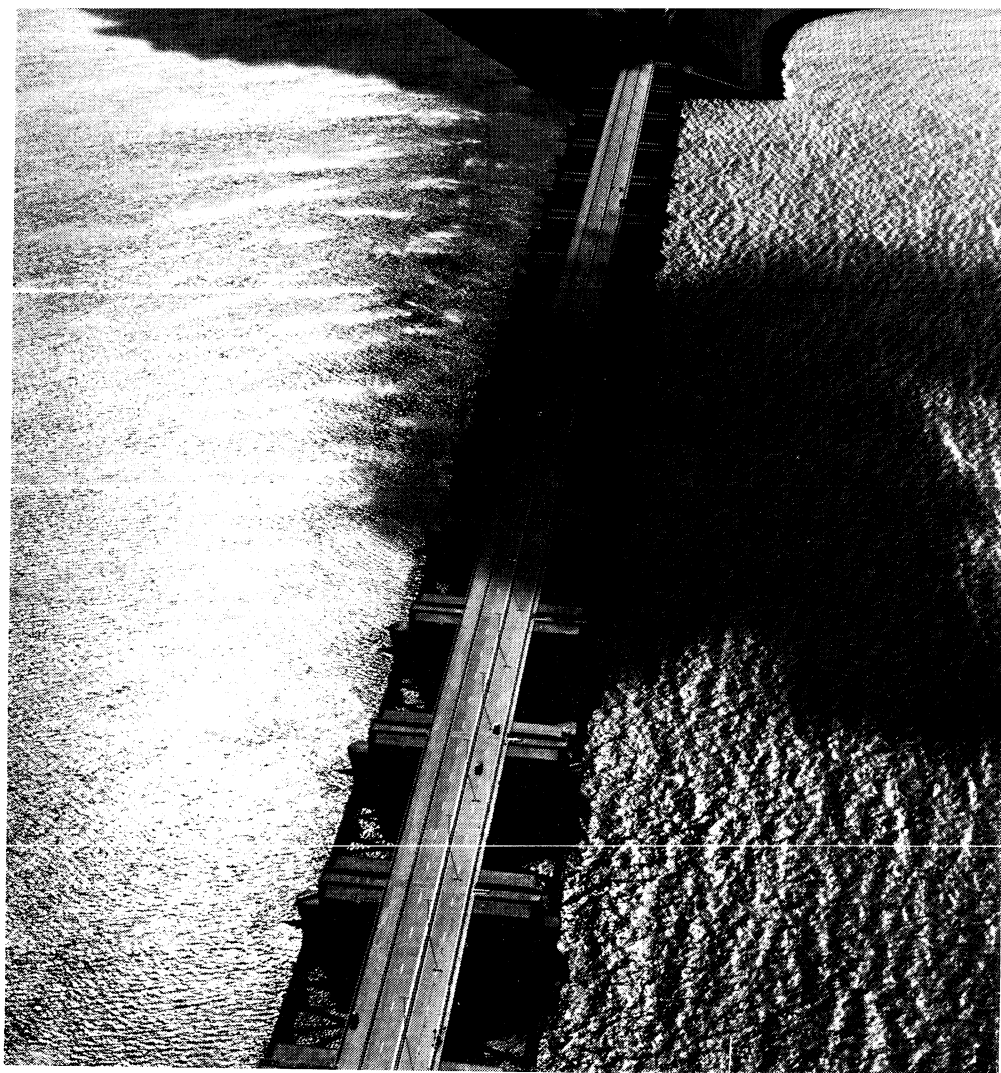
Tenslotte kunnen nog enige getallen gegeven worden voor de totale uitschuring in het gebied in het verlengde van de uitwateringsluizen. Zeewaarts is in dit gebied tot 500 m uit de sluizen 3,2 miljoen m³ uitgeschuurd in de periode tussen juli 1969 en september 1970. Tot op een afstand van 1000 m zeewaarts van de sluizen bedroeg de totale uitschuring 5 miljoen m³ en tot 2000 m 6,3 miljoen m³. Nog verder zeewaarts is de bodem

RAAI 12



RAAI 32





stabiel gebleven. De genoemde uitschuringen vonden in hoofdzaak plaats in 1970; vóór die tijd zijn de natuurlijke uitschuringen slechts gering geweest. Aan de rivierzijde van de sluizen heeft de uitschuring tot op een afstand van 500 m eveneens 3,2 miljoen m³ bedragen; over het traject tot 1000 m rivierwaarts is totaal 4,8 miljoen m³ uitgeschuurd en tot 1500 m 5,1 miljoen m³. Verder rivierwaarts zijn geen uitschuringen meer geconstateerd. Uit de peilingen is verder gebleken, dat veel bodem-materiaal is afgezet ten noorden van het beschouwde ontgrondingsgebied, dat gelegen was in het verlengde van de uitwaterings-sluizen.

De verziltingstoestand op de wateren van het noordelijk Deltabekken na de afsluiting van het Haringvliet

Sedert de ingebruikstelling van de uitwateringssluizen in het Haringvliet in november 1970 is het nog slechts in beperkte mate mogelijk geweest de betekenis en functie van deze sluizen in de werkelijkheid te vergelijken met de voorspellingen die daaromtrent zijn gedaan. De onmogelijkheid om de voorspellingen op ruime schaal te toetsen aan de realiteit is te wijten aan de exceptioneel lage Rijnaafvoeren die sedert het midden van 1971 voortdurend zijn opgetreden (zie fig. 1), en die er de oorzaak van zijn geweest dat de sluizen, anders dan bij normale afvoeren het geval zou zijn geweest, vrijwel doorlopend nagenoeg gesloten moesten worden gehouden. Een enkel aspect kan daarentegen door de bijzondere situatie juist zeer goed worden onderzocht, namelijk de betekenis van de Haringvlietafsluiting voor de vanuit zee in het benedenrivierengebied doordringende verzilting. Juist bij lage Rijnaafvoeren immers reikt die zoutpenetratie het verst.

Daar het middenwesten van ons land voor zijn watervoorziening in hoofdzaak is aangewezen op de Hollandse IJssel, zal het zoutgehalte op de Nieuwe Maas bij de mond van de Hollandse IJssel gehanteerd worden als maat voor de zoutpenetratie vanuit zee in het noordelijk Deltabekken. In concreto zal worden nagegaan onder welke omstandigheden het zoutgehalte van het water ter hoogte van de Van Brienenoordbrug bij gemiddeld getij tijdens de H.W.-kentering nog juist geen verhoging ondergaat ten gevolge van de zee-invloed. Volgens het eindrapport van de Deltacommissie zou dit bij de huidige overgangstoestand – nog geen watervoorziening van het zuidelijk Deltabekken en nog maar een beperkte rivierwateronttrekking – het

geval zijn wanneer de Rijnaafvoer 1300 tot 1350 m³/sec bedraagt en de Haringvliet-sluizen nagenoeg gesloten zijn. In de jaren waarin het betreffende deel van het eindrapport werd samengesteld, was de zee-invloed op dezelfde plaats tijdens de H.W.-kentering al merkbaar bij 2200 m³/sec Rijnaafvoer. Volgens de verwachtingen zou de overgangstoestand dus al een belangrijke verbetering betekenen, zeker als men bedenkt dat ook een afvoervermindering moest worden gecompenseerd die optrad tengevolge van de Rijnkanalisatie.

Men kan zich echter afvragen of toetsing van de genoemde voorspelling wel zin heeft. In de jaren '60 zijn immers belangrijke veranderingen opgetreden in het profiel van de Nieuwe Waterweg. Naast omvangrijke rivierverbredings- en verdiepingswerken ten behoeve van de scheepvaart kwamen een nieuwe toeleidingsgeul vanuit de Noordzee en een verdieping van de mond bij Hoek van Holland tot stand, en tengevolge van deze laatste werken trad bovendien nog achterwaartse erosie op. De verziltingstoestand op Oude en Nieuwe Maas verslechterde daardoor aanzienlijk. Het Maaswater ter hoogte van de Van Brienenoordbrug bleef in 1966 bij de H.W.-kentering alleen nog vrij van zee-invloed bij Rijnaafvoeren van 2750 m³/sec en meer; in 1969 was deze kritieke waarde al opgelopen tot 3500 m³/sec.

Daar staat echter tegenover dat sinds 1968, tegelijk met de aanleg van de oliegeul, werd overgegaan tot kunstmatige verondieping van de Rotterdamse Waterweg opdat van de door het Deltaplan mogelijk geworden verbetering van de verziltingstoestand op de Oude en Nieuwe Maas zo min mogelijk verloren zou

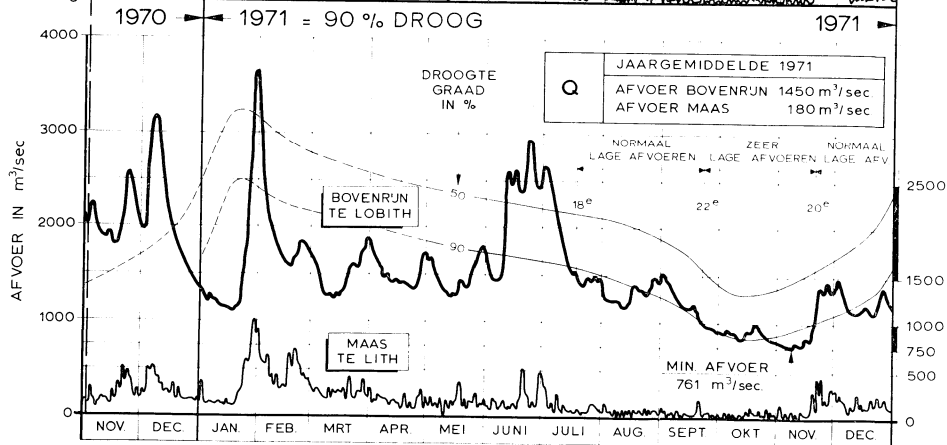
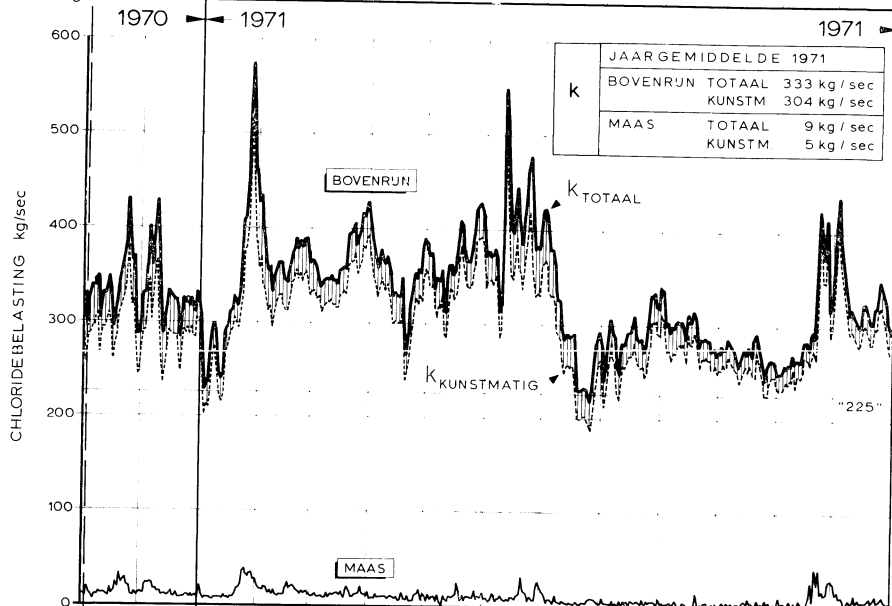
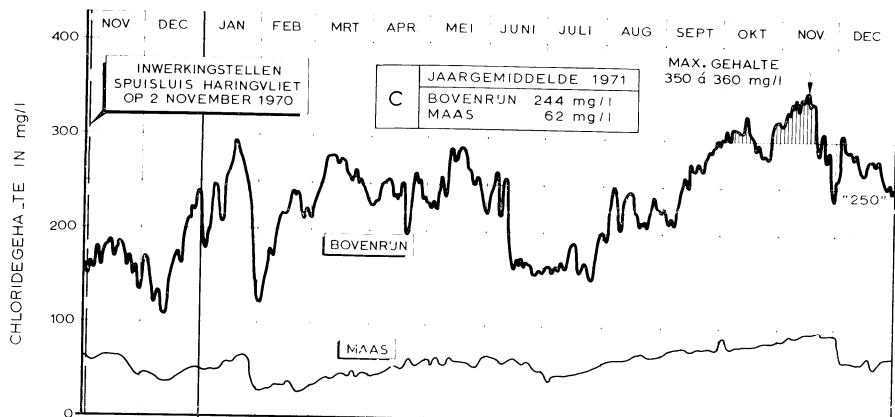


Fig. 1. Verloop van het zoutgehalte (c), de zoutbelasting (k) en de afvoer (q) op de Bovenrijn en de Maas in de periode november 1970–december 1971

gaan. Berekeningen volgens een recentelijk ontwikkelde empirische methode wijzen uit dat bij verondieping van de Rotterdamse Waterweg conform de in de Rijkswaterstaatsnota 'De Waterhuishouding van Nederland' (1968) aangegeven trapjeslijn, een Rijnaafvoer van 1200 à 1250 m³/sec al voldoende zou zijn om de Nieuwe Maas bij de Van Brienenoordbrug tijdens de H.W.-kentering te vrijwaren van zee-invloed.

Vergelijking met het einde van de jaren '60

Met behulp van de genoemde empirische methode is berekend tot waar de zoutpenetratie uit zee onder gemiddelde getijomstandigheden langs de Nieuwe en Oude Maas thans tijdens de H.W.- en L.W.-stroomkentering zou doordringen bij een Rijnaafvoer van 1000 en 1500 m³/sec en nagenoeg gesloten Haringvlietsluizen. De uitkomst is aan de onderzijde van fig. 2 weergegeven. Daarboven ziet men de gemiddelde longitudinale gradiënten van het zoutgehalte die op een diepte van N.A.P.-2,50 m door een groot aantal continu registrerende zoutmeetstations gemiddeld over zowel de H.W.- als de L.W.-stroomkentering bij Rijnaafvoeren rond 1000 en 1500 m³/sec zijn gemeten. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de volgende waterstaatkundige toestanden:

T_0 = toestand vóór de afsluiting van het Volkerak op 28 april 1969;

T_1 = toestand ná de afsluiting van het Volkerak en vóór het inwerkingstellen van de Haringvlietsluizen (28 april 1969 – 2 november 1970);

T_D = toestand ná het inwerkingstellen van de Haringvlietsluizen op 2 november 1970 bij gedeeltelijk voltooide bodemverhoging op de Rotterdamse Waterweg en in werking gestelde Rijnkanalisatie.

De aandacht wordt erop gevestigd dat de gradiënten in fig. 2 betrekking hebben op gemiddelde getijomstandigheden. In werkelijkheid doen zich van getij tot getij grote positieve en negatieve afwijkingen voor.

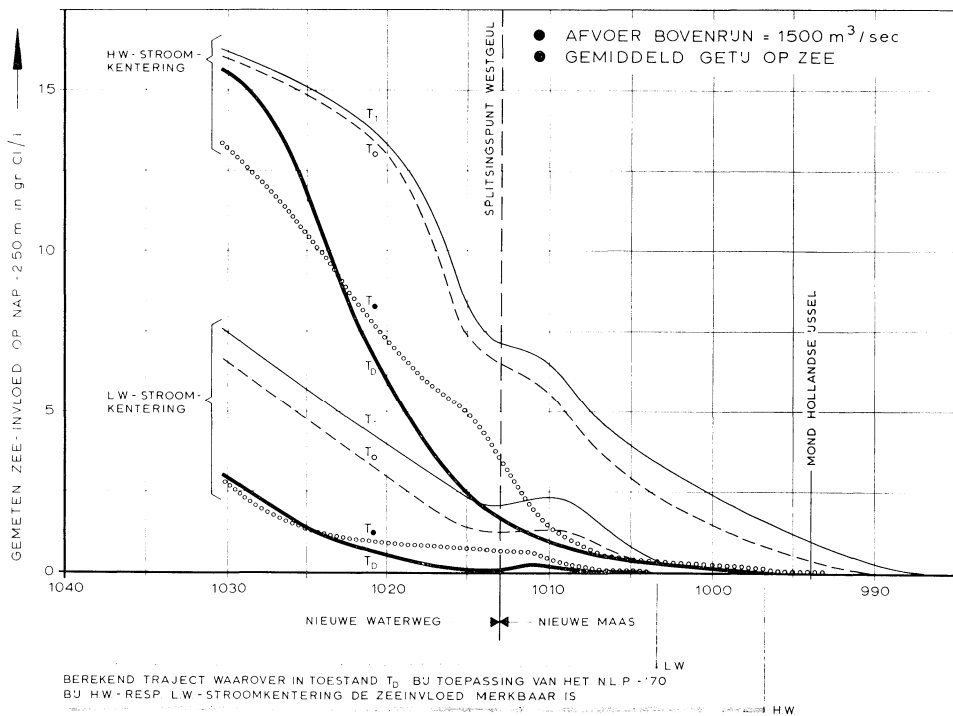
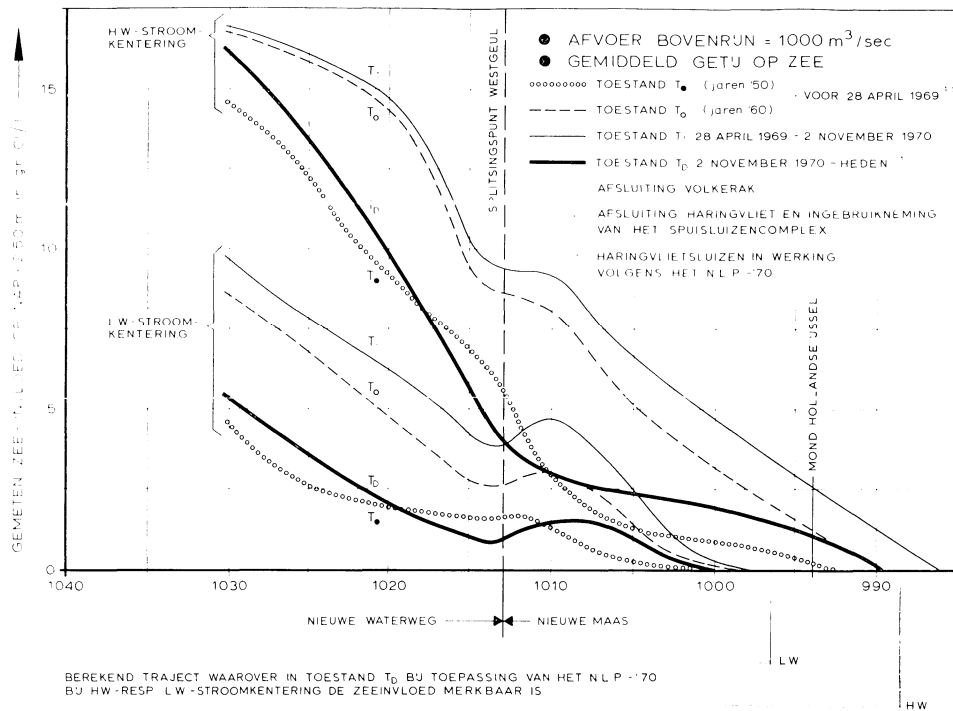
Aangezien de verticale gradiënten in het zoutgehalte op de riviergedeelten waar de verziltende invloed van de zee merkbaar begint te worden, te verwaarlozen zijn, geven in fig. 2 de punten van de X-as waar de op N.A.P.-2,50 m gemeten zee-invloed nul is, de km-raaien aan tot waar de zoutpenetratie uit zee tijdens de H.W.- en L.W.-stroomkentering gemiddeld is doorgedrongen. De overeenkomst tussen berekening en meting blijkt bevredigend. Uit een vergelijking van de verschillende op N.A.P.-2,50 m gemeten gradiënten blijkt dat de verziltende invloed van de zee thans minder ver langs de Oude en Nieuwe Maas doordringt dan omstreeks 1968 (tabel 1). Verder blijkt, dat het zoutgehalte in de mond van de Nieuwe Waterweg bij beide Rijnaafvoeren vooral tijdens de L.W.-stroomkentering is afgenomen, dat de longitudinale gradiënt in het bijzonder tijdens de H.W.-stroomkentering is toegenomen. Dat betekent een aanzienlijke verlaging van de zee-invloed op N.A.P.-2,50 m op het rivierenknooppunt bij Vlaardingen (tabel 2).

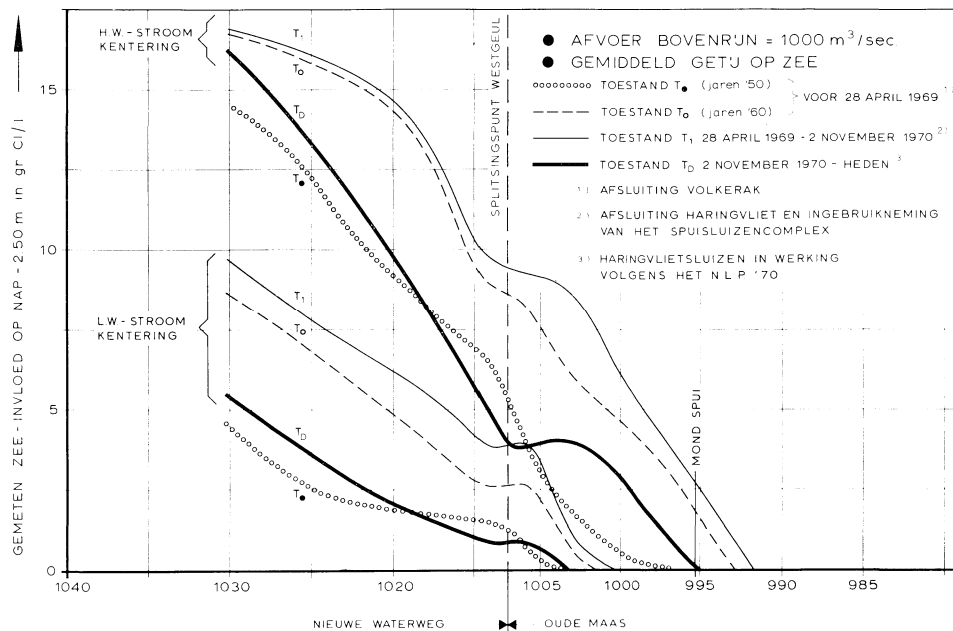
Tabel 1. Afstand in km waarover de zoutpenetratie uit zee thans minder ver doordringt dan op het einde van de jaren '60

Rijnaafvoer te Lobith	1000 m ³ /sec		1500 m ³ /sec	
Stroomkentering	H.W.	L.W.	H.W.	L.W.
Nieuwe Maas	0	1	4	4
Oude Maas	2	2	5	4,5

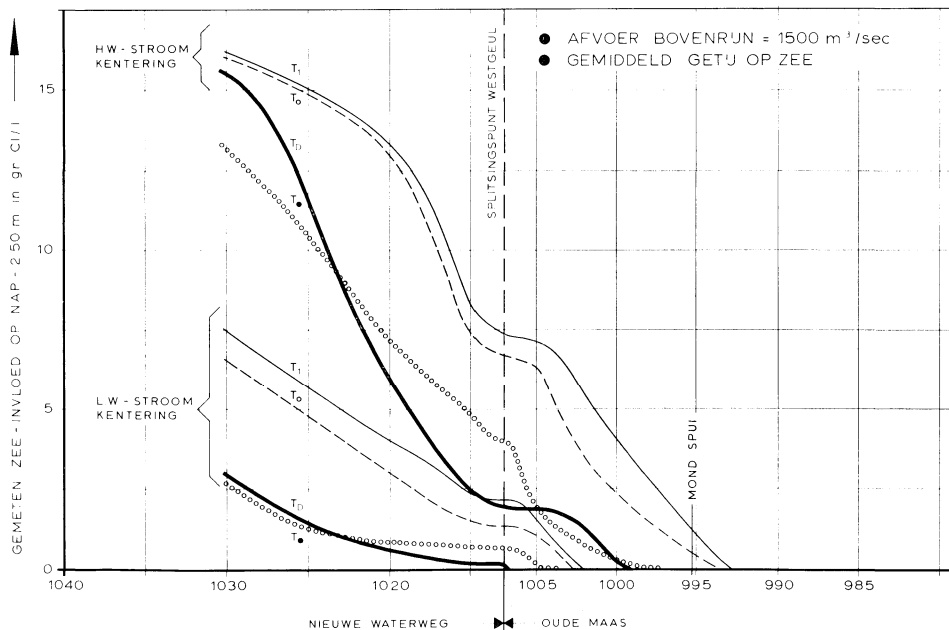
Tabel 2. De op N.A.P. – 2,50 m gemeten zee-invloed in mg Cl/l op het rivierenknooppunt bij Vlaardingen: T_D t.o.v. T_0 .

Rijnaafvoer in m ³ /sec	H.W.-stroomkentering		L.W.-stroomkentering	
Toestand	T_0	T_D	T_0	T_D
1000	8500	4000	2700	1000
1500	6500	1700	1300	200





BEREKEND TRAJECT WAAROVER IN TOESTAND T₀ BIJ TOEPASSING VAN HET NLP - '70 BIJ HW- RESP LW- STROOMKENTERING DE ZEE- INVLOED MERKBAAR IS



BEREKEND TRAJECT WAAROVER IN TOESTAND T₀ BIJ TOEPASSING VAN HET NLP - '70 BIJ HW- RESP LW- STROOMKENTERING DE ZEE- INVLOED MERKBAAR IS

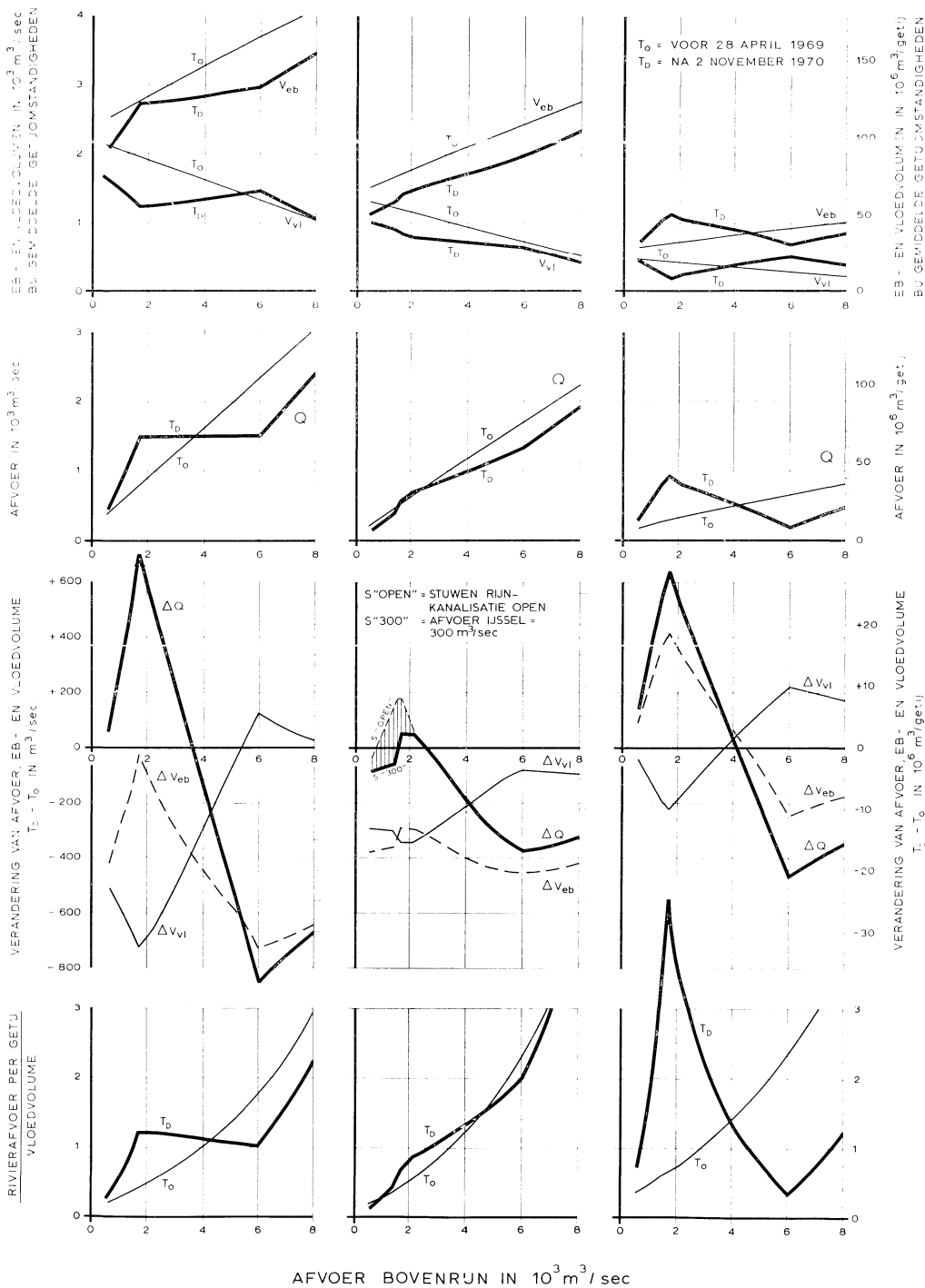
a. NIEUWE WATERWEG
kmr. 1032b. NIEUWE MAAS
kmr. 1013c. OUDE MAAS
kmr. 1007

Fig. 2. Grafieken op p. 524

resp. 525:

Relatie tussen de afvoer van de Bovenrijn en de zee-invoed op de trajecten Nieuwe Waterweg–Nieuwe Maas (links) en Nieuwe Waterweg–Oude Maas (rechts) bij verschillende waterstaatkundige toestanden

Fig. 3. Eb- enloedvolumes en opperwaterafvoeren op de Nieuwe Waterweg, de Nieuwe Maas en de Oude Maas; vergelijking van toestand T_0 met toestand T_D

De oorzaak van deze aanzienlijke verbetering van de verziltingstoestand op de Nieuwe Waterweg is gelegen in het feit dat door het bij de lagere rivierafvoeren nagenoeg gesloten houden van de Haringvlietsluizen de vloedvolumina op deze rivier aanzienlijk meer zijn afgenomen dan de ebvolumina. Dit betekent een grotere afvoer van opperwater en een gunstiger verhouding tussen afvoer en vloedvolumen dan op het einde van de jaren '60. Fig. 3 geeft hiervan een beeld.

Daar het zoutgehalte op het rivierenknooppunt bij Vlaardingen kan worden beschouwd als randvoorwaarde voor de verziltingstoestand op de Oude en Nieuwe Maas, doet de verbetering in de verziltingstoestand zich in principe ook op beide laatstgenoemde riviertakken gelden (fig. 4).

Een nadere beschouwing van de figuren 2 laat echter zien dat de Nieuwe Maas bij lage afvoeren anders reageert dan de Oude Maas. De gemiddelde zoutgehalten zijn op beide riviertakken weliswaar aanzienlijk verlaagd, de longitudinale gradiënt is echter op de Nieuwe Maas afgenomen en op de Oude Maas toegenomen. Hierdoor dringt bij een Rijnafvoer van 1000 m³/sec de verziltende invloed van de zee op de Oude Maas in vergelijking met het einde van de jaren '60 ongeveer 2 km minder ver door, terwijl deze invloed op de Nieuwe Maas tijdens de H.W.-stroomkentering even ver en tijdens de L.W.-stroomkentering bijna even ver merkbaar is als toen. Op de benedenloop van de Oude Maas is de oorzaak van de verbetering gelegen in het feit, dat de nagenoeg gesloten Haringvlietsluizen bij lagere rivierafvoeren een vermindering veroorzaken van de vloedvolumina en een aanzienlijke vergroting van de

ebvolumina resulterend in een grotere afvoer van opperwater en een gunstiger verhouding tussen afvoer en vloedvolumen. De afvoermeerdering langs de Nieuwe Waterweg blijkt vrijwel geheel afkomstig van de Oude Maas. Als gevolg van de op de Oude Maas afgenomen vloedvolumina is de verhouding tussen afvoer en vloedvolumen op deze rivier thans ruim driemaal zo groot als die op de Nieuwe Waterweg. Op het einde van de jaren '60 was diezelfde verhouding op de Oude Maas anderhalf á tweemaal zo groot als die op de Nieuwe Waterweg.

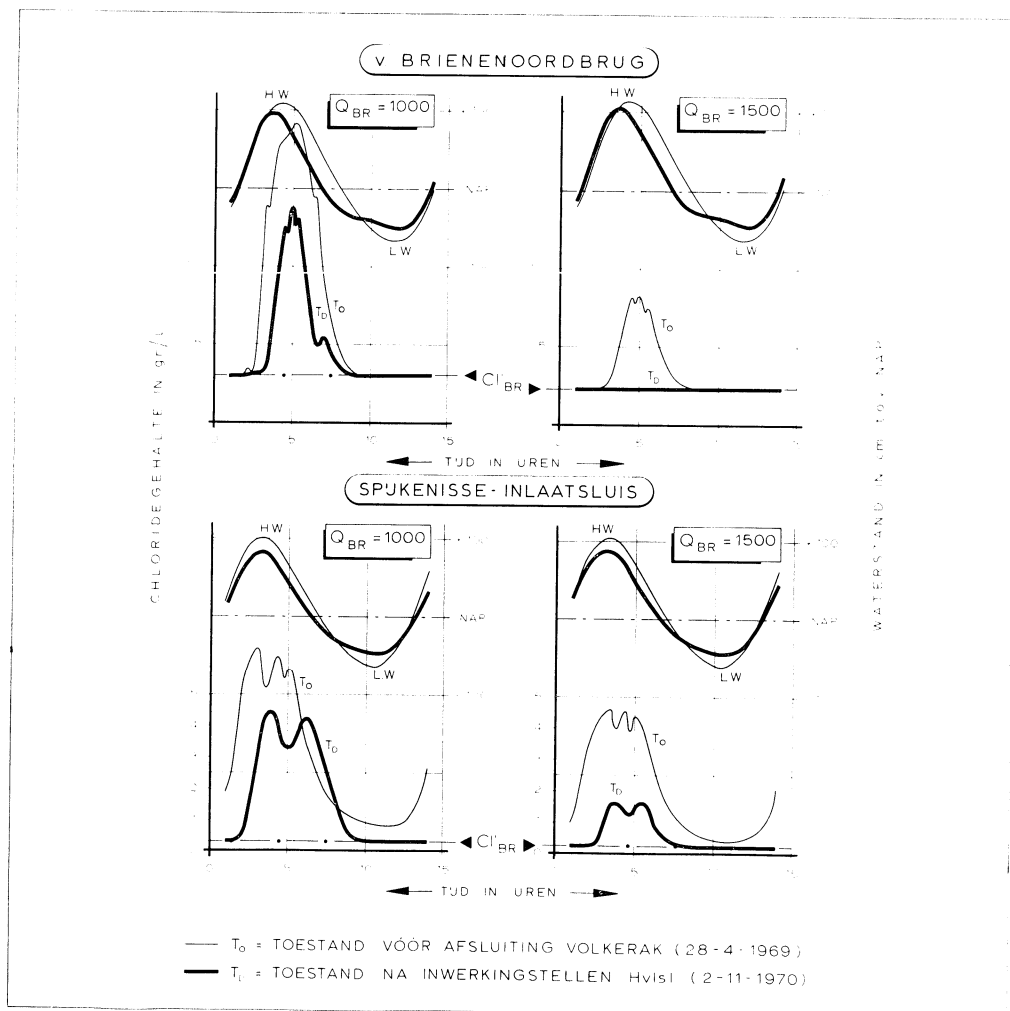
Ondanks het nagenoeg gesloten houden van de Haringvlietsluizen, is de vermindering van de vloedvolumina op de Nieuwe Maas tijdens normale Rijnafvoeren slechts weinig groter en tijdens lage Rijnafvoeren (< 1500 m³/sec) zelfs kleiner dan die van de ebvolumina. Als gevolg hiervan nemen tijdens normale Rijnafvoeren de afvoer van opperwater en de verhouding tussen afvoer en vloedvolumen op de Nieuwe Maas ten opzichte van het einde van de jaren '60 slechts weinig toe en nemen zij tijdens de lagere afvoeren van de Rijn zelfs af. De overgang van toe- naar afnemend geschiedt voor wat betreft de opperwaterafvoer vrij abrupt bij Rijnafvoeren van 1400 à 1500 m³/sec; en voor wat betreft de verhouding tussen afvoer en vloedvolumen meer geleidelijk (fig. 3). Het afwijkende gedrag van de Nieuwe Maas wordt voornamelijk veroorzaakt door het stuwprogramma dat op de gekanaliseerde Nederrijn en Lek terwille van het handhaven van een voldoende vaardiepte op de Gelderse IJssel moet worden toegepast (zie ook figuur 6). Beneden een Bovenrijnafvoer van 2100 à 2200 m³/sec wordt volgens het stuwprogramma S '300' de afvoer van de IJssel namelijk zolang op 300 m³/sec gestabiliseerd, tot als gevolg hiervan de afvoer van de Nederrijn via de stuw te Driel tot 50 m³/sec is gedaald. Beneden een Rijnafvoer van 1400 à 1500 m³/sec wordt vervolgens de afvoer van de Nederrijn met behulp van de stuw te Driel op 50 m³/sec gestabiliseerd. Zonder de Rijnkanalisatie zou de afvoer langs de Nieuwe Maas niet alleen tijdens de normale, maar ook tijdens de lagere Rijnafvoeren zijn toegenomen. In dit verband moet worden opgemerkt dat in de periode van 22 september t/m 20 november 1970, toen de Rijnafvoer kleiner was dan 1000 m³/sec, in feite geen 50 maar 25 à 35 m³/sec via de stuw te Driel werd afgevoerd en dat dit zich heeft herhaald in de periode na 7 december 1971, toen de Rijnafvoer groter was en varieerde tussen 1100 en 1400 m³/sec. Deze relatief sterkere stuw van opperwater via de IJssel naar het IJsselmeer heeft even-

wel geen gevolgen van betekenis gehad voor de zoutbestrijding op de Rotterdamse Waterweg. De vermindering van de afvoer via de stuw te Driel gaat namelijk niet geheel ten koste van de aanvoer van oppervlaktewater naar de noordrand van het noordelijk deltabekken. Het 'knippen' van de stuw te Driel immers doet niet alleen de afvoer langs de IJssel, maar ook die langs de Waal toenemen. Overigens komt de afvoermeerdering van de Waal meer de Oude dan de Nieuwe Maas ten goede.

Vergelijking met de jaren '50

De door het inwerkingstellen van de Haringvlietsluizen op 2 november 1970 ontstane nieuwe toestand is eveneens vergeleken met die van de jaren '50. Ofschoon dit onderzoek

Fig. 4. Verbetering van het zoutgehalte bij de Van Brienenoordbrug en de Inlaatsluis Spijkenisse onder invloed van de inwerkingstelling der Haringvlietsluizen.



nog niet is afgerond, kunnen nu al wel enige algemene conclusies worden getrokken. De belangrijkste zijn, dat na 2 november 1970 de verziltingsstoestand ten opzichte van die van de jaren '50 tijdens gemiddelde getijomstandigheden op de Oude en Nieuwe Maas bij Rijnafvoeren gelijk aan of groter dan 1500 m³/sec is verbeterd, bij kleinere rivierafvoeren tijdens de L.W.-stroomkentering ten naaste bij gelijk gebleven en tijdens de H.W.-stroomkentering iets ongunstiger geworden is (zie fig. 2).

Gegeven de rivierconfiguratie van de jaren '50 zou, volgens het Eindrapport van de Deltacommissie, in de periode direct volgend op het inwerkingstellen van de Haringvliet-sluizen de verziltende invloed van de zee pas bij een Rijnafvoer van 1300 à 1350 m³/sec op de Nieuwe Maas bij de mond van de Hollandse IJssel tijdens de H.W.-stroomkentering en gemiddeld getij op zee merkbaar zijn. Gegeven de rivierconfiguratie aan het einde van de jaren '60 en een verondieping van de Rotterdamse Waterweg volgens de zogenaamde trapjeslijn uit de Rijkswaterstaatsnota 'De Waterhuishouding van Nederland', zou voor hetzelfde resultaat kunnen worden volstaan met een Rijnafvoer van 1200 à 1250 m³/sec. Bij de rivierconfiguratie van de jaren '50 en zonder Haringvliet-sluizen was daar een Rijnafvoer voor nodig van 2200 m³/sec. Uit de sinds 2 november 1970 uitgevoerde natuurmetingen blijkt, dat de verziltende invloed van de zee thans bij Rijnafvoeren van 1500 m³/sec tijdens de H.W.-stroomkentering ter plaatse bij gemiddeld getij merkbaar wordt. Daar de verondiepingenwerken op de Rotterdamse Waterweg voor wat betreft de Nieuwe Maas zo goed als gereed zijn, maar op de Nieuwe Waterweg nog niet, ligt het in de lijn der verwachtingen dat na het gereedkomen van ook dat laatste deel van de verondiepingenwerken een Rijnafvoer van 1250 m³/sec bij gemiddelde getijomstandigheden zeker voldoende zal zijn voor het weren van de zee-involed bij de H.W.-kentering ter plaatse van de Hollandse IJsselmond. Daarmee zal dan de in de jaren '50 en '60 voor de thans bestaande overgangstoestand in het vooruitzicht gestelde verbetering van de zoutbestrijding werkelijkheid zijn geworden. Dat houdt tevens in dat de gunstige invloed van het Deltaplan zich ook bij extreem lage afvoeren nog doet gelden. Immers de ongunstige invloed van de door de Rijnkanalisatie veroorzaakte afvoer-vermindering van de Lek die reeds bij Rijnafvoeren van 2200 m³/sec begint en bij een afvoer van 1500 m³/sec zijn maximum bereikt, neemt bij lagere Rijnafvoeren slechts zeer ge-

leidelijk af, zonder geheel te verdwijnen (zie ook fig. 6). Dit betekent tevens dat bij lage Rijnafvoeren thans mede dank zij het gereedgekomen gedeelte van de verondiepingenwerken de nadelige gevolgen van de Rijnkanalisatie voor het overgrote deel door het Deltaplan worden gecompenseerd, en na het gereedkomen van de verondieping van de Nieuwe Waterweg conform de voorspellingen geheel zullen worden gecompenseerd.

Inlaatmogelijkheden van zoet water op het noordelijk Deltabekken

Bij een Rijnafvoer van 1000 m³/sec reikte de zee-involed tijdens de H.W.-stroomkentering op de Nieuwe Maas gemiddeld tot op het splitsingspunt Krimpen a/d Lek en op de Oude Maas gemiddeld tot op het splitsingspunt Berenplaat, dus tot voorbij de belangrijkste punten voor de onttrekking van rivierwater, de Hollandse IJssel, de inlaatsluis van de Brielse Maasboezem bij Spijkenisse en de prise d'eau van de Rotterdamse Drinkwatermaatschappij op de Berenplaat. Dit wil echter niet zeggen dat bij een Rijnafvoer van 1000 m³/sec de inlaat van rivierwater bij de inlaatsluis bij Spijkenisse en het gemaal bij Gouda ten allen tijde moet worden gestaakt.

Bij Spijkenisse wordt ingelaten tijdens de L.W.-periode, zolang het zoutgehalte van de Oude Maas daar nog niet door de zee is verhoogd. Bij de genoemde Rijnafvoer is ter plaatse tijdens de L.W.-periode gemiddeld nog geen zee-involed merkbaar (zie fig. 4), zodat bij een Rijnafvoer van 1000 m³/sec via de Spijkenisser Inlaatsluis en dus ook bij de Berenplaat nog steeds niet door de zee beïnvloed rivierwater kan worden ingelaten; zulks afgezien van getijafwijkingen.

De inlaatmogelijkheden bij Gouda hangen onder meer af van de vraag of de Hollandse IJssel al of niet verzilt onder invloed van de zoutpenetratie uit zee. Evenals bij Spijkenisse is dus ook hier uitgegaan van de veronderstelling dat het zoutgehalte van het oppervlaktewater zonder meer wordt geaccepteerd, ook al stijgt het boven de 300 mg/l-grens. Daar de Hollandse IJssel bij gemiddelde getijomstandigheden in de hier bedoelde zin verzilt als de zoutpenetratie uit zee bij de Van Brienoordbrug rond het tijdstip van laagwater merkbaar is – en dat gebeurt nog niet bij een Rijnafvoer van 1000 m³/sec (zie fig. 4) – kan worden gesteld dat bij deze Rijnafvoer en gemiddeld getij bij Gouda nog niet door de zee beïnvloed rivierwater kan worden ingenomen; wederom afgezien van getijafwijkingen.

Tijdens de droge periode van 1971 uitgevoerde natuurmetingen wijzen uit dat de

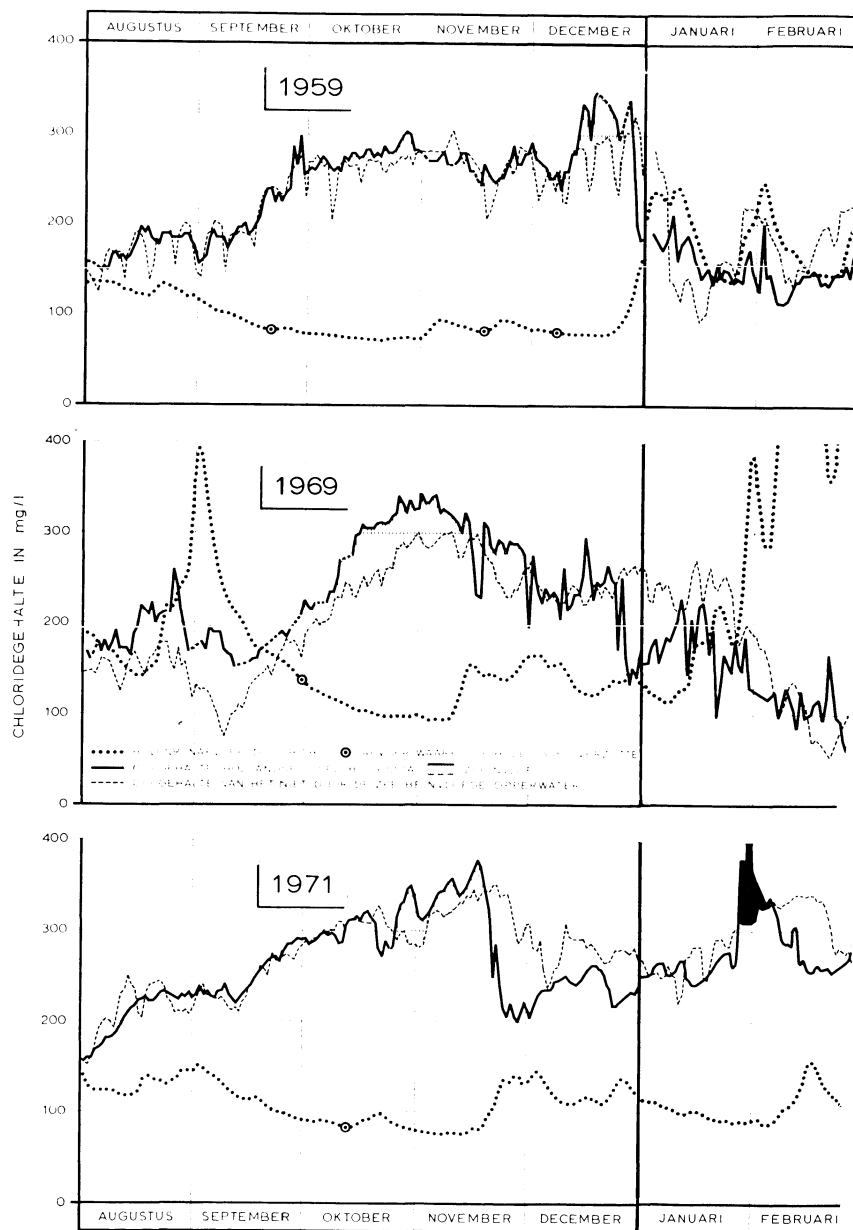
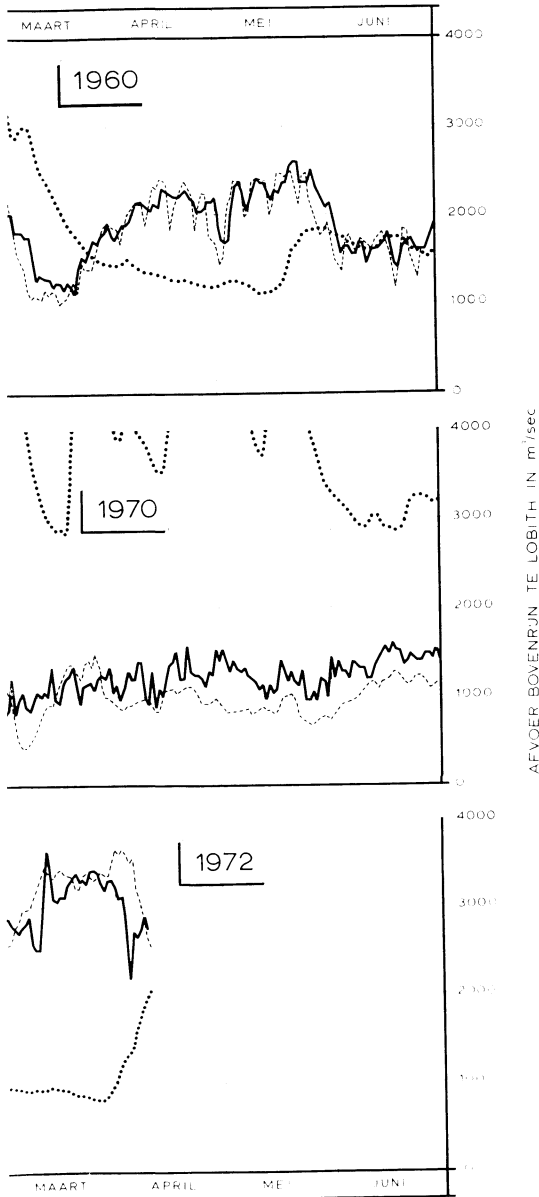


Fig. 5. Verzilting van de Hollandse IJssel bij de lage Rijnafvoeren van 1959, 1969 en 1971 onder invloed van de zee (verticaal gearceerd) en van de lozing van Rijnland (zwart).



Hollandse IJssel thans onder gemiddelde getijomstandigheden en bij een dalende Rijnafvoer verzilt in hetzelfde afvoerinterval als in de jaren '50, namelijk dat van 850 tot 800 m³/sec; en dat het dan door de bufferwerking van de Hollandse IJssel ongeveer 4 dagen duurt eer de verzilting bij Gouda merkbaar is (zie fig. 4). Met betrekking tot de inlaatsluis van de Brielse-Maasboezem kan op grond van dezelfde natuurmetingen worden gesteld, dat de zee-invloed onder genoemde omstandigheden in het afvoerinterval van 950 à 900 m³/sec tijdens de L.W.-periode op de Oude Maas bij Spijkenisse merkbaar is. In de jaren '50 was dit reeds het geval bij een bijna 2x, en op het einde van de jaren '60 bij een 3x zo grote Rijnafvoer.

Uit een oogpunt van watervoorziening betekent dit dat in beide gevallen een aanzienlijke verbetering is bereikt in vergelijking met het einde van de jaren '60 en voorzover het de Spijkenisser Inlaatsluis betreft ook ten opzichte van de jaren '50. De Deltawerken hebben in het noordelijk Deltabekken kunnen voorkomen dat bij lage Rijnafvoeren de inlaatsmogelijkheden bij Gouda uit de Hollandse IJssel ten opzichte van die in de jaren '50 als gevolg van de Rijnkanalisatie zouden zijn verminderd.

Om dit te illustreren zijn in fig. 5 het verloop van de daggemiddelden van het zoutgehalte van de Hollandse IJssel bij Gouda en dat van het Rijnwater tijdens de in de jaren 1959, 1969 en 1971 voorgekomen perioden met lage Rijnafvoeren met elkaar vergeleken. Evenals in 1959 verziltte de Hollandse IJssel in 1971 in het voor deze rivierarm kritieke afvoerinterval van de Rijn van 850 tot 800 m³/sec, terwijl de gemiddelde zoutgehalten bij Gouda werden

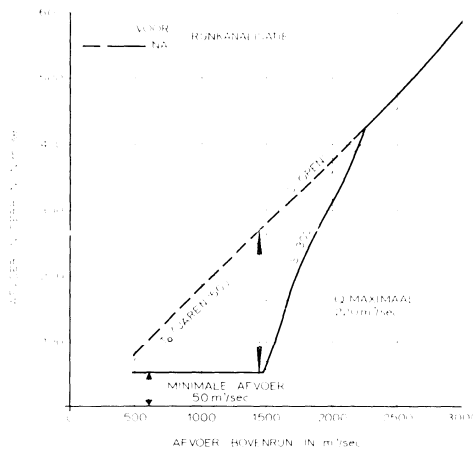


Fig. 6. Verandering in de verdeling van de Bovenrijnafvoeren gevolge van de Rijnkanaalisatie, volgens stuwprogramma S '300'

verhoogd met dezelfde waarde als toen, namelijk met ongeveer 50 mg Cl/l. In dit verband mag het niet onvermeld blijven dat het zoutgehalte van het bij Lobith binnenstromende Rijnwater sedert deze vergelijkingsjaren ondanks het internationale overleg verder is toegenomen. Was in 1959 een gehalte van 300 mg Cl/l nog een grenswaarde, thans zijn ter plaatse al maxima gemeten van 360 mg Cl/l.

De in 1969 voorgekomen periode met lage Rijnafvoeren geeft enigszins een indruk van de niet onaanzienlijke mate waarin de verziltinstoestand tijdens de droge periode van 1971 ten opzichte van de jaren '50 zou zijn verslechterd, als men nog niet had kunnen werken met het door de Deltawerken mogelijk geworden waterbeheersingssysteem op het noordelijk Deltabekken. De Hollandse IJssel verziltte in 1969 namelijk reeds in het afvoerinterval van 1350 tot 1400 m³/sec. De twee situaties zijn in dit opzicht evenwel niet helemaal met elkaar te vergelijken. De door de Volkerakafsluiting veroorzaakte afvoerremming langs de noordrand van het noordelijk Deltabekken werd immers voor slechts 16% gecompenseerd door de afvoermeerdering langs de Lek, zoals die bij de toen nog geopende stuwen van de Rijnkanaalisatie optrad. Vergelijk hiertoe in figuur 6 de toestand S 'OPEN' met T₀. Was de bodemligging van de Nieuw Waterweg in 1971 zo goed als gelijk aan die van 1969, op het gedeelte van de Nieuwe Maas tussen de Van Brienenoordbrug en Vlaardingen waren in 1969 de verondiepingswerken pas in hun beginstadium, terwijl zij in 1971 bijna gereed waren. Door deze factoren zal de droge periode van 1969 in de hiervoor bedoelde

hypothetische vergelijking met de droge periode van '1971 zonder Deltaplan' een te ongunstig beeld geven. Daar staat echter weer tegenover dat in 1971 de Rijnafvoeren veel lager waren dan in 1969 en het zoutgehalte van de Rijn veel hoger.

Naast de hiervoor beschreven voordelen van het Deltaplan voor de bestrijding van de zoutpenetratie vanuit zee, biedt het plan nog een aantal andere voordelen. Het Deltaplan maakt een gunstiger verdeling over het noordelijk bekken mogelijk van het zoutgehalte van het door Rijn en Maas aangevoerde opperwater, zowel naar plaats als naar tijd. Deze voordelen zijn het gevolg van de langere tijd die het water nu verblijft op het noordelijk Deltabekken als gevolg van het langdurig nagenoeg gesloten houden van de Haringvlietssluisen bij lage Rijnafvoeren. Als deze toestand intreedt – bij afvoeren lager dan 1700 m³/sec – komen de genoemde voordelen met name tot uiting wanneer het zoutgehalte van het opperwater hoog is en de kwaliteit ook in andere opzichten te wensen overlaat; en dit geldt temeer naarmate de afvoer daalt en de kwaliteit verslechtert.

Met betrekking tot de gunstiger verdeling naar plaats van het zoutgehalte van het opperwater dient in de eerste plaats te worden gewezen op de kwalitatief gunstige invloed van het Maaswater, die thans bij genoemde Rijnafvoeren over het gehele noordelijk Deltabekken merkbaar is. Vroeger werd het Maaswater voor het grootste deel via het Haringvliet en voor een kleiner deel via het Volkerak en de Oosterschelde naar zee afgevoerd. Thans is het door de Waal via de Nieuwe Merwede en het door de Maas via de Amer aangevoerde opperwater even voorbij de

Moerdijkbruggen, dat wil zeggen voor de mond van de Dordtse Kil, zo goed als volledig gemengd. Vandaar wordt het via de Kil of het Hollands Diep, Haringvliet en Spui over het gehele noordelijk Deltabekken verdeeld. De kwalitatief gunstige invloed van het Maaswater is het sterkst op het Hollands Diep, het Haringvliet, de Kil, het Spui en de oude Maas benedenstrooms van het splitsingspunt Berenplaat. Maar ook op de Noord, de Nieuwe Maas en de Hollandse IJssel is hij merkbaar en wel temeer naarmate de afvoer van de Lek door het 'knippen' van de stuwen van de Rijnkanalisatie afneemt en zolang althans de afvoer van de Maas voldoende groot blijft. In het voorgaande is van de stilzwijgende veronderstelling uitgegaan, dat de door het schutbedrijf van de Volkeraksluizen op het Hollands Diep en Haringvliet veroorzaakte zoutbelasting te verwaarlozen is. In werkelijkheid is dit niet het geval. Onder invloed van de krachtdadige zoutbestrijdingsmaatregelen die sinds 1 mei 1971 bij deze sluizen worden getroffen is het restzoutbezwaar echter wel zover teruggedrongen dat de kwalitatief gunstige invloed van het Maaswater slechts voor een klein deel teniet wordt gedaan. Het 'knippen' van de stuwen van de Rijnkanalisatie bij lage Rijnafvoer teneinde zolang mogelijk voldoende vaardiepte op de IJssel te kunnen handhaven, heeft voor het noordelijk Deltabekken zowel nadelige als voordelige gevolgen. Op het nadelige effect voor de zoutbestrijding op de Nieuwe Maas en de compensatie die het Deltaplan in dit opzicht biedt, is reeds uitvoerig ingegaan. Het voordelige effect van een 'gestuwde' Nederrijn-Lek is het gevolg van het feit dat de verblijfstijd van het via Stuw Hagestein naar het riviertraject Hagestein-Krimpen a/d Lek aangevoerde oppervater wordt vergroot, en wel temeer naarmate de afvoer via deze stuw vermindert. Een Rijnafvoer van 1400 à 1500 m³/sec vormt in dat opzicht een belangrijke grenswaarde. Daalt de Rijnafvoer beneden deze waarde dan wordt het gehalte aan opgeloste zouten steeds groter en neemt de kwaliteit ook in andere opzichten steeds verder af; de doorvoer van dit slechter wordende Rijnwater via de Stuw te Hagestein blijft dan evenwel tot enkele m³/sec beperkt. Dit betekent dat bij Rijnafvoeren lager dan 1400 à 1500 m³/sec het oppervater op de Lek tussen Hagestein en Krimpen stagneert, waardoor bijvoorbeeld het zoutgehalte op dit riviertraject slechts zeer vertraagd stijgt ten opzichte van dat van het Rijnwater. Zo liep in de periode van 22 september tot 12 november 1971, toen de Rijnafvoer daalde van 1000 tot 760 m³/sec,

het zoutgehalte van de Rijn te Lobith op van 300 tot 365 mg/l, terwijl dat van de Lek bij Bergambacht beneden 300 mg/l bleef. Door de grotere verblijfstijd onderging het oppervater op dit riviertraject ook in andere opzichten een aanzienlijke kwaliteitsverbetering. Door een grotere zuurstofopname uit de lucht nam het zuurstofgehalte van het water toe en onderging het water een grote mate van zelfreiniging. Dat wil zeggen dat het nitrificatieproces – de omzetting van ammonia via nitriet in nitraat – werd versneld terwijl door de versterkte slibbezinking het aan het slib adhesief gebonden deel van de zware metalen en pesticiden met het slib mee naar de bodem zakte.

Deze in kwaliteit toenemende watervoorraad op de Lek benedenstrooms Hagestein is voor de Drinkwatermaatschappij van 's-Gravenhage gedurende de droge periode van 1971 van groot voordeel geweest.

Soortgelijke processen als op de Lek hebben zich voorgedaan op het Hollands Diep, het Haringvliet en enkele aansluitende benedenrivieren, in het bijzonder als de Haringvliet-sluizen bij Rijnafvoeren lager dan 1700 m³/sec nagenoeg gesloten bleven. Ook hier steeg het zoutgehalte van het oppervater – storende factoren als de zoutbelasting van de Volkerak-schutsluizen en de verziltende invloed van de zee tijdens bijzondere stormeffecten daargelaten – langzamer dan dat van de Rijn. Bovendien nam in de maanden augustus en september 1971 over het traject Amer-Nieuwe Merwede-Haringvliet-sluizen het gehalte aan zuurstof toe van 2 à 3 mg/l tot 8 à 9 mg/l, liep het ammoniumgehalte terug van 1,5 à 2 mg/l tot 0,7 à 0,8 mg/l, het biochemische zuurstofverbruik van 4 à 9 mg/l tot 1 à 2 mg/l en de zwevende stof van enkele tientallen tot enkele milligrammen per liter.

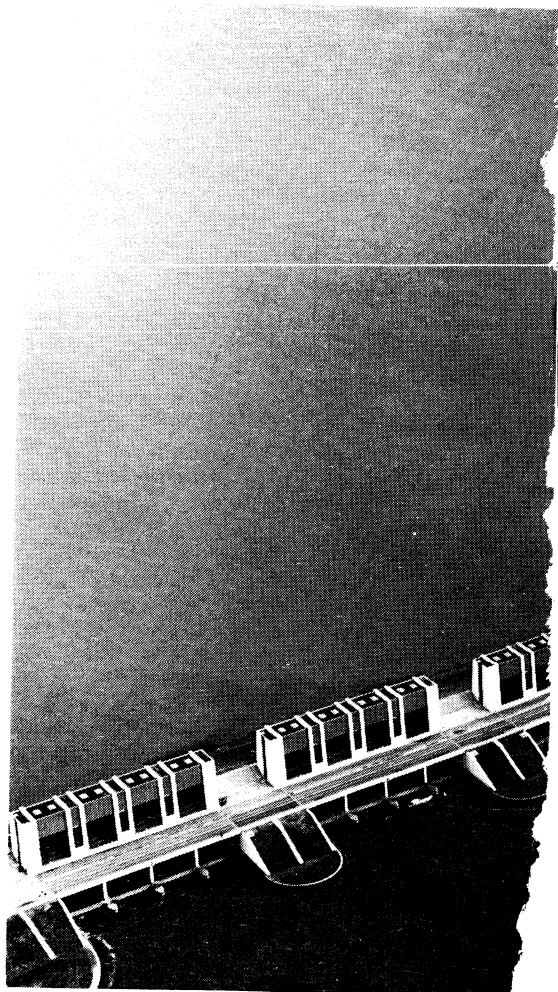
Daar het in het voornemen ligt in een volgend Bericht verder en dieper in te gaan op de kwaliteitsverbetering die het oppervater in het noordelijk Deltabekken bij lage Rijnafvoeren als gevolg van het Deltaplan en de Rijnkanalisatie ondergaat, volstaan we met de algemene conclusie dat momenteel de kwaliteit van het oppervater nabij de uitwaterings-sluizen in het Haringvliet en nabij de Volkerakdam waar het toekomstige inlaatpunt ligt voor het Zeeuwse Meer, aanmerkelijk beter is dan die van het Rijnwater bij het binnenkomen van ons land.

D. De werken tot afsluiting van de Lauwerszee

De afsluiting van de Lauwerszee betekende voor de vissersdorpen Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen een grote verandering. Met name te Zoutkamp vormen de visserij en aanverwante bedrijfstakken de voornaamste bron van inkomsten. Omstreeks 35 schepen uit die plaats en 10 uit Dokkumer Nieuwe Zijlen bevoeren regelmatig de Lauwerszee en het Wad. De bemanning van de Zoutkamper schepen bedraagt ongeveer honderd man, waarvan de helft eigenaar of mede-eigenaar is. De visserij, nevenbedrijven en een huisindustrie als de garnalenpellerij meegerekend, verschaft aan de helft van de bevolking van Zoutkamp brood. Veranderingen in de primaire omstandigheden ten aanzien van de visserij moest deze bevolking dus wel in het hart treffen.

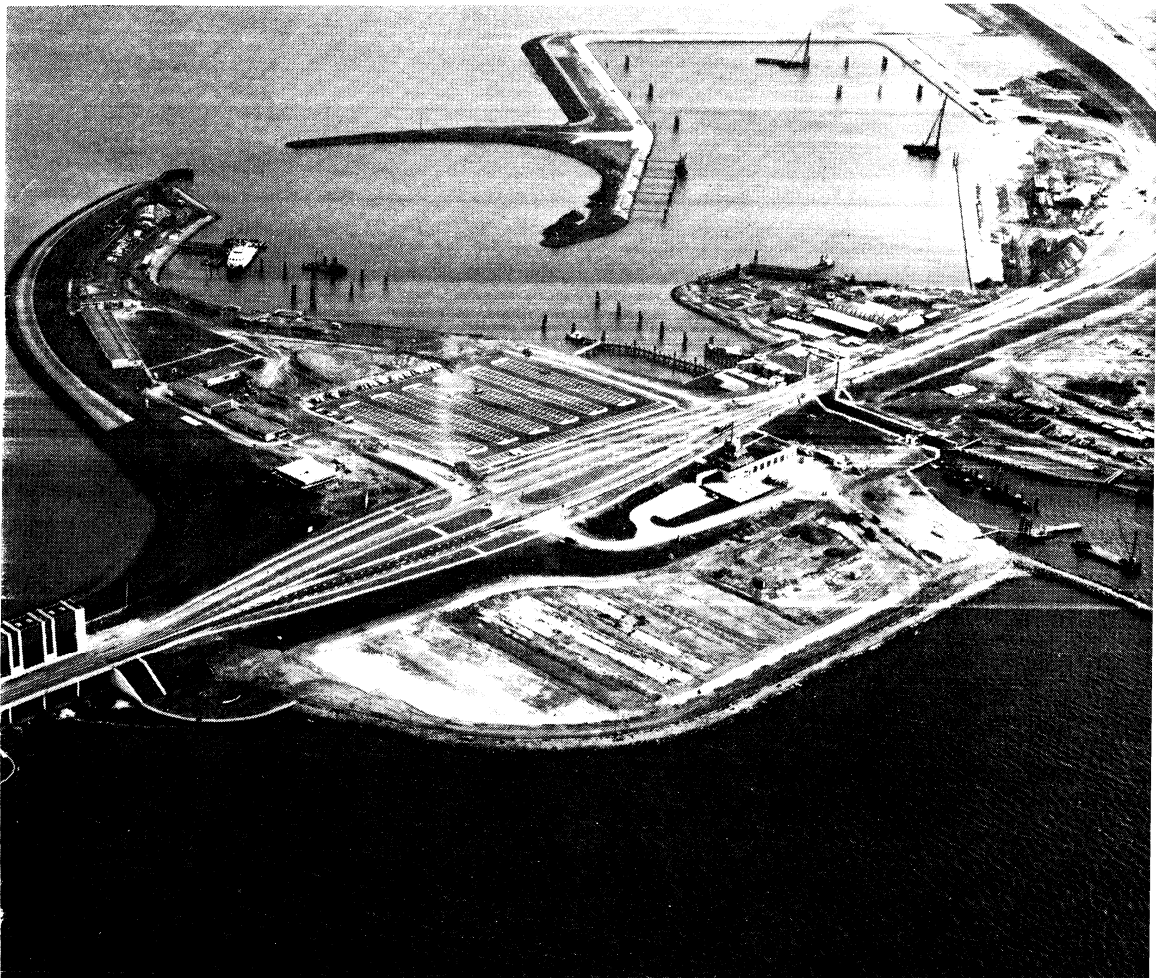
De vissershaven Lauwersoog

Werken op het voormalig werkeiland Lauwersoog, december 1971. Op de achtergrond de vissershaven



De voormalige Lauwerszee vormde een uitloper van de Waddenzee, met zijn specifieke eigenschappen en daaraan gerelateerde vismogelijkheden. Het afgesloten gedeelte is voor de vissers van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen verloren gegaan. Nu was de betekenis van de Lauwerszee als viswater al lang voor de afsluiting niet groot meer; slechts vier kleine schepen beoefenden er min of meer regelmatig de garnalenvangst. Deze inham met zijn grotendeels slibrijke bodem en zijn vermenging van zeewater met grote hoeveelheden zoet spuiwater kon geen goede condities meer aan de garnalen bieden. Met de afsluiting van de Lauwerszee dringen die ongunstige omstandigheden naar buiten toe op. In het verbeterde afwateringssysteem van de noordelijke provincies fungeert het Lauwersmeer als bergboezem, waarin grote

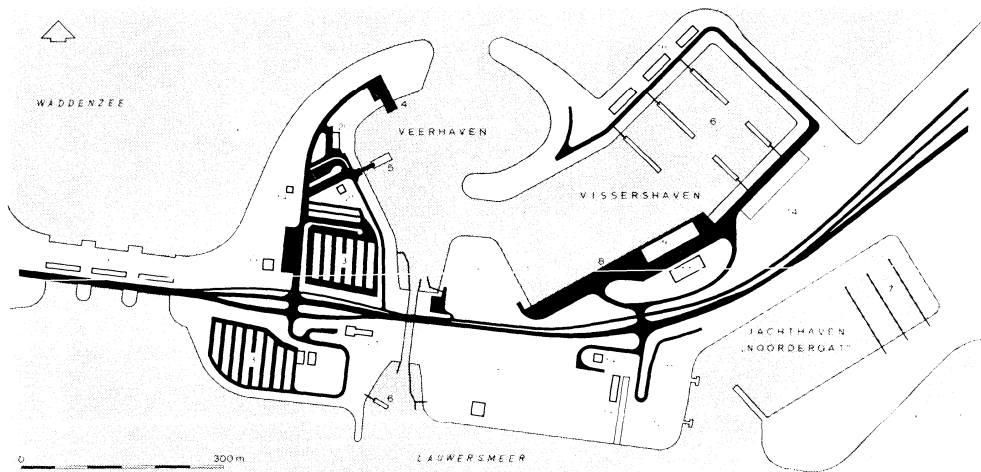
hoeveelheden zoet water worden opgeslagen om bij laag water in zeer korte tijd door de nieuwe uitwateringssluizen te worden gespuid. De totale hoeveelheid naar deze boezem afstromend water is thans groter dan voorheen, en het areaal waarin het zeewater met zoet spuiwater gemengd wordt, ten nadele van de zeevisserij, overeenkomstig groter. Op grond van een in 1963 door het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek ingesteld onderzoek werd zelfs verwacht dat het verlies aan gunstig bevisbare gronden aan de buitenzijde van de afsluitdijk groter zou zijn dan binnen het afgesloten deel van de Lauwerszee zelf. Onontkoombaar is dat de vissers hun geluk verder van huis moeten beproeven. Deze ruimte biedt de Waddenzee nauwelijks, omdat zowel het oostelijk als westelijk ten opzichte van deze visgronden gelegen deel van de



Waddenzee door schepen vanuit naburige havens voldoende, mogelijk zelf marginaal wordt bevestigd. Meer ruimte is er ten noorden van de Waddeneilanden, waar tot aan de Duitse Bocht met goed resultaat ook het typisch produkt van de Waddenvisserij, de garnaal, wordt gevangen. In economisch opzicht is de garnalenvisserij niet onbelangrijk: de totale besomming ofwel afslagopbrengst in Nederland aan garnalen bedroeg de laatste jaren gemiddeld 20 miljoen gulden, waarvan het grootste deel werd geëxporteerd. Op gezette tijden levert dit visgebied bovendien interessante hoeveelheden duurzame tong. Deze vangst vereist echter betere schepen dan op de Waddenzee en op de Lauwerszee voorheen gebruikelijk waren. Wel waagde men zich reeds vanouds op kleine schepen in dit gebied, doch de thans vigerende veiligheids-

periode van 3 jaar na de afsluiting als maatstaf worden gesteld. Dit tijdvak is nu bijna verstreken.

Voor vissers die reeds langer met grotere schepen op de Noordzee visten, heeft de afsluiting van de Lauwerszee weinig veranderd. Er is thans zelfs, zoals in het vervolg van dit artikel nader wordt uitgewerkt, gelegenheid om ligplaats te kiezen in een dichter bij de visgronden gelegen haven, zij het dat men de kosten van het vervoer naar de nieuwe haven en de eventuele bouw van een opslagruimte voor lief moet nemen. De veranderingen zijn groter voor de vissers die tot voor kort op en aan de periferie van de Lauwerszee visten. Velen van hen hebben de ontwikkeling echter niet lijdzaam afgewacht maar hebben de investering in een groter schip aangedurfd. Sinds de aanschaf van de eerste Noordzee-



eisen laten dit niet meer toe. Dat voor dat verbod goede redenen zijn aan te voeren wordt door de historie gestaafd: kort voor de eeuwwisseling vergingen in dit gebied in 10 jaar tijds ruim 30 schepen met 150 opvarenden van de beide vloten die tot voor kort ligplaats hadden te Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen.

Overigens biedt ook ten aanzien van de afsluiting van de Lauwerszee de Deltaschaduwet de mogelijkheid in aanmerking te komen voor een schadeuitkering. Aan de hand van een vergelijking tussen de bedrijfsresultaten gedurende enkele jaren vóór en na de afsluiting wordt de derving van inkomsten vastgesteld, waarbij een eigen bedrijfsrisico van 10% buiten de vergoeding valt. Om het wisselvallige karakter van de inkomsten uit de visserij enigszins te elimineren, moest een minimum-

- 1 uitwateringssluizen
- 2 schutsluis
- 3 parkeerplaats
- 4 vaste veerstoept
- 5 drijvende veersteiger
- 6 drijvende steigers
- 7 vaste steigers
- 8 loskade
- 9 10 11 12 opslagterreinen
- 13 scheepswerf
- 14 reserveterrein
- 15 ijsfabriek en visverwerking
- 16 visafslag
- 17 bedrijfsruimten handelaren
- 18 opslagruimten vissers
- 19 woning
- 20 goederenloods
- 21 kaartverkoop
- 22 restaurant
- 23 bedieningsgebouw

kotter in 1959 is het aantal van deze schepen in Zoutkamp ondertussen aangegroeid tot 13. De vloot van Dokkumer Nieuwe Zijlen blijft daar tot op heden ver bij achter.

De afsluiting van de Lauwerszee heeft ernstige beperkingen opgelegd aan de bruikbaarheid van de havens van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen. Hun aansluiting met open zee hebben ze verloren. Daarbij komt, dat op het gevormde meer thans gestreefd wordt naar een lage waterstand, die maar weinig ligt boven de vroegere laagwaterstand. Voor dieper stekende schepen, die voorheen zonodig op tij varende de havens konden bereiken, zouden de beide havens niet meer zijn aan te doen; tenslotte kan het verzoete en afgesloten Lauwersmeer 's winters snel dichtvriezen, en ook na intrede van de dooi kunnen de schepen nog lang last ondervinden van kruiend ijs. Onder meer om deze redenen was reeds in de eerste voorstellen voor de afsluiting van de Lauwerszee de bouw van een nieuwe vissershaven binnen het kompleks van afsluitingswerken opgenomen. Het lag voor de hand de ter plaatse tijdelijk benodigde werkhaven te Lauwersoog van meet af aan een zodanige vorm en grootte te geven, dat hij naderhand eenvoudig zou kunnen worden vervolmaakt tot vissershaven.

Er werd dus voor gezorgd, de haven zo te situeren dat hij in open verbinding zou staan met de diepe geul het Oort, zodat in- en uitvaart van de schepen hier te allen tijde mogelijk zou zijn.

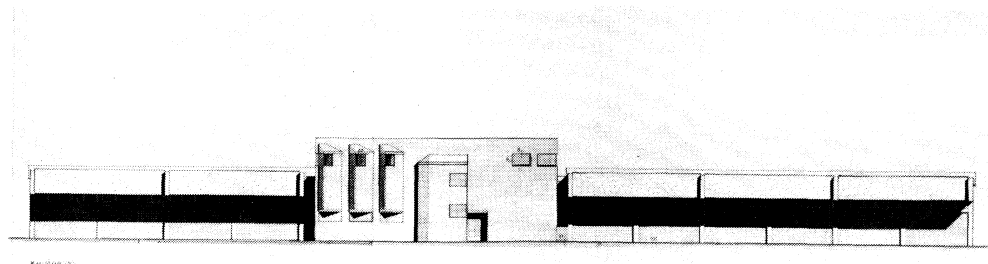
Dit laatste zou niet het geval zijn geweest als was gekozen voor ombouw tot vissershaven van de aan de binnenzijde gelegen havenkom, waarin de afsluitingscaissons zijn vervaardigd. Naast tijdverlies voor de schepen zou het

veelvuldig schutten grote hoeveelheden zout water op de Lauwerszeeboezem brengen. De 'caissonhaven' is onlangs getransformeerd tot jachthaven en blijkt daarmee ook duidelijk in een behoefte te voorzien. Het gekozen gescheiden gebruik van beide havens lijkt het meest efficiënt, gezien de grote en groeiende hoeveelheid jachten. Reeds de eerste winter na de afsluiting vroor het snel verzoete Lauwersmeer geheel dicht. Dit had tot gevolg dat er meteen al grootscheeps gebruik gemaakt werd van de nieuwe ligmogelijkheid in de nieuwe haven. Deze mocht echter de naam vissershaven nog niet dragen; De metamorfose van de werkhaven tot vissershaven was in de veelheid van werkzaamheden na de afsluiting nog niet aan de beurt gekomen. Weliswaar werden in allerijl een aantal noodmaatregelen getroffen, maar pas in het voorjaar van 1970 kon worden aangevangen met de definitieve verbouwing. Oorspronkelijk hielden deze plannen alleen in het maken van een gedeelte kadewand ten behoeve van het lossen van de schepen voor de toekomstige visafslag, en het aanbrengen van een vijftal steigers. In deze opzet diende de haven slechts ter vervanging van de havens van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen en kwam zijn capaciteit, behoudens enige reserve, overeen met het totaal van deze beide havens.

Nieuwe ontwikkelingen en inzichten binnen de visserij leidden echter tot een hernieuwde oriëntatie op de mogelijkheden van deze haven. Dat er bepaald goede perspectieven liggen, zal in het volgende nader worden uiteengezet. Vooral op grond van de gunstige ligging mag worden verwacht dat zeker 40 schepen van elders – men denke vooral aan Urk – hier ligplaats zullen kiezen. De beide

Fig. 1. Bestemming en indeling van het voormalig werkeiland Lauwersoog

Fig. 2. Zuidgevel van de thans in aanbouw zijnde visafslag



provincies Friesland en Groningen die op 1 januari 1972 het beheer van de haven hebben overgenomen van het Rijk, achten reeds in 1969 een uitbreiding van de haven tot een capaciteit van ruim 100 schepen gewenst, en stelden daarvoor gelden beschikbaar. Tevens werd van die zijde in belangrijke mate meebetaald in de bouw van een openbare loswal voor meer algemeen gebruik door kustvaarders en andere bezoekende schepen. Even belangrijk als het vangen van veel vis is voor een visser het vinden van een goede koopman. Beide partijen ontmoeten elkaar in het visafslaggebouw, dat bij een goede opzet in belangrijke mate kan bijdragen aan een efficiënte overdracht van het produkt. Vis en garnalen zijn erg gevoelig voor kwaliteitsberderf. Tijdens de behandeling van het produkt binnen de visafslag moet de kwaliteit zo min mogelijk achteruit gaan. Met name voor de visafslag van Lauwersoog spreken deze eisen sterk, wil de haven de volle winst binnenhalen van zijn gunstige ligging ten opzichte van de visgronden. Gewaakt moet worden tegen een ruwe en langdurige behandeling, tegen warmte en directe inwerking van het zonlicht, terwijl hoge eisen aan de hygiëne moeten worden gesteld.

In de voorafgaand aan het ontwerp van het visafslaggebouw opgestelde staat van eisen zijn vorenstaande overwegingen verwerkt. Daarin werden tevens, in relatie met de grootte van de haven en op basis van een sluitende exploitatie na enkele jaren, de dimensies van de hal en het dienstengebouw vastgesteld. Bij de uitwerking der plannen trad vertraging op, onder meer door het streven de plannen aan nieuwe inzichten aan te passen. Daardoor kan eerst nu met de bouw van het visafslag-

3

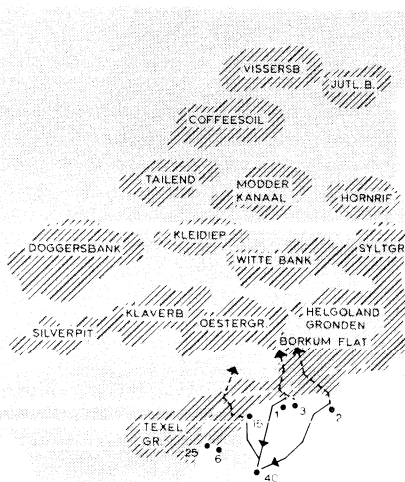


Fig. 3. Vangst- en afzetgebieden van de vissers op de Noordzee en de Waddenzee. Bij de afslagen zijn de besommingen over 1971 vermeld in miljoenen guldens

Fig. 4. Aantallen geregistreerde schepen in de havens van Noord-Nederland per 1 januari 1971

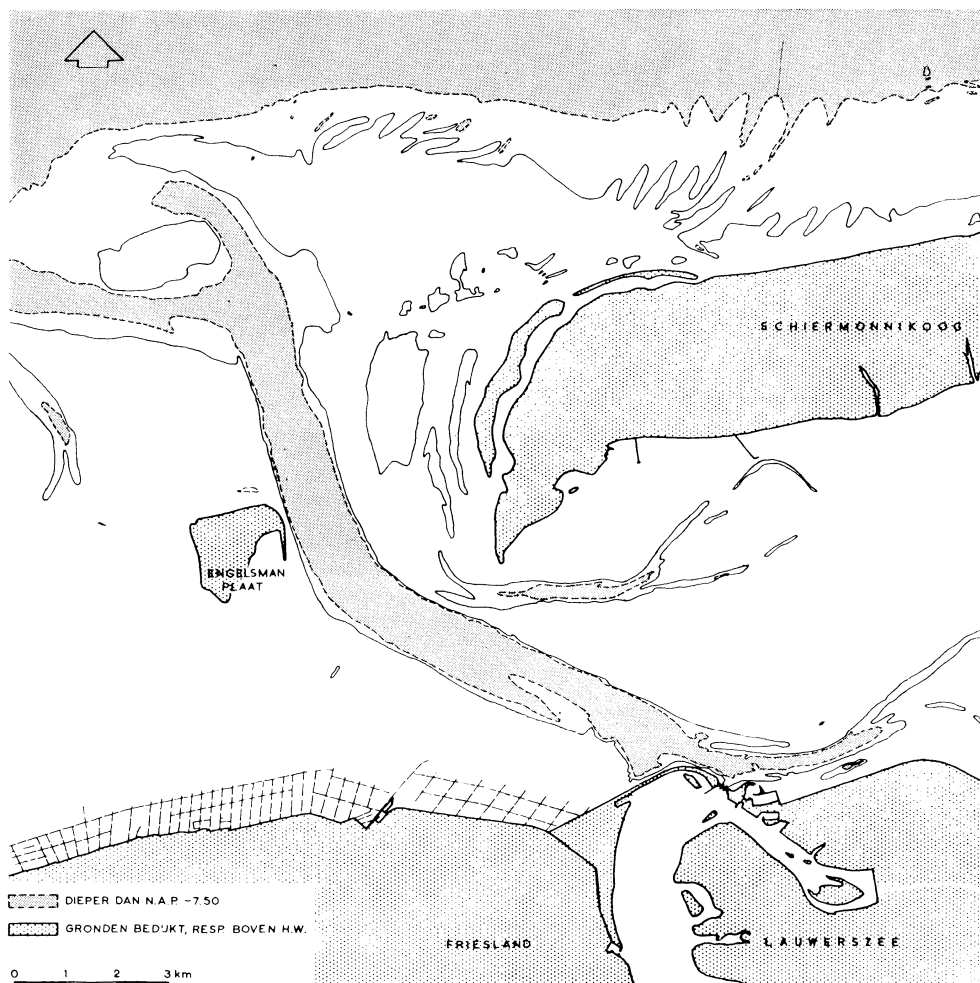
Fig. 5. De vaarweg over de Waddenzee naar Lauwersoog

4



gebouw worden begonnen, terwijl overigens de gehele haven voor gebruik gereed ligt. Voor wat betreft de inrichting van het gebouw wordt volstaan met het volgende. Het gebouw dat inwendige afmetingen heeft van 85 m bij 22 m is opgedeeld in een garnalenhal met een oppervlak van 525 m² en een zeevishal met een oppervlak van 785 m². De grootte van beide hallen is afgestemd op de verwachte aanvoer gedurende de eerste jaren, die echter aan grote veranderingen onderhevig kan zijn. De hal wordt in de breedte verdeeld door een rij tussenkolommen. Het afvoertravee heeft een breedte van 12 m, en het resterende travee een breedte van 10 m. Door de aanvoertravee over het gehele gebouw door te voeren wordt een grote flexibiliteit bereikt, zodat het gebruik van de afslag in de toekomst geheel kan worden aangepast aan de aanvoer

van de verschillende vissoorten. Doordat het gebouw slechts 5 m van de kadewand staat, kunnen de aangevoerde produkten in één handeling vanaf de schepen in de hal worden binnengebracht. De kisten met gesorteerde vis of garnalen worden door elektrisch aangedreven vorkheftrucks opgenomen en afgevoerd naar de onder een 5 m overkragende luifel opgestelde vrachtwagens of ze worden afgeleverd in de tegenover het visafslaggebouw door een aantal handelaren in te richten gekoelde bedrijfsruimten om te worden verpakt of op andere wijze voor onmiddellijke verzending gereed gemaakt te worden. De vishal wordt tot manshoogte betegeld, terwijl aan de vloer van de hal zelf als ook aan de bestrating in de onmiddellijke omgeving terwille van de hygiëne bijzondere eisen zijn gesteld. Met behulp van een aantal afvoer-



goten kan alle visafval in en om de hal in zeer korte tijd worden weggespoeld. Zich te goed doende meeuwen zal men rondom deze visafslag dan ook missen. De schuinoplopende vismijnzaal ligt in het midden van het gebouw. Vermeldenswaard is voorts nog de grote kantine voor vissers en handelaren over de gehele breedte van de tweede verdieping van het gebouw, die ook buiten de mijn-tijden open zal zijn, en die tevens zal fungeren als slechtweer-accommodatie voor deze afgelegene haven. Naast het visafslaggebouw heeft de haven inmiddels nog meer faciliteiten gekregen. Er is van overheidswege een bescheiden acquisitie gevoerd voor het aantrekken van een reparatiewerf, een verkooppunt van olie, scheepsbenodigdheden en koelijs. De interesse van de reflectanten ging vooral uit naar de olie-verkoop. Dit is niet verwonderlijk

Bouw van de loskade in de
vissershaven



als men bedenkt dat een kotter per week ongeveer 5000 liter gasolie verbruikt. Inmiddels heeft zich een scheepsreparatiewerf gevestigd, dat niet in het havencomplex is opgenomen, maar is gesitueerd aan de meerzijde van het voormalige werkeiland. Drie bedrijven uit Zoutkamp, Urk en IJmuiden hebben thans een vergoederd plan voor de gezamenlijke bouw van een ijsfabriek met een weekproduktie van 300 ton scherfijls. Een aantal vishandelaren heeft belangstelling getoond voor bedrijfsruimten op het haventerrein.

De bereikbaarheid van Lauwersoog

Hetgeen in het algemeen geldt voor de bereikbaarheid over zee van havens langs de Waddenkust, gaat evenzeer op voor de haven van Lauwersoog. Het is niet zozeer de vaarweg over de Waddenzee die de toegankelijkheid voor grotere schepen bepaalt, alswel de doorvaart tussen de eilanden, of liever de doorvaart tussen de zich tot op enkele kilometers buitengaats uitstrekkende zandbanken. Veelal biedt de westelijk gelegen vloedschaar de beste doorvaartroute. Door het voortdurende zandtransport is de situatie echter doorlopend aan veranderingen onderhevig. Een goede aanduiding van de aanbevolen route middels een betonnen is dan ook noodzakelijk. Door de snelle overgang naar grotere scheepstypen ook in de Noordzeevervisserij – waarvan het eind toch wel in zicht lijkt nu er kotters zijn met 1300 pk motorvermogen – spreekt ook voor de vissersvloot de toelaatbare diepgang in sterke mate mee. Bij de Zoutkamper vloot zijn thans schepen met een diepgang van 3,20 m aanwezig, terwijl enkele Urker kotters 3,60 m diep steken.

Voor de haven van Lauwersoog is de situatie thans bijzonder gunstig. De vaarweg over de Waddenzee door de Zoutkamperlaag en het Oort levert een minste diepte van N.A.P. – 9,40 m (overeenkomend met LLWS – 7.50 m); de westelijke doorvaart van het Friesche Zeegat doet daar met een drempel op N.A.P. – 7,80 m nauwelijks voor onder.

Uiteraard heeft de afsluiting van de Lauwerszee hier geen gunstige uitwerking op, nu het gemiddeld getijvolume door het Friese Zeegat van 450 miljoen m³ naar 320 miljoen m³ is teruggelopen. Verondieping van de Zoutkamperlaag en het Oort wordt niet in sterke mate verwacht, eerder zal het profiel zich aanpassen door een versmalling. Voor de doorvaart door het Friese Zeegat moet rekening worden gehouden met een langzame verslechtering van de huidige toestand. Uit bestaande meetgegevens over een periode van 100 jaar kan een zeker ritme worden afge-

leid, met gunstige en minder gunstige periodes. In het licht daarvan lijkt het tijdstip van de afsluiting van de Lauwerszee en de ontwikkeling van de vissershaven van Lauwersoog op het goede moment te zijn gekozen. Berekeningen doen verwachten dat de drempel na verloop van jaren tijdelijk kan komen te liggen op N.A.P. – 4,50 m. Voor grotere schepen, die de haven thans nog gemakkelijk kunnen bereiken, wordt Lauwersoog dan nog maar gedurende een gedeelte van het getij bereikbaar. Daarna zal zich dan mogelijk weer een geleidelijke verbetering gaan aftekenen. Het binnenlopen van de haven geschiedt weliswaar dwars op de stroom maar de manoeuvre is aanmerkelijk vereenvoudigd en beveiligd door de plaatsing van een vanaf de westelijke havendam vooruitstekend verticaal havenhoofd. De schepen behoeven aan die zijde niet bevreesd te zijn voor het talud en kunnen zeer scherp de kop van de havendam ronden. De invaart vanuit de buitenhaven naar de vissershaven is voor grotere schepen vrij krap, doch levert, afgaande op informatie van de gebruikers, evenmin zorgen. Met name door de aanwezigheid van een golfvangkom zijn de ligplaatsen in de vissershaven erg rustig. Hoe gunstig Lauwersoog ligt in vergelijking met andere havens, ten opzichte van de vangstgebieden ten noorden van de Nederlandse Waddeneilanden kan men zien op fig. 3, die de meest bezochte visgronden in beeld brengt van de 'kleine zeevisserij'. Voor een Noordzeekotter duurt de reis van Lauwersoog naar deze gronden en terug 3 uur minder lang dan vanuit Harlingen; het verschil met Delfzijl bedraagt zelfs 7 uur. Het kaartje geeft bovendien aan waar in 1971 de vangsten van de kleine zeevisserij en de Waddenvisserij werden geveild, voorzover dit geschiedde in havens boven IJmuiden. In de rij van visafslagen zal de nieuw te bouwen visafslag te Lauwersoog – waarin de bestaande afslagen van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen worden gecombineerd – vrijwel zeker een groter aandeel van de vangsten tot zich trekken dan de beide plaatsen thans gezamenlijk. Dit heeft ongetwijfeld ook een gunstige invloed op de prijs per produkt, en het betekent derhalve naast de enkele nadelige kanten van de afsluiting, voor de vissers van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen een belangrijk voordeel.

Vorderingen

De Haringvlietdam met geheel rechts op de voorgrond de uitwateringssluys van de Zuiderdiepboezem. Foto van 29 maart 1972

A. De werken van het Deltaplan Haringvliet

Het werk aan de dam door het Rak van Scheelhoek werd op 1 maart definitief opgeleverd. De bouw van de inlaatsluys voor de Zuiderdiepboezem bij Dirksland is nagenoeg voltooid. Begin januari werd begonnen met het maken van de bij deze sluis behorende grondwerken, bestaande uit het graven van toeleidingsgeulen naar het Haringvliet en de Zuiderdiepboezem, het aanbrengen van een stortebed en het aansluiten van de waterkering langs het Haringvliet op het kunstwerk.

De ontgravingen worden voor het grootste deel in den droge uitgevoerd en dank zij de goede weersomstandigheden hadden deze werkzaamheden een gunstig verloop. In deze periode werd 70 000 m³ grond ontgraven die deels werd verwerkt in ophogingen, deels werd uitgereden over het strand langs het Haringvliet. Het stortebed bestaat uit



een 40 cm dikke laag grind op kunststofweefsel, afgedekt met stortsteen 60-300 kg, die bij de aansluiting tegen het kunstwerk wordt gepenetreerd met gietasfalt. Begonnen werd met het aanbrengen van de kraagstukken, die voor het grootste deel eveneens in den droge gemaakt worden. De werkzaamheden ter versteviging van de vangrailconstructie op de Verkeersweg over de Haringvlietdam waren begin februari zover gevorderd, dat alleen de vangrail aan de zeezijde nog aan de nieuwe eisen moest worden aangepast. In de buitenhaven bij Stellendam wordt een vijftal lossteigers gebouwd ten behoeve van de daar door de gemeente Goedereede te bouwen vismijn.

Volkerak

Op 27 maart is het werk aan de bouwput voor een inlaat- en een jachtensluis in de Volkerakdam definitief opgeleverd. Zeer binnenkort zal de bouw van de sluizen zelf worden aanbesteed tezamen met die van een derde schutsluis naast het in het Volkerak reeds aanwezige schutsluizencomplex.

Brouwershavense Gat

Gedurende de wintermaanden is het zandlichaam aan de meerzijde van de dam voor een groot gedeelte onder profiel gebracht. Gelijktijdig met het profileren werd de kleibekleding aangebracht. Evenals in de vorige verslagperiode is ook in deze periode ruim één derde van de in totaal te verwerken 120 000 m³ klei aangebracht; hiervan werd een klein gedeelte ontleend aan een depot nabij het voormalige bouwdok voor de caissons nabij Zonnemaire en de rest aan het cunet voor de

toekomstige tweede hoofdrijbaan van Rijksweg 57, de zogenaamde Dammenweg.

In overleg met het Staatsbosbeheer is voor de Brouwersdam een beplantingsplan opgesteld. In verband met de voortgang van de overige werkzaamheden zal de beplanting in gedeelten worden aangebracht. Een eerste gedeelte is aangebracht op het talud tussen de oostelijke parallelweg en de hoofdverharding. Waar geen beplanting wordt aangebracht is de kleibekleding ingezaaid met gras. De oostelijke parallelweg is geheel gereed gekomen. Op 30 maart is deze weg voor het verkeer opengesteld. De aanpassing van de werkhavens Springersdiep, Kabblaarsbank en Middelpaalt aan de nieuwe situatie werd voortgezet. Een gedeelte van de bestrating van de haventerreinen met groenstenen en betonklinkerkeien is aangebracht. De voetgangerstunnels, die de verkeerswegen op de Brouwersdam kruisen nabij de aansluitingen van de dam op Goeree en Schouwen, zijn gereed gekomen.

Oosterschelde

In de verslagperiode werd 35 000 ton zink- en stortsteen in de werkhaven Sophiapolder aangevoerd en in depot opgeslagen. In de tweede week van januari kwam op het werkeiland Neeltje Jans de 400 meter lange, met behulp van een helikopter uitgebouwde stroomgeleidende krib gereed (zie Bericht 59, februari 1972). Totaal werden in deze krib 8079 betonblokken gestort.

In de verslagperiode werd op het eiland 80 000 ton mijnsteen en 56 000 ton zink- en stortsteen aangevoerd en in depot opgeslagen, de mijnsteen en de zinksteen op de wal, de stortsteen in een onderwaterdepot. Het werkeiland Noordland kwam in de verslagperiode gereed. In de onderhoudsperiode zullen de meerpalen in de werkhaven van dit eiland worden afgewerkt.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Werkhaven en zeewaterbassin op Texel

De ontgraving in den droge van de werkhaven vorderde snel, mede door de buitengewoon gunstige weersomstandigheden. De havenkom wordt met een open bemaling drooggehouden tot N.A.P. - 5 m. Er is een begin gemaakt met de afwerking van remmingwerken, dukdalven en andere havenvoorzieningen. De asfaltbetonfundering is gelegd voor een weg achter de waterkering. Het werk aan het zeewaterbassin is bijna voltooid. Alleen de Gobi-matten moeten nog worden gelegd. De hoofdwaterkering en de waterkering langs het zeewaterbassin zijn op hoogte gekomen; de afwerking met klei is grotendeels voltooid. Een begin is gemaakt met de afdekking met teelaarde.

Inlaatsluis en uitlaatconstructie in de zeedijk van het waterschap Texel

Voor beide werken zijn bouwkuipen geheid.

Het heien van de grote bouwkuip voor de inlaatsluis heeft nogal wat moeilijkheden opgeleverd. Het heiwerk moest gedeeltelijk worden uitgevoerd in de zeedijk, en in de teen daarvan zaten veel Noorse keien. Men is nu bezig stempelramen aan te brengen en de bouwkuipen te ontgraven. Rond het stortebed is een stalen damwand geheid.

Een gewapend-betonnen verdelkelder is gebouwd in de voet van de hoofdwaterkering; dit werkonderdeel is bijna voltooid. Met de kelder tegen de stalen damwand van het stortebed is men nog bezig.

Ten behoeve van de toekomstige elektriciteitscentrale en waterfabriek werden buizen gelegd door de hoofdwaterkering. Het door derden te bouwen pompstation in het zeewaterbassin is grotendeels voltooid.

Verantwoording van de foto's

Aerophoto	535			
A.N.P.-foto	494			
Berrevoets	497			
Hofmeester	496	520	542	
de Vries	540			
Waterloopk. Lab. Delft	499	500	502	504

Register

Driemaandelijks Bericht Deltawerken Nr. 51 t/m 60

A

aannemers 108, 165, 380
aanpassingswerken 346
achterwaartse verzilting 353
afdichting 140, 161, 370, 377, 411
aggr 472
Alexanderpolder 47
Arneplaat 156
asfaltbeton 98
asfaltmastiek 81, 149, 418
asfaltpenetratie 154
asfaltschip 418

B

beetle-caisson 395
Berenplaat 299
betonblok 106, 134, 164, 198, 213, 252, 268,
318, 370, 409, 451, 503
beweegbare stormvloedkering 46, 177
bies 334
Biesbos 297, 334
Bocht van de Esch 51
bodembescherming 413
Bokkegat 204
Botlek 177
Brielse Maas 177
Brouwersdam 496
Brouwershavense Gat 53, 76, 106, 163, 213,
227, 233, 241, 249, 254, 268, 274, 312, 317,
369, 375, 424, 438, 469, 491, 543
– ontgrondingen 425
Brunings, Chr. 174
buitendijkse gronden 447

C

caissonsluiting 79, 99, 214, 316, 364, 375,
390, 395, 399, 419, 469
– combinatie met – 228, 233
– tijdschema 254
caissontransport 240, 258
Commissie ex art. 8 334
Commissie Inrichting Deltawerken 296
compartimentering 296
computer 233, 421

D

Dammenweg 90, 105, 159, 162, 267, 317
defosfatering 310
Delfland, Hoogheemraadschap 85
Delfzijl-Fiemel, zeedijk 107
Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onder-
zoek 294, 363, 445, 476
Deltameren 156, 446, 459, 476
Deltar 34, 119, 177, 233, 359, 469, 499
Deltaschadewet 331
Deltazegel 495
detailmodel 500
Dirksland 162, 212, 267
doorlaatcaisson 54, 148, 214, 254, 270, 364,
396, 403, 520
drempelconstructie 79, 150
driftstroom 477
Drinkwaterleiding Rotterdam 297, 445
duinbemesting 283
duinvegetatie 283
duinverzwaring 267, 317
dijkverzwaring 46, 55, 487

E

ecologie 289, 294
Eendracht 334
eenheidscaisson 214, 270

elektrische-weerstandsmeting 19
erosie 316, 358
Europoort 72, 82
eutrofiëring 308, 446
evenwichtsverlies 428, 432

F

filterconstructie 312, 416
flora en fauna 480
Friese zeegat 541

G

Gat van de Hawk 204
geleidelijke sluiting 134, 369, 375, 390, 405
– combinatie met – 228, 233
gemeenschapsschade 332
getijberekening 208, 233, 469, 498
Goeree-Overflakkee 90, 267, 372
golfaanval 503
golfhoogtespectrum 96
golfmeetpaal 421
golfonderzoek 96, 182, 419
golfoverslag 96
Grevelingendam, oeververdediging 271, 320, 379
Grevelingenmeer 371, 476
griend 334
Gijster, de 299

H

Hammen 448
Haringvliet 52, 67, 90, 104, 161, 212, 267, 317, 357, 361, 374, 491, 542
Haringvlietdam 145, 443
Haringvlietstuinen
– bouwput 52, 104, 194
– constructie 182
– functie 115
– instrumentatie 116, 358
– lozingsprogramma 115, 346, 358
– ontgrondingen bij 517
– stortebedden 52, 87
– trillingsmetingen 359
Haringvlietstuinen, gevolgen 67, 512, 521
Helderse Zeewering 271
helikopter 451
Hinderplaat 203
Hoek van Holland 191
Hollands Diep 357
Hompelgeul 163, 469
Honderd en Dertig 299
Hoofdplaatpolder 487
horizontaal getij, verband met verticaal getij 25

I

Inspectie voor de Volksgezondheid 445
Instituut voor Bodemvruchtbaarheid 361, 445,

480

Instituut voor Gezondheidstechniek T.N.O.
445

K

Kabbelaarsbank, damvak op de 76, 106, 163, 213, 269, 320,
kabelbaan 2, 59, 163, 213, 312, 318, 406, 450
– bovenbouw 241
– capaciteit 249, 370
– draagtorens 408
– fundering 2
Keeten 29
keileem 391
Kema n.v. 445
kenteringstijdstip 233, 469
kiezelwier 294
Kil 75, 202, 345, 512
klimatologie 277, 447
koelwater 446
Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut 445
komberging 30
Kous, sluitgat 76, 163, 214, 227, 233, 254, 269, 316, 320, 364, 375, 419
Krabbe 120, 428
Krabbenkreek 30
Krammer 19
Kreekrak 172
kustontwikkeling 82, 203, 356

L

landbouw 277
Lauwersoog 271, 534
Lauwerszee 55, 99, 164, 215, 271, 280
– meetprogramma sluiting 99
lokaal stabiliteitsverlies 315
luchtbellenscherm 355
luchttemperatuur 278

M

maaveldsluiting 403
Maasboulevard 48
Maaskanalisatie 70
Margarethapolder 264
Mastgat 19
meetdienst 99, 120
Merwede 174, 512
meteorologie 226
milieu-onderzoek 219, 361, 444, 476
modelonderzoek 33, 95, 177, 188, 227, 261, 316, 420, 469, 498
morfologie 82, 447
Mosselpaalt 156
mosselproofstation 't Horntje 43
mosselteelt 37, 333
motorgondel 2, 409
mijnsteen 194

N

nablagger 190
natuurbescherming 459
Neeltje Jans, werkeiland 33, 107, 164, 215,
270, 320, 379, 439, 451, 492
Nieuwe Maas 512, 521
Nieuwe Merwede 346
Nieuwe Waterweg 174, 521
Noord 512
Noord-Beveland, oeververdediging 54
Noord-Pampus 164
noordelijk bekken
– aanpassing 199, 346
– beveiliging 172
– slibhuishouding 357
– waterbeheersing 115, 341
– zoutbeweging 351
Noordland, werkeiland 260, 320, 379, 439, 492

O

oesterculture 39, 42, 334
oeverland 219
onderwaterbeton 10
onderwaterdelta 32
ontgronding 79, 181, 186, 228, 425, 517
ontziltling 296
Oosterschelde 33, 41, 54, 106, 164, 215, 260,
295, 320, 379, 387, 439, 448, 451, 492
optische beseining 18, 139, 250
Oude Maas 175, 202, 345, 512, 521
overzichtsmodel 500

P

Parksluizen 48
peiling 428
peilverlaging 371
Petrusplaat 299
Pettemer Zeewering 93
Phoenix-caisson 214, 259, 270, 395
plaatsbepaling 240, 451
Plaat van Oude Tonge 271
portaalkraan 213, 252, 268, 317
puttenfundering 4

R

Rak van Scheelhoek 2, 52, 374
– kabelbaan over 59, 198
– sluitingsbedrijf 15, 52, 104, 120, 134, 140,
161, 212, 267, 317
recreatie 349, 405, 459
riet 334
rivieraanpassing 199, 345
Roggenplaat, werkeiland 54, 107, 164
Roompot 448
Rotterdam 48, 297
Ruigeplaatsluis 49

Ruiterplaat 158
Rijksinstituut voor Natuurbeheer 445
Rijksinstituut voor Visserij-onderzoek 535
Rijksinstituut voor de Volksgezondheid 363,
445
Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater
225, 363, 445, 476
Rijks Planologische Commissie 459
Rijnafvoer, kritieke 67, 527
Rijnkanalisatie 68

S

Schaar van Onrust 448
Schaar van Roggenplaat 33
scheepsbouw 332
Scheepsbouwkundig Proefstation 420
scheepssloperij 332
scheepvaart 277, 344, 483
Schiedam 51
Schieland, Hoogheemraadschap 46
Schielands Hoge Zeedijk 46
schone kust 82
Schotsman 156
Schutteplaat 156
sedimentologisch onderzoek 505
segmentschuif 187
sleepboot 405
Sloe 172
sluitingsmethodiek 134, 180, 228, 233, 364,
375, 390, 399, 448, 451, 469
Slijkgat 205
spaarbekken 297
spaarbekkeneffect 362
spoelsluis 48
Springersdiep, dam door het 53, 106, 163
Spui 75, 202, 346, 512
steenkorf 77
steigermethode 390
strand 221
stratificatie 303
stroomsnelheidsmeting 25, 100, 122
studiedienst 398
stuwprogramma 68, 527

T

taludbewaking 315, 424
terugschrijdende erosie 316, 434
Texel 55, 164, 379, 492
tracékeuze 181
trilverdichting 7
tijverskil 72

V

vastlegging van een rivierbodem 201
Veerse Meer 156, 279
verkeer 90, 105, 267, 371, 485, 497
verwaterplaats 41
verzilting 353, 521

Viereilandenplan 177
 visserij 332, 534
 voedingsstof, kritische 310
 Volkerak 53, 105, 162, 212, 268, 317, 473, 491, 543
 – derde schutsluis 483
 – jachtensluis 268, 317, 375, 485
 – overbrugging 484
 scheepvaart 483
 – spuisluis 268, 317, 375, 485
 Volkeraksluizen, zoutbezwaar 24, 486
 Volkeraksluiting, gevolgen 19, 25, 173, 351
 Voorne-Putten 90, 289
 Vorderingen 52, 104, 161, 212, 267, 317, 374, 438, 491, 542
 Vijfeilandenplan 177

W

Waddenzee 40
 Walcheren, dijkherstel 394
 waterbeheersing 115, 341, 532
 waterkwaliteit 225, 296, 307, 362, 446, 476
 waterloopkundige begeleiding van een afsluiting 233, 469
 waterspanningsmeter 4
 watersport 349, 467, 485
 watertemperatuur 277
 waterwinning 297
 Weever's Duin, biologisch station 289, 445
 wervelstraat 186
 Westerschelde, dijken langs 55, 487
 windeffect 68, 477
 windsnelheidsmeting 477
 woelbak 190
 wrijvingscoëfficiënt 87, 154

IJ

IJmuiden 191
 ijsbezwaar 201, 277
 IJssel, Gelderse 67, 527

Z

zandbalans 512
 zandbedrijf 161
 zandsluiting 141, 198
 zandtransport 82, 206, 357, 512
 zandwinning 36
 Zeeuwse Meer 486
 zetting 312
 zettings- en wrijvingsproeven 148
 zettingsverschil 436
 zettingsvloeiing 4, 313, 405
 zichtmeter 282
 zinkmanoeuvre 416
 zinkproef 367
 zinkstuk 87, 195
 – klassiek 77, 413
 – semi-klassiek 415

zoolstuk 77, 416
 zoutgehalte 19
 zoutriool 116
 zout-zoetproblematiek 295, 297
 Zuiderklip 299
 Zuidplaspolder 47
 zware metalen 361
 Zijpe 19, 25