

deltawerken

augustus 1969 nummer 49



deltawerken

REDACTIE: DELTADIENST
VAN HOGENHOUCKLAAN 60,
'S-GRAVENHAGE

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

De prijs bedraagt f8,50 per jaar of f2,50 (excl. verzendkosten) per nummer

A. De werken van het Deltaplan

450 De afsluiting van het Volkerak

468 *Operationele begeleiding* van de Deltar bij de afsluiting van het Volkerak

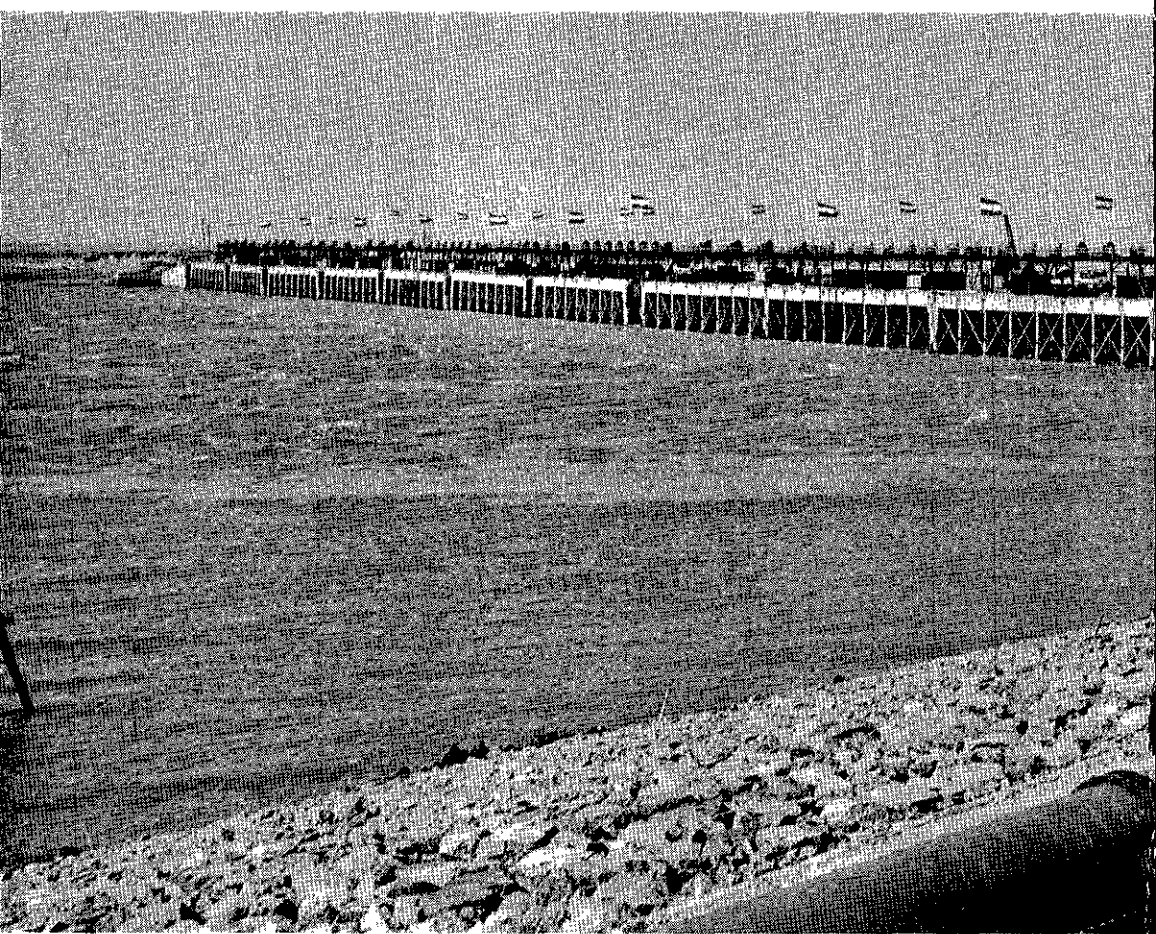
478 Toetsing van de voorspelde veranderingen van de verticale getijbeweging in het Deltagebied als gevolg van de afsluiting van het Volkerak

483 De 'Krabbe'

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

488 De sluiting van de Lauwerszeedijk

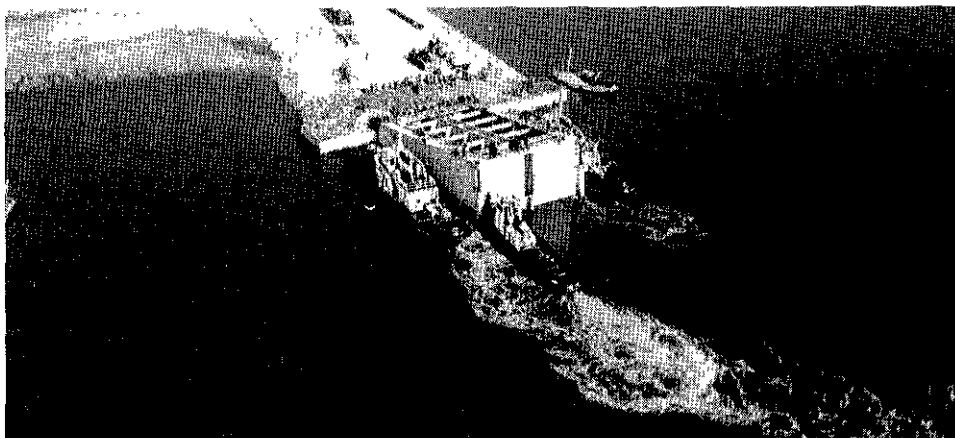
505 **Vorderingen**



De afsluiting van het Volkerak

In de periode van 8 tot 25 april 1969 is het wintersluitgat van het Volkerak met behulp van caissons dichtgezet. Daarmee werd de afsluiting van deze rivierarm voltooid, en werden het noordelijk en het zuidelijk Deltagebied in waterloopkundig opzicht van elkaar gescheiden. Om vast te stellen in welke maand van het jaar de sluiting zou moeten worden voltrokken is een vergelijking getrokken tussen de maanden april, mei en juni. In maart is er nog te weinig daglicht, en is ook het weer nog te ongunstig voor een werk als dit. Uit het onderzoek naar de te verwachten getij-omstandigheden, de kansen van optreden van stormen en hoge waterstanden en van hoge rivierafvoeren kwamen de maanden mei en juni als marginaal gunstiger naar voren dan de maand april. Toch is april voor de afsluiting gekozen, omdat het overblijvend werkseizoen dan langer is: vóór 1 november moet de rij caissons immers veilig voor de najaarsstormen onder het zand en de taludbekleding geborgen liggen, zodat er zonder enig risico mee kan worden overwinterd.





Zoals reeds in voorgaande nummers van het Driemaandelijks Bericht is uiteengezet kunnen ontgrondingen een groot gevaar vormen voor het welslagen van een afsluiting. De afsluitdammen moeten worden gefundeerd op de doorgaans zandige bodem van de geulen, die in een labiel evenwicht verkeren met de getijstromen. De aanwezigheid van de drempel waarop de caissons worden geplaatst, en in sterkere mate de caissons zelf verstoren de getijbeweging, waardoor het evenwicht verloren gaat en de bodem plaatselijk wordt uitgeschuurd; de stabiliteit van de hele constructie kan daardoor in gevaar komen. Hoe beter de stroomgeleidende vorm van het sluitgat is, en hoe sneller er wordt gewerkt, des te geringer zullen de ontgrondingen zijn. De ervaringen met onder andere de afsluiting van het Veersche Gat hebben geleerd dat de sterke wervelstraten die worden opgewekt door de verticale wanden van de landhoofden van het wintersluitgat, zeer gevaarlijk zijn. Daarom zijn de landhoofden in het Volkerak vervangen door een stroomgeleidende dam met een taludhelling van 1 : 5. De vormgeving van deze dam is bepaald in het Waterloopkundig Laboratorium met behulp van het hydraulisch model van het Volkerak. Om de doorlaatcaissons te doen aansluiten op de geleidedam moesten toen speciale landhoofdcaissons worden ontworpen om de opening op te vullen. Na plaatsing van deze caissons ontstaat dan alsnog een verticale begrenzing, maar de wervelstraat die daardoor wordt opgewekt, is maar 2 à 3 weken actief.

Bij het vaststellen van het plaatsingsprogramma der twee landhoofdcaissons en twaalf doorlaatcaissons werd ervan uitgegaan dat zoveel mogelijk gewerkt zou moeten worden bij daglicht, dat de caissons bij de hoogwaterkentering zouden worden afgezonken, en dat de laatste plaatsingen zouden geschieden in een periode van doottij. Om tegenslagen tijdens de werkzaamheden op te vangen werd een aantal inhaaldagen in het tijdschema opgenomen. Uitgaande van het plan om de laatste caisson te plaatsen op het doottij van 25 april, en voor de hele operatie een periode van 20 dagen nemende, 14 afzinkdagen en 6 inhaaldagen, kwam men ertoe, de aanvang der werkzaamheden te plannen omstreeks de vijfde april. Dat was echter vlak voor Pasen, en daarom werd besloten pas op dinsdag 8 april de eerste caisson op zijn plaats te brengen; 26 en 27 april zouden dan nog als reserve-dagen worden beschouwd bij mogelijke tegenslag. In de periode van 8 tot en met 25 april moesten dus 14 caissons worden afgezonken onder zo gunstig mogelijke omstandigheden van tij en licht, zo gelijkmatig mogelijk in de tijd verdeeld, en als het kon met vrijlating van de zondagen. Bruikbaar waren op de

Plaatsing van een landhoofdcaisson

Overzicht van het bouwdoek, de stroomgeleidende dam en het sluitgat



overgebleven dagen alleen die hoogwaterkenteringen waarbij het mogelijk was de caissons bij daglicht een uur vóór hoogwater uit het bouwdok te laten vertrekken, en waarbij een caisson minstens één uur voor zonsondergang kon worden afgezonken, omdat een binnen het uur na afzinken invallende duisternis een aantal noodzakelijke werkzaamheden onmogelijk zou maken. In het bijgevoegde *plaatsingsschema* vindt men behalve de planning tevens weergegeven wat er in feite van is terecht gekomen.

De doorlaatcaissons die in het geïnundeerde bouwdok wachtten op overbrenging naar hun plaats van bestemming werden twee dagen voor het zover was, gesloten door het dichtdraaien van de afsluiters in de bodem, en vervolgens leeggepompt, zodat ze begonnen op te drijven. Er waren dan twee sleepboten bij de hand, die het gevaarte zodanig wegsleepten naar een *parkeerplaats* in de bouwput, gelegen tussen de reservecaissons en de laatst te plaatsen caisson. Met het 'aankleden' van een caisson was ongeveer een heel etmaal gemoeid. Generatoren werden aan boord gebracht voor de eigen *elektriciteitsvoorziening*, kloppompen, schijnwerpers, kapbijlen, werplijnen, E.H.B.O.- en reddingsuitrustingen enz.

Om de sleepboten tijdens de manoeuvres in open water in de gelegenheid te stellen langzij de caissons aan te leggen moesten per caisson zes drukschotten worden aangebracht en afgesteld. Er werden sleepdraden bevestigd aan de drijfschotten, waarmee ze na het zinken van de caisson konden worden weggetrokken en bordessen aangebracht van waaraf men de navigatie van de caisson in het sluitgat nauwkeurig zou kunnen dirigeren. Ook werden de opzetstukken van de bovenvergrendeling der drijfschotten aangebracht, en werden de onderste vergrendelingshaken verwijderd. Waren alle voorbereidende werkzaamheden voltooid, dan werd de elektrische verbinding met de wal verbroken.

Vaarschema

Bij het plaatsen van de caissons in het sluitgat van het Volkerak was een aantal belangrijke tijdstippen te onderscheiden, en wel het ogenblik van vertrek uit het bouwdok naar de afwachtingsopstelling benedenstrooms van de drempel, het moment waarop van de parkeerplaats werd opgevaren naar het sluitgat, het moment waarop de caisson indraaide, en tenslotte het ogenblik waarop de afsluiters werden geopend. Wanneer het ogenblik waarop een caisson aan de grond moet staan nauwkeurig bekend is, en men ook een schatting heeft gemaakt van de tijd die de voorbereidende manoeuvres vergen, dan kan men terugrekenend het ogenblik bepalen waarop met varen moet worden begonnen om op tijd alle voorbereidende fasen te doorlopen en juist op tijd de drempel te raken. Bij het plaatsen van de caissons in het Volkerak werd gerekend dat de vaart vanuit het bouwdok naar de parkeerplaats 20 minuten zou duren, het opvaren van de parkeerplaats tot bij de drempel eveneens 20 minuten, het formeren van het scharnierpunt met de vorige caisson en het indraaien 50 minuten, en het afzinken tenslotte 6 minuten. De caisson zou dus ruim anderhalf uur voor de kentering uit het bouwdok moeten vertrekken. Aangezien de kentering in het Volkerak als regel twee uur na hoogwater viel, zou de caisson het bouwdok moeten uitvaren bij vallend water. Daarbij moest een smalle en ondiepe uitvaargeul worden gepasseerd; het was niet onmogelijk dat een caisson daar aan de grond zou raken. Wanneer zoiets gebeurt bij vallend water, is de kans klein dat de caisson snel kan worden vlotgetrokken. Om dat risico te vermijden werd gesteld dat de caissons het bouwdok ongeveer één uur voor

hoogwater moest verlaten. Liepen ze dan vast, dan konden ze bij stijgend water allicht weer vrij komen. Om dit te verwezenlijken werd het noodzakelijk dat de caissons anderhalf tot twee uur geparkeerd bleven in diep water op enige afstand van de drempel. Al met al moesten de caissons dus niet één uur, maar drie uur vóór de voorspelde kentering uit het bouwdok vertrekken. Op de voorspelling op lange termijn die ten aanzien van het moment van kentering door de Deltar was gedaan op grond van het berekende astronomische getij, moest doorgaans een correctie worden aangebracht, daar het in de werkelijkheid optredende getij ten gevolge van meteorologische omstandigheden pleegt af te wijken van het astronomische. Een eerste correctie werd gegeven bij het uitvaren van de caisson uit het bouwdok, een tweede ongeveer één uur voor het verwachte kenteringsmoment.

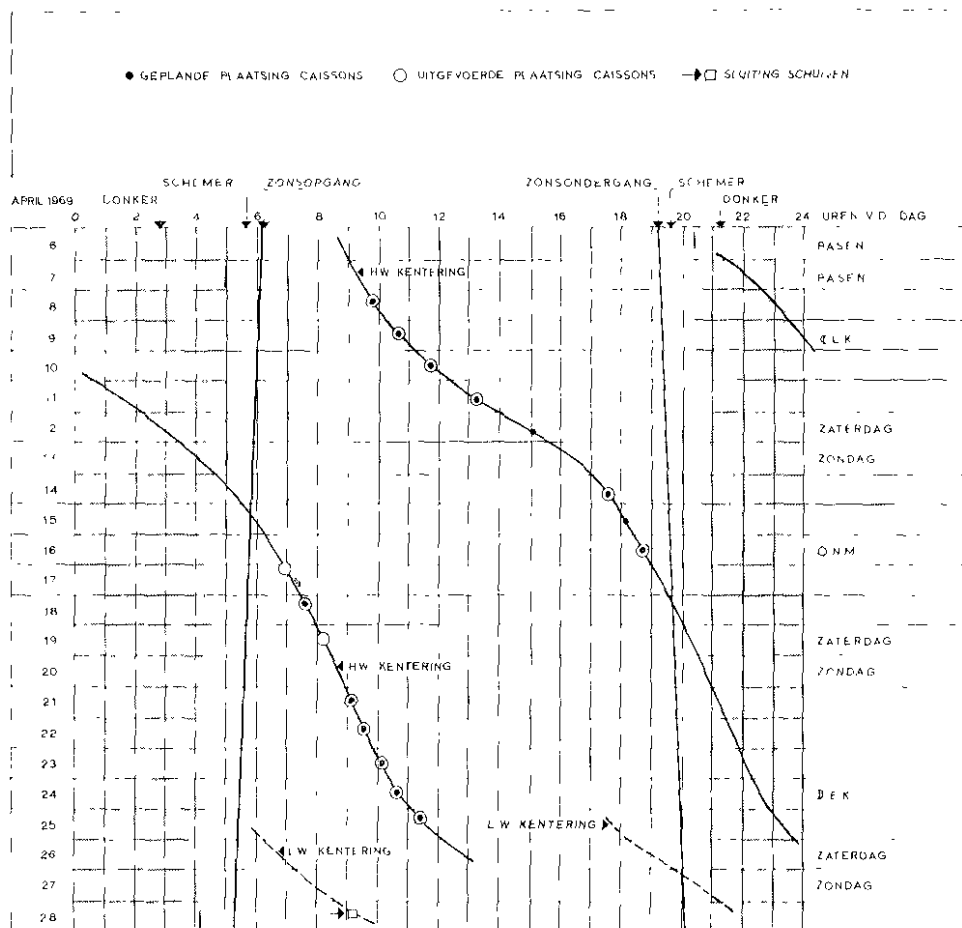
Vanaf het uitvaren van de caisson werden alle gegevens betreffende waterstanden, stroomsnelheden, windsnelheden en -richtingen, als ook de correcties op de vooraf gegeven Deltar-voorspellingen doorgegeven aan de centrale post op de caisson.

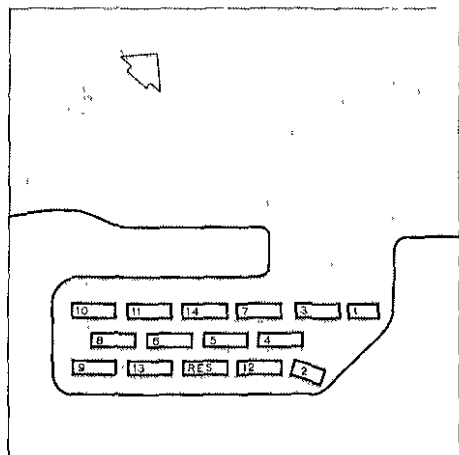
Het aantal minuten dat nog restte vóór de kentering en de stroomsnelheid op de drempel werd aangegeven op een bord dat goed zichtbaar was voor allen die direct bij de plaatsingsmanoeuvre waren betrokken. Op grond van de gegevens op dit bord werd het vaarplan afgewerkt en het moment van openen van de sluiters vastgesteld. Hieronder volgt, als voorbeeld, het tijdschema van de plaatsing van de achtste doorlaat-caisson, die op 21 april aan de zuidzijde van het sluitgat werd afgezonken.

	tijd	stroomsnelheid op de drempel
vertrek uit het bouwdok	6.15 uur	2.17 m/sec.
caisson geparkeerd op stroom	6.35 uur	
begin opvaren, afstand tot de drempel 350 m		2.12 m/sec.
	8.13 uur	
voorzijde caisson ter hoogte van de drempel		1.70 m/sec.
	8.26 uur	1.37 m/sec.
scharnierpunt gereed, caisson 60° ingedraaid	8.32 uur	1.20 m/sec.
caisson 90° ingedraaid	8.37 uur	1.07 m/sec.
sein afsluiters opendraaien	8.59 uur	0.30 m/sec.
caisson aan de grond	9.04 uur	kentering

Om afwijkingen van de Deltar-voorspellingen te kunnen vaststellen heeft er gedurende de gehele sluitingsperiode een meetvlet boven de drempel gelegen op de plaats waar de laatste caisson moest worden afgezonken. Ieder half uur werd op dit vaartuig de gemiddelde stroomsnelheid over de verticaal gemeten. Werd er een caisson geplaatst, dan werd vanaf het ogenblik van uitvaren uit het bouwdok gemeten op een diepte van 2,5 meter beneden het wateroppervlak, dat is de helft van de diepgang van de caissons. De snelheid daar is representatief voor de stromingsdruk op de caisson, en geeft dus aanwijzingen, welke krachten de sleepboten zullen moeten leveren. Om de tweeëneenhalve minuut werd de gemeten waarde doorgegeven aan de caissons, en vanaf 15 minuten voor de kentering zelfs iedere minuut.

Het plaatsingsschema der caissons en de uitvoering ervan in de praktijk





Plattegrond van het bouwdok met de caissons. De caissons zijn genummerd naar de volgorde van uitvoeren

Vooral bij de eerste plaatsingen was de afstand tussen de zinkplaats en de meetvlet nogal groot; daarom werd gebruik gemaakt van een tweede meetvlet, die zo dicht mogelijk bij de af te zinken caisson op dezelfde diepte en met de dezelfde tijdinterval de snelheden registreerde. Deze vlet werd alleen ingezet tijdens een plaatsing, en wel vanaf drie uur vóór de kentering. Uit vergelijking der metingen bleek dat er aanzienlijke verschillen voorkwamen tussen het midden van het sluitgat en nabij de landhoofden, zowel wat betreft de snelheden als het tijdstip van kentering. Tevens bleek dat de metingen ernstig kunnen worden verstoord door het schroefwater van de sleepboten, zelfs nog op afstanden van 75 à 100 meter.

Nadat de twee landhoofdcaissons en drie van de doorlaatcaissons waren geplaatst, was het overblijvende sluitgat zo nauw geworden dat de posities van de beide meetvletten elkaar te dicht naderden om nog belangrijke verschillen te registreren. Daarom werd de opstelling gewijzigd: de tweede vlet werd nu ongeveer 80 meter bovenstrooms van de meetvlet in het sluitgat gelegd. Op die manier wilde men het verband bepalen tussen de stroomsnelheden in deze twee punten. Zodra de laatste caisson zijn zinkplaats naderde zou de meetvlet die op die plek lag immers moeten verdwijnen, en men wilde dan toch een indruk hebben van de snelheden op de drempel.

Een zelfde werkwijze werd gevolgd met de meetbordessen die aan de reeds geplaatste caissons aan weerszijden van het overblijvende sluitgat waren opgehangen. Deze opstelling, waarmee de snelheid op de drempel in verscheidene punten tegelijk kon worden waargenomen, heeft zijn nut overtuigend bewezen. Als gevolg van defecten in de apparatuur of door verstoringen van het beeld door de sleepboten werd zo nu en dan één der meetpunten uitgeschakeld; dat heeft bij deze meetopstelling nimmer tot moeilijkheden geleid.

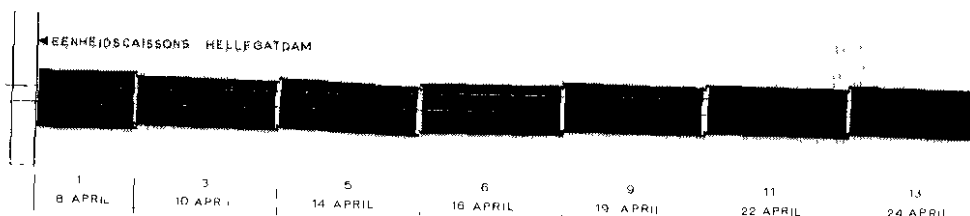
Het plaatsingsschema in de praktijk

De ongunstige weersomstandigheden hebben belet dat de plaatsing der caissons de gehele sluiting door verliep overeenkomstig de volgorde en het tijdplan die het vooraf opgestelde plaatsingsschema aangaf. Aanvankelijk werd met goed weer gewerkt, zodat, te beginnen met de plaatsing van de landhoofdcaissons op 8 en 9 april, de caissons volgens het tijdschema en om en om aan de noord- en de zuidzijde van het sluitgat werden afgezonken.

Weersverwachtingen voor het Deltagebied gedurende de sluitingsperiode (opgesteld één dag tevoren)

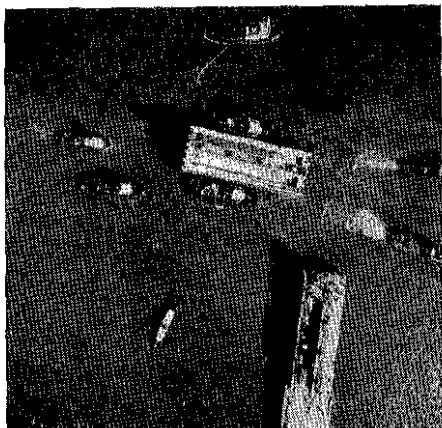
Datum	Wind		Zicht	Neerslag	Temp.		Afwijking waterstand
	richting	sterkte			max.	min	
di. 8/4	ZO	1—3 B	1½—3 km	geen	23	6	+ 1 tot — 2 dm
wo. 9/4	ZO	2—3 B	4—8 km	geen	23	6	0—3 dm verlaging
do. 10/4	Z	1—2 B	1—3 km	weinig of geen	18	6	—
vr. 11/4	ZW—W	2—5 B	kans op mistbanken matig,	weinig of geen	16	8	— 1 tot + 2 dm
za. 12/4	ZW—W	5—7 B	kleine kans op mist				
ma. 14/4	Z—ZW	2—4 B	matig tot goed	enkele buien	12	8	4 tot 7 dm verhoging
di. 15/4	ZW—W	5—7 B	matig 3—8 km	weinig of geen	10	0	—
wo. 16/4	W—NW	4—6 B	goed	af en toe regen	9	4	3—6 dm verhoging
do. 17/4	W	2—3 B	matig tot goed	enkele buien	7	3	3—6 dm verhoging
vr. 18/4	N	3—5 B	goed	mogelijk enkele buien	9	1	2—5 dm verhoging
za. 19/4	NW	3—5 B	goed	met windstoten			
ma. 21/4	O—ZO	2—4 B	2—5 km	een enkele bui	8	2	2—5 dm verhoging
di. 22/4	O	3—4 B	3—6 km	een enkele bui	7	0	1—4 dm verhoging
wo. 23/4	W—NW	2—4 B	matig tot goed	af en toe enige regen	9	1	—
do. 24/4	Z	2—3 B	matig 1—5 km	af en toe enige regen	8	5	+ 1 tot — 2 dm
vr. 25/4	ZW	3—5 B	enkele mistbanken goed behalve tijdens buien	regen	9	5	1—4 dm verhoging
				tijdelijk enige regen	10	3	—
				enkele buien	11	7	0—3 dm verhoging

In de loop van vrijdagmorgen 11 april stak de wind echter snel op; aangezien de weersverwachting voor de volgende dag een toenemen van de wind inhield, zelfs tot 7 Beaufort, werd besloten noch zaterdag noch zondag een caisson te plaatsen. De eerste week had, met de plaatsing van vier caissons, al met al een goed resultaat te zien gegeven. Op maandag 14 april kon weer een caisson worden afgezonken. Maar alweer stak de wind op, en gelet op de weersverwachting voor de volgende dag, werd ook voor dinsdag 15 april geen caissonplaatsing voorgenomen. Het was intussen ook veel kouder geworden, vooral in de vroege ochtend. Dat begon juist nu te hinderen, omdat de tijden van hoogwaterkentering, die tot dan toe midden op de dag hadden gelegen, nu in de avond of in de vroege ochtend begonnen te vallen. Het moment naderde waarop moest worden overgesprongen van de hoogwaterkentering in de avond naar die op de vroege

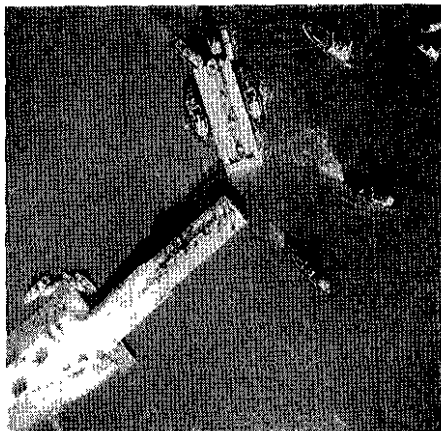


Overzicht van de plaatsing der caissons op de drempel

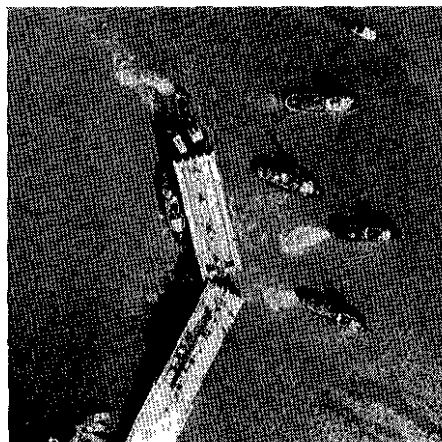
1.



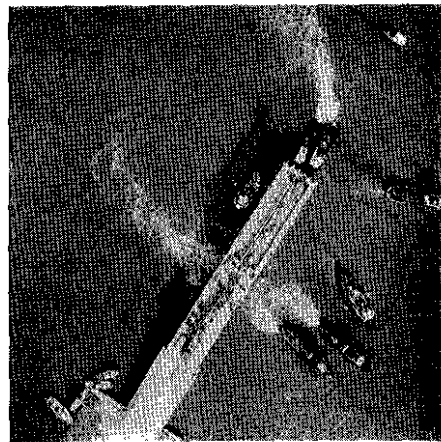
2.



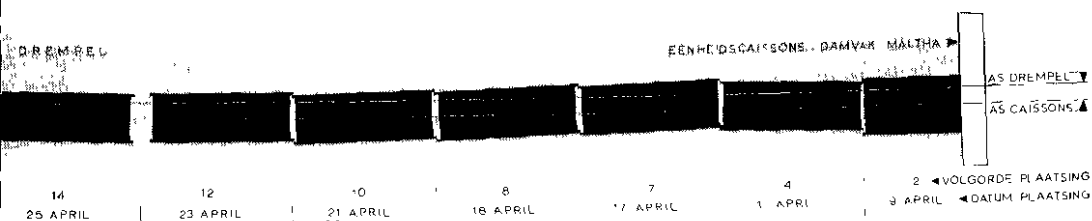
3.

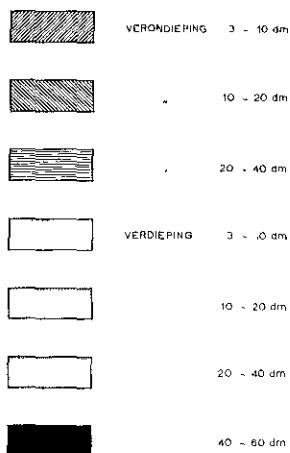


4.

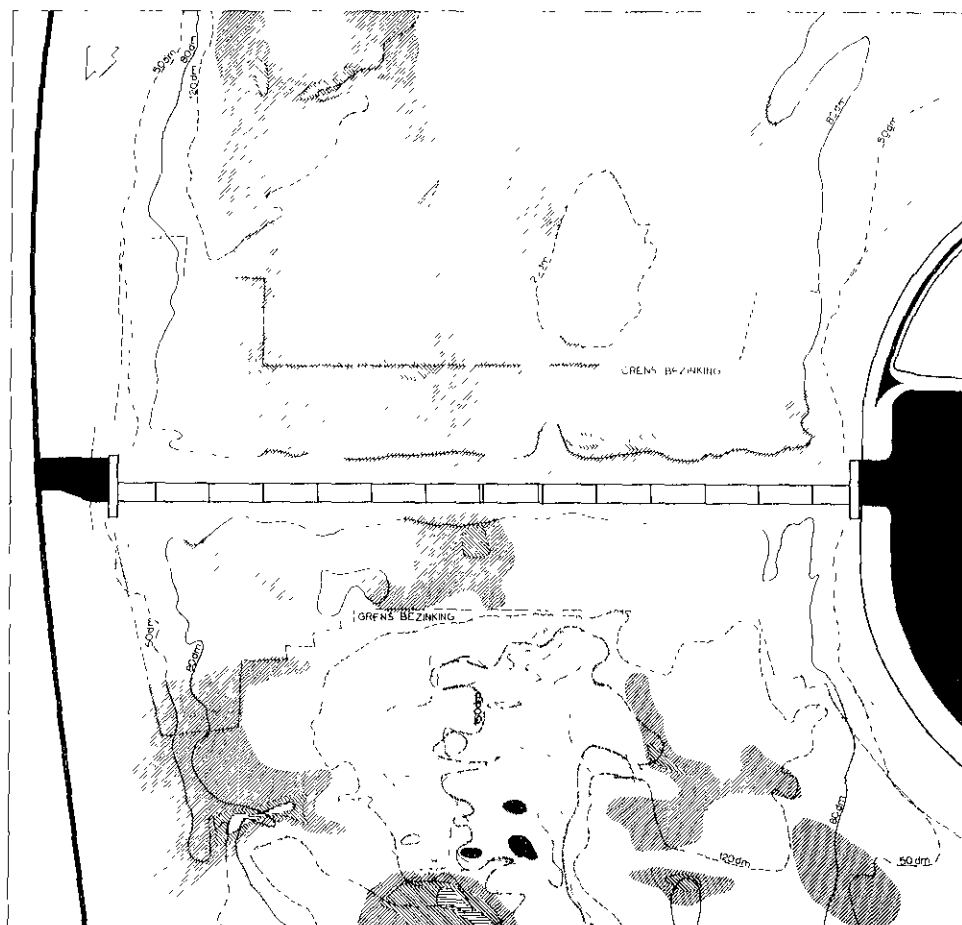


Sleepbootmanoeuvres bij het plaatsen van een doorlaatcaisson



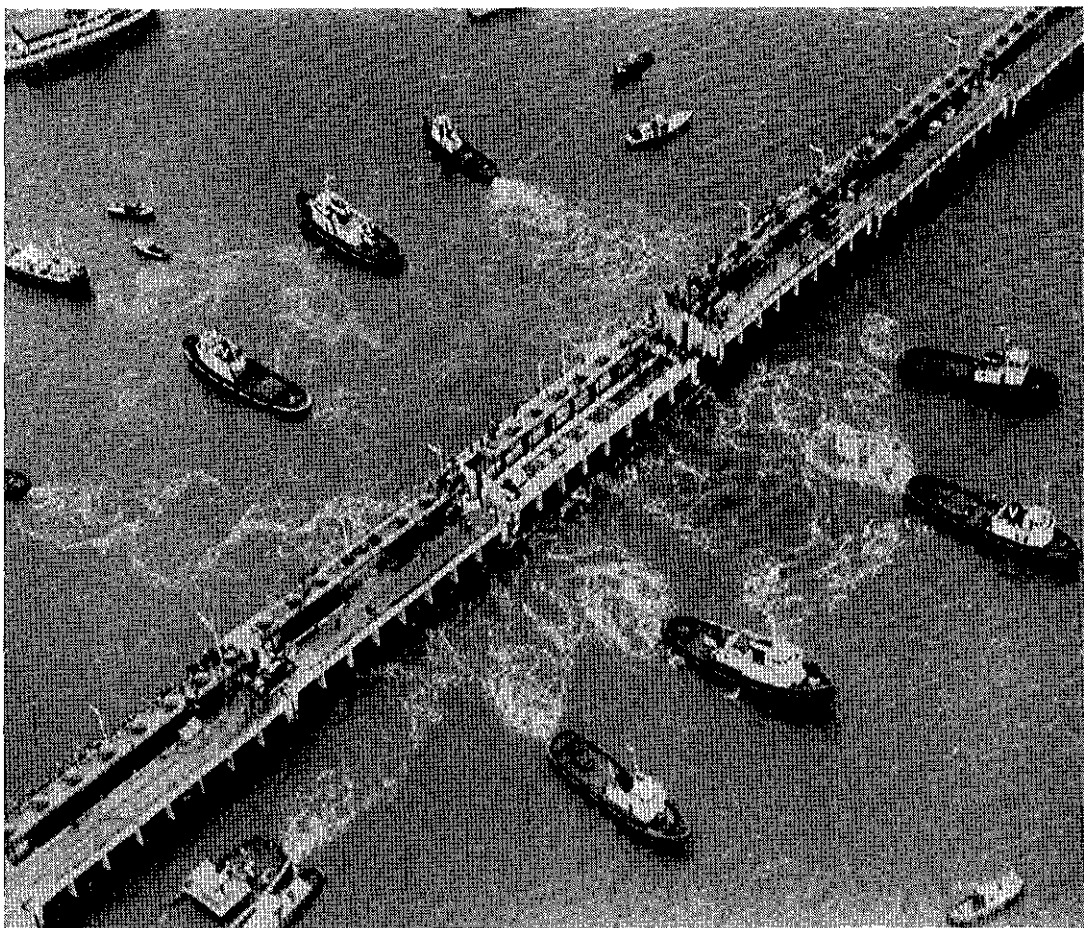


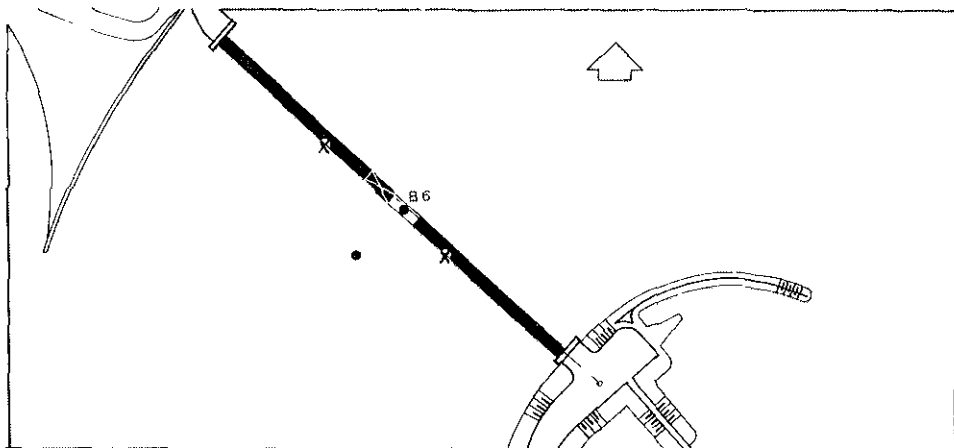
Verdiepingen en verondiepingen in het gebied van de afsluiting in de periode 2 tot 25 april 1969



ochtend. Aangezien er enige achterstand op het schema viel in te lopen, zouden dan twee caissons binnen 13 uur moeten worden afgezonken. Hoewel de weersverwachting voor 16 april niet erg gunstig was, werd besloten die dag toch een caisson af te zinken. Om minder last te hebben van de straffe wind, zou de plaatsing echter niet, zoals het schema aangaf, aan de Brabantse zijde, maar aan de kant van de Hellegatdam geschieden, in de luwte van die dam. Aan de Brabantse oever was de vloedstroom sterker, en bij de wind die er stond was dit tevens lage wal. Deze ongunstige omstandigheden wilde men bij het slechte weer liever vermijden. Op donderdag 17 april werd in de vroege ochtend opnieuw een caisson afgezonken, minder dan een halve dag na de vorige plaatsing. Dit stelde hoge eisen aan het personeel, met name aan de ploegen die belast waren met het vaarklaar maken van de caissons in het bouwdok. Alles verliep echter naar wens, en na donderdag 17 april lag het werk op schema; en het bleef erop, want de overige caissons werden geheel overeenkomstig de plannen geplaatst. Op vrij-

Overzicht van de laatste plaatsing





dag 25 april om 11.27 uur zakte de laatste caisson op de drempel. Men kan wel zeggen dat allen die een aandeel hebben gehad in de sluiting die tijd onder hoogspanning hebben gewerkt en geleefd, in het bijzonder de operationele staf van directie en aannemers. In een eindeloos aantal besprekingen vooraf waren de kleinste details van de operatie besproken en uitgewerkt. Niettemin moesten de meest vitale beslissingen, die het welslagen van de hele operatie konden beïnvloeden, onmiddellijk voorafgaand aan elke afzonderlijke caissonplaatsing worden genomen.

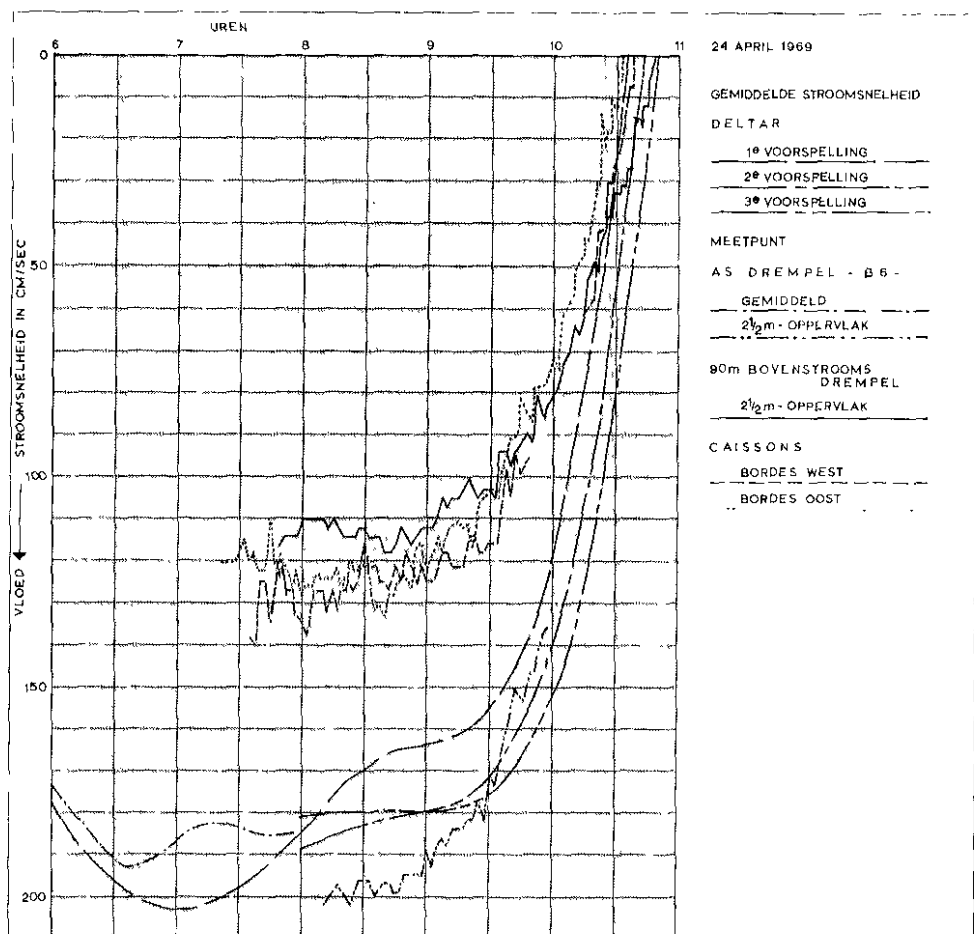
Er was voortdurend contact met de Deltarzaal te Den Haag en met het weerkundig station van het K.N.M.I. voor het Deltagebied te Zierikzee. Achteraf, nu blijkt dat de Deltar de hoogwatertijdstoppen wonderbaarlijk accuraat heeft voorspeld, en men weet dat de depressieve storingen niet ontaard zijn in een serie voorjaarsstormen die het weer absoluut onwerkbaar maakten, is het moeilijk zich nog de spanning van die dagen, toen dat alles onzeker was, voor de geest te halen.

Voor het manoeuvreren met de caissons werd een vloot ingezet van zeven sleepboten, met een gezamenlijk vermogen van 7100 pk. Waarom men sleepboten verkoos boven vaste lieropstellingen vindt de lezer geargumenteerd in Driemaandelijks Bericht nr. 47 (februari 1969). De schema's die bij het artikel van februari werden gegeven van de dispositie der boten rond een caisson kunnen nu worden vervangen door een kleine fotoserie, die de opeenvolgende manoeuvres met een caisson laat zien.

Het grootste verschil tussen de voorgenomen sleep- en afzinkprogramma's en de werkelijkheid lag wel in het tijdplan. Wegens gebrek aan ervaring was het tijdschema vooraf tamelijk ruim opgezet, en waren de verschillende fasen van de manoeuvre sterk geschematiseerd. In de praktijk liepen de fasen ongemerkt in elkaar over. Nog vóór het scharnierpunt met de vorige caisson gereed was, lag, om een voorbeeld te noemen, de caisson meestal al 20° à 30° ingedraaid. Daardoor kon het tijdschema niet onbelangrijk worden verkort. Tengevolge van de versnelde afwikkeling waren ook de optredende krachten enigszins lager dan waarmede was gerekend en konden de boten in het algemeen wat makkelijker manoeuvreren. Alle sleepboten bleken overigens voor het werk onmisbaar. Bij de plaatsing van de laatste caisson besloot men zelfs met acht boten te werken, omdat het nu niet meer mogelijk zou zijn, wanneer de stroom van richting veranderde, om te varen naar de andere kant van de caisson. De gehele plaatsingsmanoeuvre verliep zonder uitzondering steeds soepel en vlot.

Plaats van de meetboten (●) en meetbordessen (x)

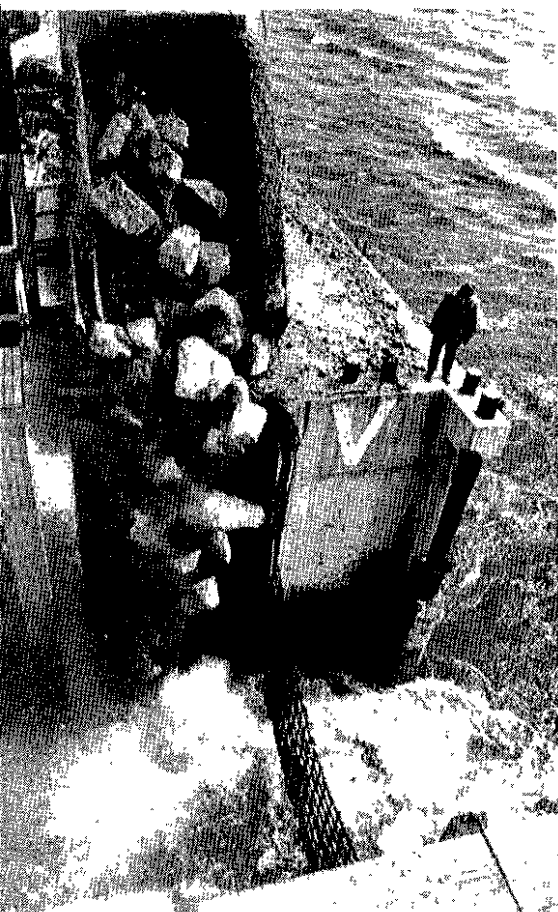
Voorspelde en gemeten stroomsnelheden in het sluitgat op 24 april



Voor het vormen van het scharnierpunt tussen de laatste aan dezelfde zijde afgezonken caisson en de nog af te zinken caisson werd een lierdraad gebruikt die op een vaste, van te voren bepaalde spanning van 4 of 6 ton kon worden afgesteld. Hierdoor werd een flexibel vasthoudpunt gevormd dat uitermate goed heeft gefunctioneerd en waarmee draadbreek kon worden voorkomen.

Behalve bij het afzinken van de laatste caisson is de speling die in het tijdschema voorkwam om eventuele vertragingen te kunnen opvangen, steeds ongebruikt gebleven, en moest tussen het moment dat de caisson was ingedraaid en het sein 'afsluiters open' ongeveer tien minuten worden gewacht. De caisson mocht pas met de kentering aan de grond komen ten einde tijdens de zinkweg zo weinig mogelijk zijwaarts drukkende krachten te ontmoeten, maar de reservetijd moest niettemin steeds in acht worden genomen, om te voorkomen dat een gehele plaatsing bij onverwachte tegenslag zou moeten worden uitgesteld.

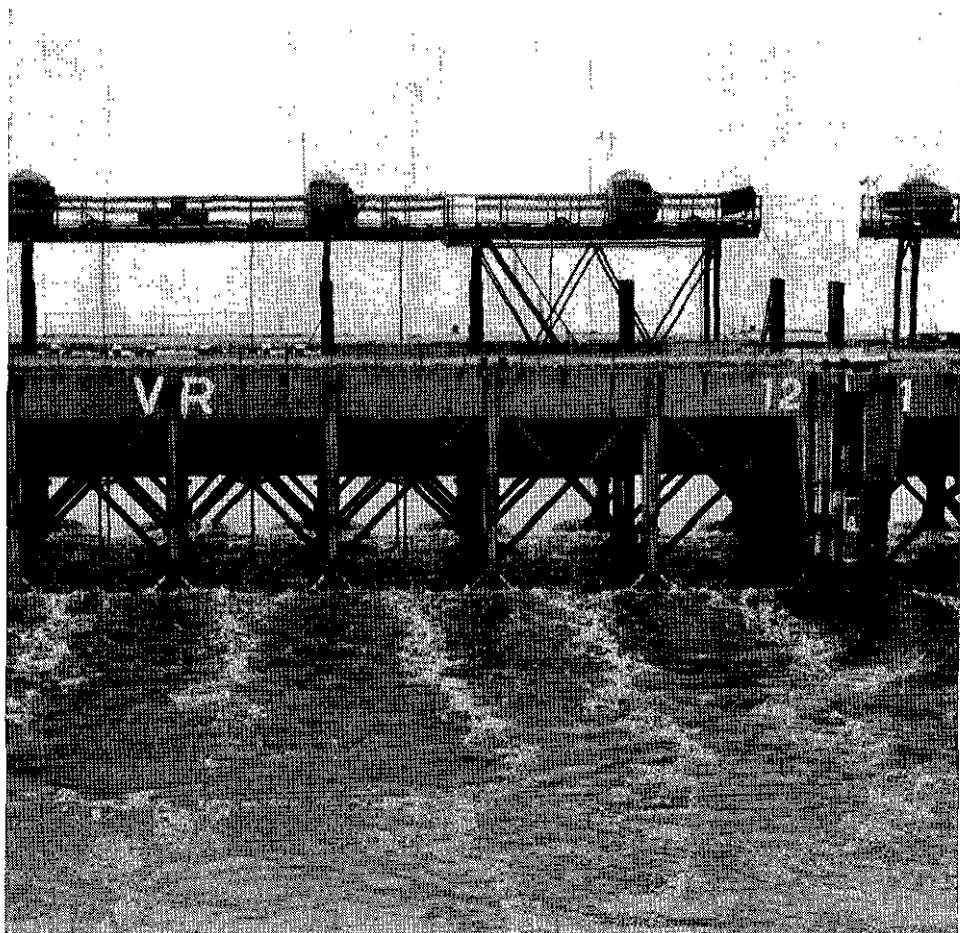
Het afzinken op de juiste plaats bleek het beste te verwezenlijken door de drijvende caisson zo hard mogelijk tegen de reeds afgezonken caisson te drukken. Daartoe duwden

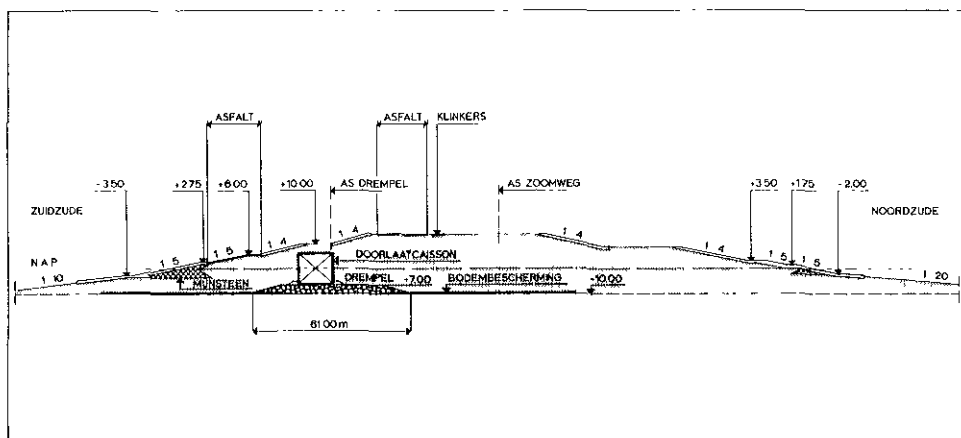


Stortsteen vult het laatst overgebleven gat

De stroom trekt door de nog openstaande doorlaatcaissons

de sleepboten 'Groenland' en 'Independent' voluit tegen de vrije kopwand van de drijvende caisson gedurende de gehele tijd dat die dwars op stroom lag. Alleen bij de laatste plaatsing kon bij gebrek aan ruimte niet op deze doeltreffende manier voor juiste plaatsing boven de drempel worden gezorgd. Daar waar de twee caissons tegen elkaar werden geduwd, kon de hoek waaronder de nieuwe caisson tegen de vorige aansloot, zo nodig worden gevarieerd door verschil aan te brengen in de dikte van de hardhouten opvullingen tussen de steunberen. De vrije zijde van elke nieuwe caisson moest echter worden 'ingezicht', dat wil zeggen door optische waarneming precies in de raai 'as der caissons' worden gebracht. Deze plaatsbepaling werd zeer bemoeilijkt door het feit dat elke caisson wel enige slagzij maakte. Hierdoor lag het midden van de bovenkant van de caisson, waar de waarnemer voor het inzichten stond, nimmer recht boven het midden van de onderkant, waar het bij de plaatsbepaling om begonnen was. Een eenvoudige berekening leert, dat de horizontale verschuiving op 15 meter – de afstand tussen de onderkant en de bovenkant der caissons – bij één graad slagzij 35 cm bedraagt. Met behulp van een hellingmeter en een schaalverdeling





van 35 cm per graad slagzij, kon de afwijking worden gecorrigeerd. De laatste caisson vormde ook in dit opzicht een uitzondering: hier werd aan beide einden het midden van de onderkant ingezicht. Het resultaat van deze eenvoudige methode van plaatsbepaling heeft goed voldaan.

Onmiddellijk nadat een caisson op de drempel was afgezonken, dienden in korte tijd nog een groot aantal handelingen te worden uitgevoerd. De langs- en kruisdraden waarmee de caisson aan de vorige was vastgemaakt, moesten worden verwijderd; zo ook de lieren waarmee de draden tijdens het zinken op spanning gehouden waren. Hierdoor werd vrij baan gemaakt voor auto's die de nu weer overbodige hulpstukken van de pas afgezonken caisson afvoerden. Zo spoedig mogelijk werd voor elektrische aansluiting gezorgd. Sleepboten zorgden voor de afvoer van de 16 drijfschotten, die door het losdraaien van de bovenvergrendeling — de onderste vergrendelingshaken waren al vóór het afzinken verwijderd — vrij waren gekomen. De drukschotten waren eveneens reeds vóór het afzinken afgevoerd.

Leuningen en bordessen werden afgebrand, de afsluiters in de bodem werden weer gesloten en ook tot de bodem van de ballastbak afgebrand. Nadat de caisson op deze manier was ontmanteld werden er, teneinde onderloopsheid te voorkomen, aanstortingen tegen de bodembak aangebracht; de naden tussen de caissons werden gevuld, en de bovenbak werd met zand volgestort.

De naden tussen de caissons werden als regel gevuld met loodslakken en steen 80/300 kg, soms ook zwaarder. Na het plaatsen van de laatste doorlaatcaisson bleef aan de oostzijde een naad over van 5 meter, gemeten tussen de uitstekende steunberen van de caissons. Deze ruimte werd afgeschermd met een paar torpedonetten, en vervolgens gevuld met 1815 ton loodslakken, 990 ton steen en 7 torpedonetten. De aanstortingen tegen de bodembak van elke afgezonken caisson werden zo spoedig mogelijk na het afzinken door de steenstorters 'Steenbok' en 'Ram' aangebracht. Ze werden opgebouwd uit loodslakken en steen 80/300 kg, in een hoeveelheid van 8 ton loodslakken en 3 ton steen per strekkende meter. Elke steenstorter kon voor 30 meter aanstortingsmateriaal meenemen. De landhoofdcaissons en de ballastbakken van de doorlaatcaissons werden met zand gevuld vanuit depots, gelegen aan weerszijden van het sluitgat. Het zand in de ballastbakken werd met behulp van een trilslee afgetrild, waarna een 20 cm dikke laag hoog-

Dwarsprofiel van de dam door het Volkerak ter
plaats van het sluitgat

ovenslakken werd aangebracht, geëgaliseerd en droog en nat ingewalst. Op die manier ontstond een ruwe weg over de caissons.

Toen op vrijdagmorgen 25 april te 11.27 uur de laatste doorlaatcaisson was afgezonken moest aan elke kant van de caissonrij nog 60 meter aanstorting worden aangebracht en gecontroleerd. In vorige gedeeltes waren inmiddels door verkenningen met de 'Krabbe' dunne plekken aan het licht gekomen, die nog dienden te worden aangevuld alvorens de schuiven van de doorlaatcaissons konden worden neergelaten. Teneinde daarenboven volledig zeker te zijn dat er geen onderloopsheid zou kunnen optreden, werd het veiliger geacht na het aanbrengen van alle aanstortingen nog een volledige controle te houden langs de gehele caissonrij. Op de laagwaterkentering van maandagmorgen 28 april omstreeks 9.15 uur werden de 192 schuiven van de 12 doorlaatcaissons neergelaten, en was de afsluiting van het Volkerak een hydraulisch feit. Onmiddellijk hierna werd begonnen met zandsputten.

Van de Brabantse oever perste de 'Queen of Holland' en van de zijde van de Hellegatdam de 'Concorde' en de 'Versde' zand tegen de caissons. De onderslag van de opspuiting werd uitgevoerd als een vrij stort, terwijl het bovengedeelte werd opgespoten tussen perskaden van schraal zandasfalt. Binnen drie weken was de eerste miljoen m³ zand van de totaal te verwerken hoeveelheid van 5,6 miljoen opgespoten.

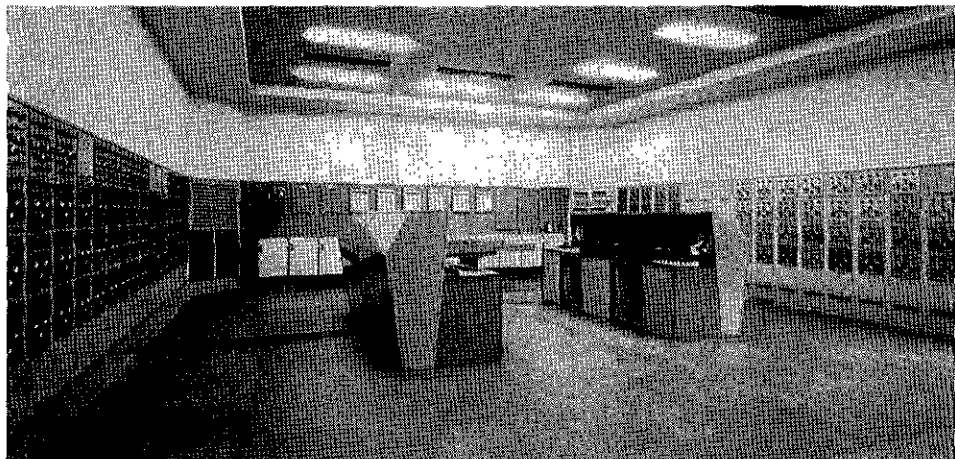
In alle opzichten is de sluiting een succes geweest. Zowel de stroomgeleidende dam als de landhoofdcaissons hebben bijzonder goed voldaan. In de aan de eigenlijke sluiting voorafgaande periode zijn ontgrondingen opgetreden tot maximaal 5 meter, wat in vergelijking met de 12 à 13 m van het Veersche Gat gering is. Tijdens de plaatsing van de caissons is de verdieping nabij de landhoofden beperkt gebleven tot 1 à 2 m. In het middendeel van het sluitgat is, met name als gevolg van ebstroom, een verdieping opgetreden van maximaal 4,5 meter. Deze ontgronding is veroorzaakt door de hoge snelheden in het steeds verder vernauwde sluitgat, en niet door wervelstraten. De aanzethelling van de ontgrondingskuil bleef dan ook betrekkelijk flauw - 1 : 4 -, en er ontstond geen enkel gevaar voor de stabiliteit van de rand van de bodembescherming. De opgetreden ontgrondingen vertonen een goede overeenkomst met de voorspellingen die op basis van modelonderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium waren gedaan.

Reeds vanaf 1962 is het elektrisch analoon 'Deltar' in gebruik bij het onderzoek naar de *getijbeweging in het Deltagebied* en de veranderingen die daarin optreden tengevolge van waterstaatkundige ingrepen, zoals de afsluiting van zeearmen. Bij de afsluiting van de zuidelijke Grevelingen in 1962, *evenals bij de afsluiting van het Volkerak* in april van dit jaar, werd de Deltar bovendien operationeel ingeschakeld. Het is de bedoeling in dit artikel de betekenis van de Deltar toe te lichten bij het opstellen van getijprognoses voor en tijdens de afsluiting van het Volkerak.

Men kan het werk dat de Deltar in dit verband heeft verricht in twee fasen verdelen. Allereerst voerde het *analogon* een voorspelling op lange termijn uit van de getijbeweging tijdens de sluitingsperiode van het Volkerak. Deze prognose werd geruime tijd voor de eigenlijke afsluiting verstrekt, ten behoeve van het *op te stellen tijdschema* voor de plaatsing van de doorlaatcaissons. Uitgangspunt bij deze voorspelling was de voorspelling van het astronomisch getij ter plaatse van de getijstations op de rand van het te *beschouwen* gebied te Stavenisse, Hellevoetsluis en Hoek van Holland, berekend uit 115 componenten, en de gemiddelde Rijn- en Maasafvoer over de maand april. Vervolgens werd de Deltar in *meer eigenlijke zin* operationeel ingezet tijdens de sluiting van het Volkerak, waarbij dan rekening gehouden moest worden met de afwijkingen die normaliter optreden tussen het berekende astronomische verticale getij ter plaatse van de *genoemde* getijrandvoorwaardestations en het aldaar in werkelijkheid optredende en geregistreeerde getij. Deze afwijkingen worden eensdeels veroorzaakt door de windrichting en de *windkracht*, andersdeels door onvolkomenheden in de berekeningsmethode van de astronomische getijden. Verder kunnen er verschillen optreden doordat de Rijn- en Maasafvoer afwijkt van het gemiddelde waarvan voor de voorspelling op lange termijn werd uitgegaan, en door onvoldoende kennis van de afvoer- en verliescoëfficiënten van het sluitgat en de caissons. In het navolgende wordt de voorspellingstechniek meer in detail behandeld.

De opzet van de Deltar-proeven

Het gebied waarvan de Deltar de getijbeweging met elektrische stromen nabootst, omvat de wateren van het Deltagebied met *inbegrip* van de bovenrivieren Lek-Nederrijn,



De Deltar-zaal aan de Boorlaan te Den Haag

Waal en Maas, doch zonder het Oosterscheldegebied en het Grevelingenbekken. De zeewaartse begrenzingen van het gebied liggen ter plaatse van de registrerende peilschaalstations Stavenisse in de Keeten, Hellevoetsluis in het Haringvliet, en Hoek van Holland in de Nieuwe Waterweg. De verticale getijden te Stavenisse, Hellevoetsluis en Hoek van Holland, verder aan te duiden als de getijrandvoorwaarden, samen met de bovenafvoeren van Lek, Waal en Maas, en de rivierfiguratie van het betrokken gebied, met inbegrip van de daarmee samenhangende weerstandscoefficiënt, zijn voldoende gegevens voor de nabootsing van de getijbeweging in het Deltagebied. In het hier besproken geval moesten aan deze gegevens nog de verlies- en afvoercoëfficiënten van het sluitgat in het Volkerak en van de te plaatsen caissons worden toegevoegd.

Om de rivierfiguratie te kunnen invoeren in de Deltar, werd het beschouwde Delta-gebied met inbegrip van de genoemde bovenrivieren opgedeeld in een groot aantal vakken van een beperkt aantal kilometers. De gemiddelde diepte, die met behulp van peilkaarten was bepaald, en de stroomvoerende en bergende breedte van elk vak werd in een sectie van de Deltar als functie van de waterhoogte voorgesteld. Op de juiste geografische wijze met elkaar verbonden stellen de 120 secties van de Deltar ertoe in staat, de gevraagde getijbeweging elektrisch na te bootsen, mits de getijrandvoorwaarden en de bovenafvoeren gegeven zijn. In iedere sectie kunnen energiehogten, waterstanden, stromen en snelheden – en wel de gemiddelde snelheden in het stroomvoerende dwarsprofiel – gemeten worden. Een getij in de Deltar duurt ongeveer $7\frac{1}{2}$ minuut. Teneinde de waterbeweging in het sluitgat en door de caissons met de Deltar te kunnen voorstellen werden een paar bijzondere secties bijgebouwd. In de bijzondere secties moeten de verlies- en afvoercoëfficiënten van het sluitgat en de doorlaatcaissons, nadat ze uit hydraulisch modelonderzoek zijn verkregen, worden ingesteld. Voor de caissons konden vaste gemiddelde waarden worden ingevoerd, terwijl de waarden van de beide coëfficiënten voor het sluitgat telkens na plaatsing van een caisson opnieuw moesten worden ingesteld. De mogelijkheid bleef overigens bestaan ze zo nodig gedurende de operatie zelf nog aan de hand van snelheidsmetingen op de drempel van het sluitgat te corrigeren. Een moeilijkheid daarbij was echter dat gedurende de operatie slechts in één punt op de drempel continue snelheidsmetingen konden worden verricht, en wel in het

midden van de toekomstige plaats van caisson B6. De Deltar werkt echter steeds met gemiddelde snelheden in het effectieve stroomprofiel, zodat beide snelheden niet geheel vergelijkbaar zijn.

Daar de snelheid – het horizontale getij – in het sluitgat gedurende het getij verandert, waarbij de waterstanden – het verticale getij – mee veranderen, zullen ook de afvoer- en verliescoëfficiënten variëren. Vanwege de onvoldoende informatie die men op dit punt heeft is in de Deltar voor beide coëfficiënten gedurende de eb- en vloedperiode een gelijke, constante waarde ingevoerd.

Wanneer later, bij een eventuele nacontrole, de beschikbare gegevens uit de natuur bestudeerd zijn, zal er meer inzicht komen in de variabiliteit.

IJking van de Deltar

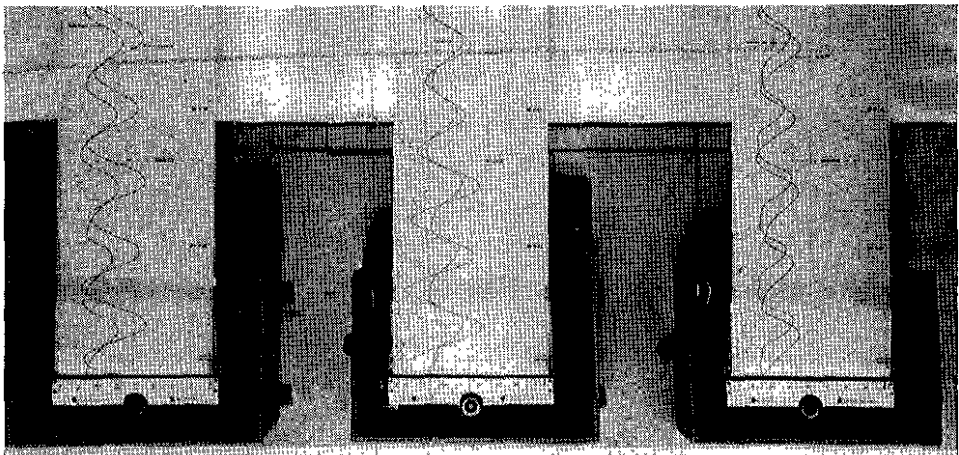
Evenals een hydraulisch model moet ook de Deltar aan de hand van natuurmetingen geijkt worden. Voor het ijken waren de resultaten van een aantal stroommetingen in het Volkerak ter plaatse van de ontworpen afsluitdam beschikbaar, en bovendien de simultaan gemeten verticale-getijkrommen van een groot aantal peilschaalstations.

Om de uitkomsten van de Deltar nogmaals te controleren, vooral ten aanzien van de tijdstippen van de H.W.-kenteringen – waarop immers de caissons zouden worden geplaatst – werd de *getijbeweging in het beschouwde Deltagebied nagebootst voor de maand april 1968*. Hierbij werd onder meer uitgegaan van de werkelijke getijden ter plaatse van de getijrandvoorwaarden en de *dagelijkse Rijn- en Maasafvoeren in de maand april 1968*. In deze maand waren namelijk continue metingen verricht van de stroomsnelheid en de stroomrichting met behulp van *fotografisch registrerende apparatuur*, die was opgesteld in de onmiddellijke omgeving van de toen nog in aanleg zijnde drempel van het sluitgat. Vergelijkt men de geregistreerde tijden van de hoogwaterkentering met de uitkomsten die de Deltar voorspelde op basis van de werkelijke randvoorwaarden en bovenafvoeren, dan zijn de Deltar-uitkomsten redelijk te noemen. Bij vergelijking van deze Deltar-uitkomsten met de resultaten die de Deltar kreeg op basis van een uit 115 componenten berekend getij en een over 25 jaar gemiddelde *bovenafvoer voor de maand april*, was het verrassend, dat de verschillen in de tijden van hoogwaterkentering zo gering zijn, terwijl er toch afwijkingen voorkwamen tussen de geregistreerde getijden te *Stavenisse, Hellevoetsluis en Hoek van Holland* en de voor diezelfde punten voorspelde getijden op basis van 115 componenten, zoals hiervoren is vermeld.

De voorlopige voorspelling voor de Volkerakafsluiting

De getijcomponenten bij de randstations werden als volgt bepaald.

Uit een jaarwaarneming van de waterstanden over 1968 te *Stavenisse, Hellevoetsluis en Hoek van Holland* werd een harmonische getijanalyse gemaakt volgens de methode der kleinste kwadraten. Hiervoor werden 115 componenten beschouwd. Bij eerder uitgevoerde voorspellingen was gebleken dat men met minder componenten niet toekon, omdat anders de specifieke vorm van de verticale getijkrommen omstreeks laagwater te *Hoek van Holland* en te *Hellevoetsluis*, en van de hoogwaterkop te *Stavenisse* bij de latere samenvoeging der componenten niet geheel tot zijn recht kwam.



Registratie in de Deltar-zool van het verticaal getij in verschillende peilischaalstations

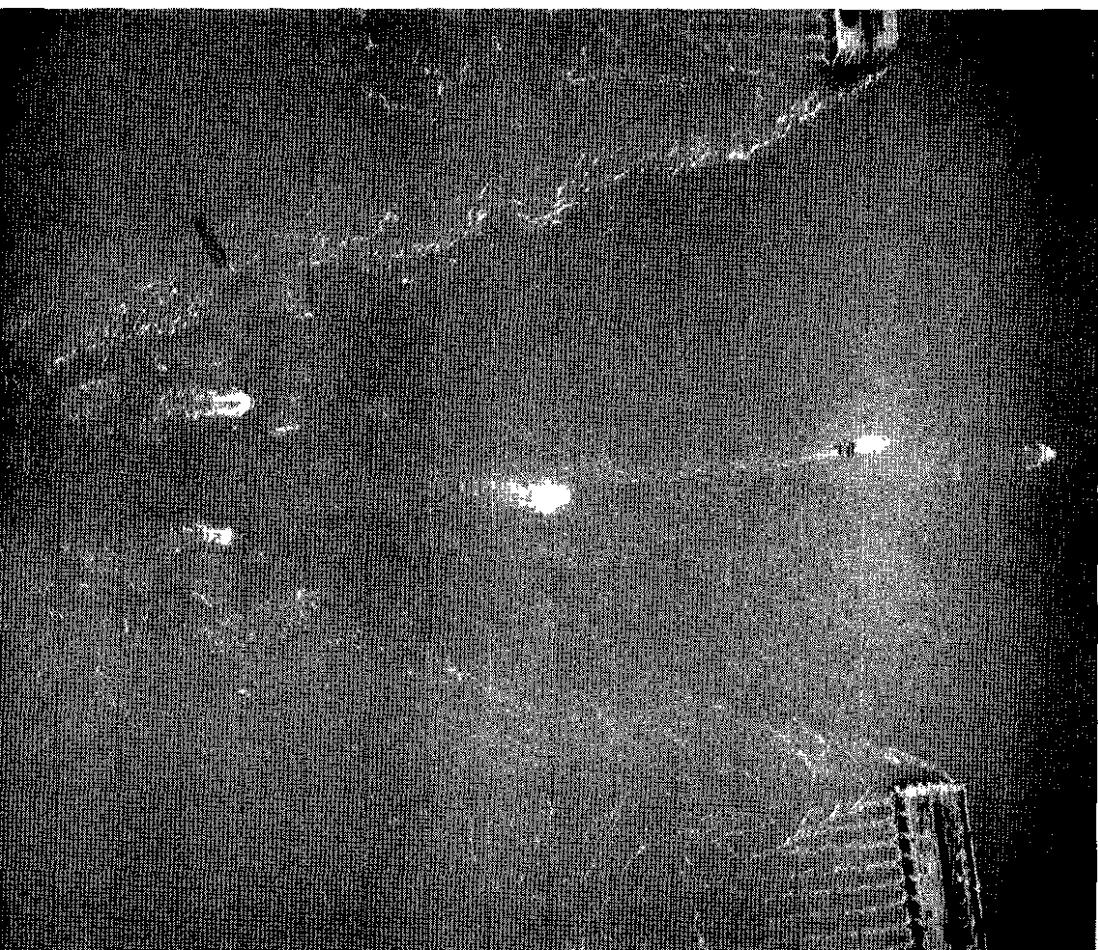
Een verder noodzakelijk gegeven was de te verwachten afvoer van de Rijn en van de Maas gedurende de maand april 1969. Voor de Rijnafvoer te Lobith werden de april-maanden beschouwd van de voorafgaande 25 jaren. De gemiddelde afvoer van de Rijn in april kan over die periode worden gesteld op $2450 \text{ m}^3/\text{sec}$, die van de Maas op $350 \text{ m}^3/\text{sec}$. Met de aldus verkregen informatie betreffende de te verwachten verticale-ge-tij-randvoorwaarden en de berekende Rijn- en Maasafvoer werd voor de maand april 1969 met de Deltar de getijbeweging in het Volkerak nageboordt, waarbij een van te voren ingediend voorlopig programma voor de plaatsing van de caissons ten tijde van de hoogwaterkenteringen werd aangenomen.

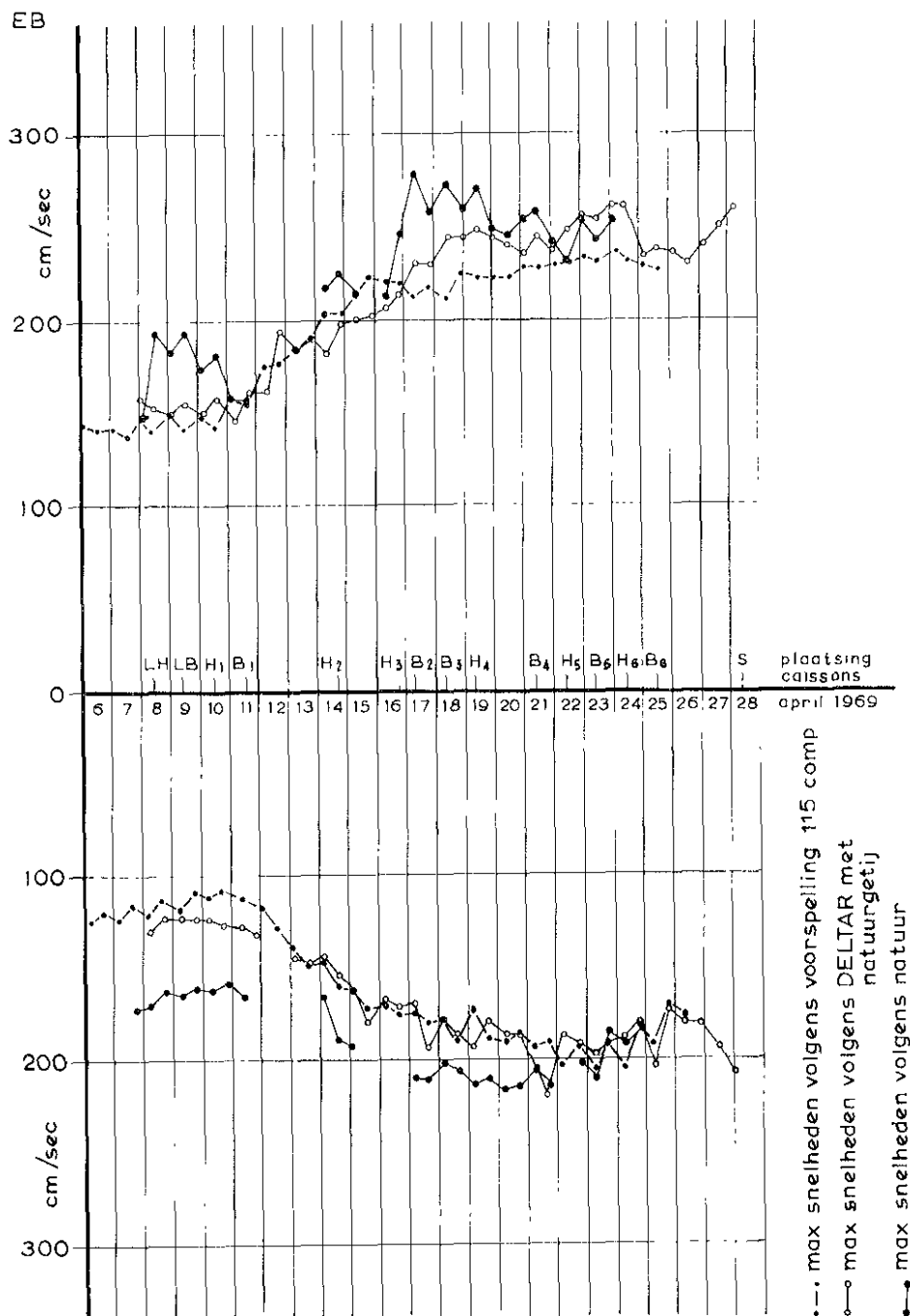
De getijvoorspelling gedurende de afsluitingsperiode, in het bijzonder de kenterings-tijden na H.W.

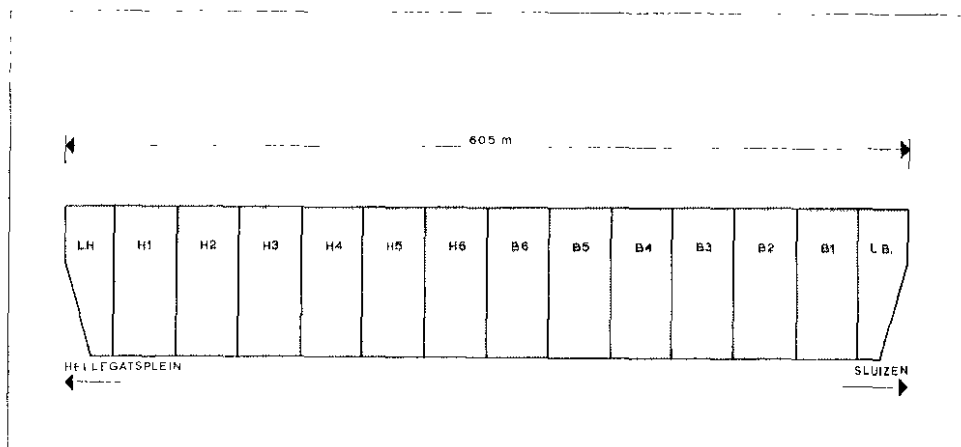
Om gedurende de operationele inzet onmiddellijk over de in de natuur voorkomende verticale-ge-tijkrommen ter plaats van de getijrandvoorwaardstations te kunnen be-schikken, werden de door de peilischijvers aldaar gemeten waterstanden van ogenblik-tot ogenblik elektrisch overgebracht en via door de P.T.T. ter beschikking gestelde tele-foonkanalen doorgegeven naar de Deltarzaal aan de Boorlaan te 's-Gravenhage. De binnenkomende signalen der peilischijvers werden daar op banden geregistreerd. Ter controle van de uitkomsten van de Deltar werden op overeenkomstige wijze tevens de getijkrommen te Moerdijk, Tiengemeten Oost en Dintelsas naar de Deltarzaal doorge-geven en aldaar geregistreerd. In de Deltarzaal stonden voor dit doel drie recorders opgesteld, die elk de waterstanden ter plaats van twee peilischaalstations registreerden. Met behulp van deze registraties werden de vooraf voorspelde verticale-ge-tijrandvoor-waarden gecorrigeerd. Windgegevens, zoals windrichting en windkracht, gemeten op het lichtschip Goeree, werden via het filiaal van het K.N.M.I. te Zierikzee telefonisch door-gegeven naar de Deltarzaal in Den Haag, evenals de weersverwachting voor het be-

Maximale snelheden in het sluitgat tijdens de sluitingsperiode

Wervelstraten in het sluitgat van het Volkerak, op 21 april 1969







TIJDSCHEMA OPGESTELD IN MAART 1969			UITVOERING PLAATSING CAISSONS IN APRIL 1969					
APRIL 1969	VOEGORDE PLAATSING CAISSONS	TIJD HW KENTERING	VOLGORDE PLAATSING CAISSONS	VOORSPEL- LING 1 ^o BERICHT	VOORSPEL- LING 2 ^o BERICHT	HW KENTERING SLUITGAT NATUUR	HW KENTERING CAISSONS NATUUR	TIJD VAN PLAATSING CAISSONS
6		08 48						
7		09 18						
8	LH	09 58	LH	10 04	10 07	10 09	09 57	09 52
9	LB	10 47	LB	10 58	11 02	11 00	10 49	10 46
10	H1	11 55	H1	12 09	12 05	12 01	12 03	11 47
11	B1	13 28	B1	13 32	13 34	13 52 ³	13 35	13 33
12	H2	15 05						
13		16 25						
14	B2	17 25	H2	17 26	17 21	17 22		17 22
15	H3	18 10						
16	B3	18 48	H3	18 49	18 54	18 46	18 46	18 40
17		06 55	B2	07 02	07 02	06 53		06 54
18	H4	07 30	B3	07 35	07 29	07 26	07 20	07 27
19		08 05	H4	08 11	08 05	08 01	08 01	07 52
20		08 35						
21	B4	09 05	B4	09 05	09 05	09 04	09 05	09 07
22	H5	09 30	H5	09 33	09 25	09 36	09 28	09 27
23	B5	10 02	B5	10 05	10 08	10 11	10 05	10 06
24	H6	10 35	H6	10 43	10 49	10 55	10 38	10 43
25	B6	11 27	B6	11 21	11 28	11 34	11 26	11 27
SLUITING SCHUIVEN TIJDENS LW KENTERING								
27		21 00						
28		09 17						09 14

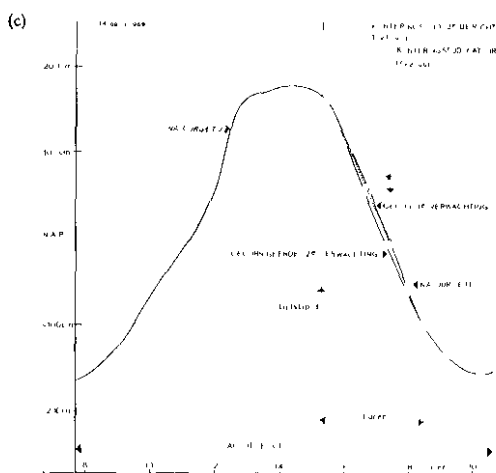
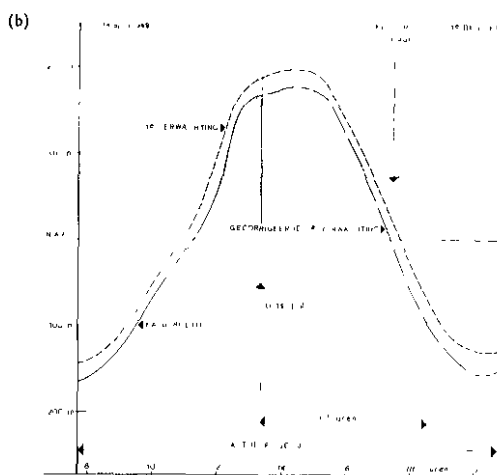
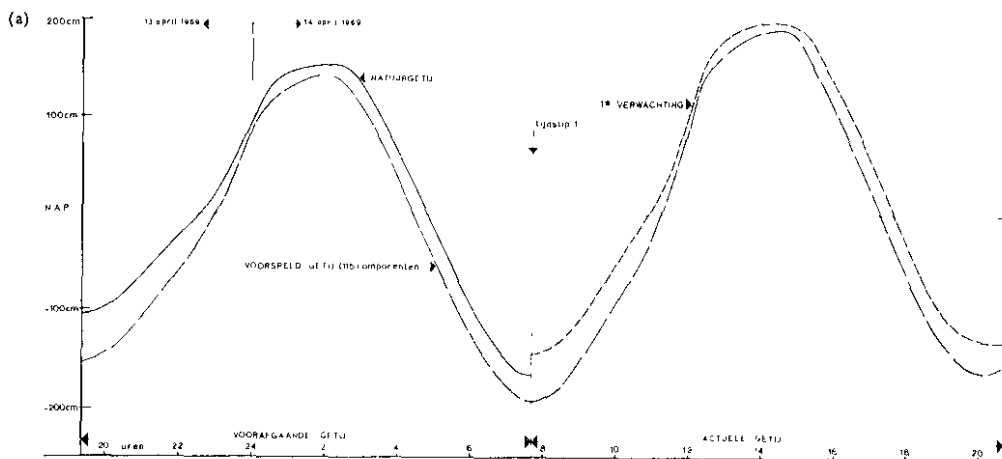
treffende Deltagebied. Ook kwamen daar elke morgen informaties binnen betreffende de Rijn-, Waal-, Nederrijn- en Maasafvoer.

Bovendien was er een directe telefoonverbinding tussen het directiekantoor van de Deltadienst aan het Volkerak en de Deltarzaal in Den Haag. Deze verbinding werd enerzijds gebruikt voor het doorgeven van de informaties van de Deltar, met name de voorspelde kenteringstijden en snelheden, en anderzijds voor het overbrengen van waarnemingen in het sluitgat, zoals gemeten waterstanden en snelheden aan weerszijden van de drempel, die van belang waren voor de controle van de Deltar.

Reeds gedurende de maanden januari tot en met maart 1969 waren de verbindingen met de getijrandvoorwaardestations tot stand gebracht, teneinde vooraf inzicht te verwerven in de verschillen die verwacht mochten worden tussen het voorspelde en het daar optredend werkelijke tij. De windinvloed bleek, overeenkomstig de verwachtingen, de belangrijkste oorzaak te zijn van afwijkingen. Aangezien de wind vooral in ons land van grote invloed kan zijn op het natuurlijke getij, lag het voor de hand, gedurende de sluitingsoperatie zoveel mogelijk uit te gaan van de natuurgetijden. Dit is uiteraard niet mogelijk gedurende een beperkt aantal uren vóór het moment van sluiting. In die periode werd het voorspelde getij met 115 componenten als richtlijn gebruikt. Correcties daarop werden nog aangebracht aan de hand van geconstateerde afwijkingen tussen het voorspelde getij en het natuurgetij daaraan voorafgaande.

Ten behoeve van hen die met de uitvoering van de sluitingsoperatie waren belast, werd een eerste gecorrigeerde voorspelling uitgegeven drie uur vóór het tijdstip van de volgens de voorspelling op lange termijn verwachte hoogwaterkentering. Bij de verstrekking van dit gegeven werd ook het verloop van de snelheden in het sluitgat van drie uur vóór tot één uur na de kentering opgegeven; daarna werd nog een tweede voorspelling gegeven één uur voorafgaande aan de laatst verwachte tijd van hoogwaterkentering, weer met het verloop van de snelheden van drie uur vóór tot één uur na de kentering. Bij het invoeren van de informaties betreffende de getijrandvoorwaarden moest een marge van vier getijden – twee etmalen in de natuur, een half uur in de Deltar – in acht worden genomen om inspeelverschijnselen van de Deltar te laten uitdempen. Daar het vervaardigen van het laatste gedeelte van de ponsbanden, inclusief de controle, ook een half uur vergde, moesten de voorspelde waterstanden voor het eerste bericht gedurende ongeveer vijf uren worden gecorrigeerd, en voor het tweede bericht gedurende ongeveer drie uren. De daaraan voorafgaande waterstanden waren afkomstig van registraties van het natuurgetij.

De eerste nadere voorspelling van de getijbeweging werd als volgt verkregen. De verschillen tussen de voorspelling en de registratie van het vorige getij werden op het actuele voorspelde getij gesuperponeerd, en wel zo dat de afstand tussen de lijnen van voorspeld en gecorrigeerd getij bij beide getijden steeds even groot was. Met het voortschrijden van de tijd werden de werkelijk opgetreden waterstanden bekend, en daarmee de verschillen tussen de werkelijkheid en de eerste verwachting. Op basis



Het verticaal getij te Stavenisse op 13 en 14 april 1969, volgens de voorspelling en 1e verwachting (a), de gecorrigeerde 1e verwachting (b) en de gecorrigeerde 2e verwachting (c)

van dat verschil werd voor de laatste vijf uur van het actuele getij nogmaals een correctie op de verwachting aangebracht. Van de waterstanden ter plaatse van de randstations werden ponsbanden gemaakt van de vier voorafgaande getijden, gevolgd door de waterstanden volgens de gecorrigeerde eerste verwachting. Met behulp van deze banden werd het verticale getij ter plaatse van de getijrandvoorwaarden in de Deltar ingevoerd; ook de werkelijke Rijn- en Maasafvoeren werden ingesteld, en de getijbeweging, dus stromen en waterstanden, werd dan op basis van die gegevens berekend, alsook het tijdstip van hoogwaterkentering in het sluitgat. Dit tijdstip werd, samen met de verlangde gegevens omtrent de stroomsnelheden, naar Willemstad doorgegeven als eerste bericht. Afwijkingen die tussen 5 en 3 uur voor het einde van het actuele getij nog werden gesignaleerd tussen het werkelijke getij en de eerste gecorrigeerde verwachting, dienden als richtlijn voor het aanbrengen van nieuwe correcties op de waterstanden, en het opstellen van een nader gecorrigeerde verwachting voor de laatste drie uren. Zoals vanzelf spreekt moest het ponsbandgedeelte dat door de feiten achterhaald was, worden vervangen door een registratie van de werkelijke waterstanden, en de eerste verwachting zodra dat mogelijk was door de tweede. Met deze ponsbanden werd opnieuw in de Deltar gerekend, en werd opnieuw een hoogwatertijdstip en een verloop van de stroomsnelheden vastgesteld. Deze verwachting werd één uur voor de kentering nog doorgegeven als tweede bericht. Voor de laatste aprieldagen zijn ook de tijden van laagwaterkentering voorspeld, aangezien uit Deltarmetingen was gebleken dat het verstandig zou zijn de schuiven van de caissons neer te laten tijdens de laagwaterkentering, in verband met het onmiddellijk daarop volgende verval over de caissons in de vloedperiode. Waterloopkundig gesproken is de afsluiting van het Volkerak pas een feit geworden op 28 april, des morgens om 9.15 uur, toen tijdens de laagwaterkentering de schuiven werden neergelaten.

Reeds werd erop gewezen dat de maximale snelheden die in de Deltar worden gemeten maximale gemiddelde snelheden zijn over het gehele dwarsprofiel, en die welke werden gemeten in de natuur de maximale gemiddelde snelheden in de snelheidsverticaal in één punt op de drempel, in het midden van het sluitgat. Volgens uitvoerige stroommetingen op 22 maart en 19 en 20 april van dit jaar bedroeg de afwijking tussen de twee genoemde maximale snelheden zowel tijdens de vloed als tijdens de eb 15%. Bij het nauwer worden van het sluitgat werden de verschillen kleiner, begrijpelijk als men bedenkt dat de stroom zich in de slottfase van de sluiting regelmatig over het vernauwde sluitgat verdeelde.

Omtrent de waarde van de doorstroom- en verliescoëfficiënten van het sluitgat en de caissons bestond, zoals boven opgemerkt, onzekerheid. Aanvankelijk had men het plan de waarden tijdens de operatie aan te passen, maar toen in het begin van de operationele fase bleek dat deze coëfficiënt maar geringe repercussies heeft op de snelheden in het sluitgat, werd besloten de oorspronkelijk gestelde coëfficiënten steeds aan te houden.

Overziet men de met de Deltar verkregen resultaten, dan is de conclusie gewettigd dat het analoon zowel bij het opstellen van het tijd- en plaatsingsschema als in de operationele fase van de sluiting van veel nut is geweest. Men mag daaruit niet opmaken dat dat bij elke sluiting zo zou wezen, of dat de Deltar overal van gelijk nut zou kunnen zijn. Naar het zich laat aanzien heeft vooral de gunstige geografische positie van het Volkerak, nabij de samenvloeiing van twee grote zeearmen, in belangrijke mate tot het succes bijgedragen.

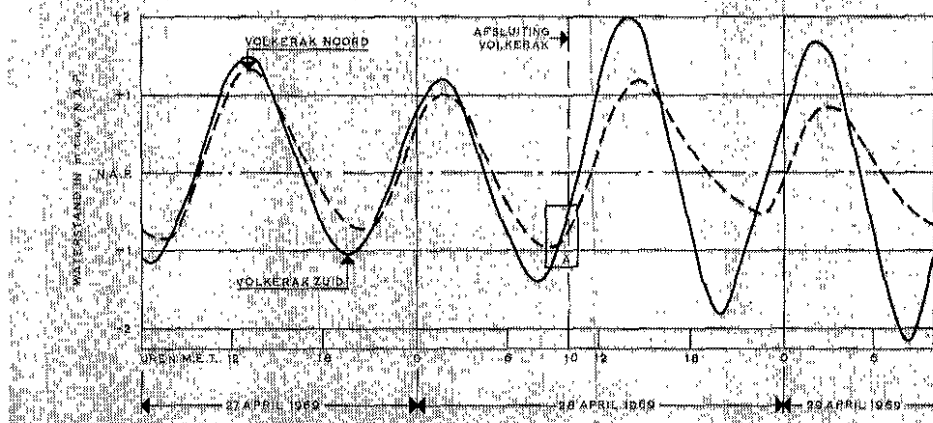
Toetsing van de voorspelde veranderingen van de verticale getijbeweging in het Deltagebied als gevolg van de afsluiting van het Volkerak

Voordat het Volkerak werd afgesloten, is door de Deltadienst een aantal voorspellingen opgesteld over de invloed die deze afsluiting zou hebben op de getijbeweging in het noordelijk en zuidelijk Deltagebied. In Driemaandelijks Bericht nr. 45 (augustus 1968) is een overzicht gegeven van de voorspelde veranderingen bij een Bovenrijnafvoer van 2200 m³/sec. en een gemiddeld getij in zee waarvan de hoog- en laagwaterstanden overeenkomen met de gemiddelde H.W.- en L.W.-standen over de periode 1950-1960.

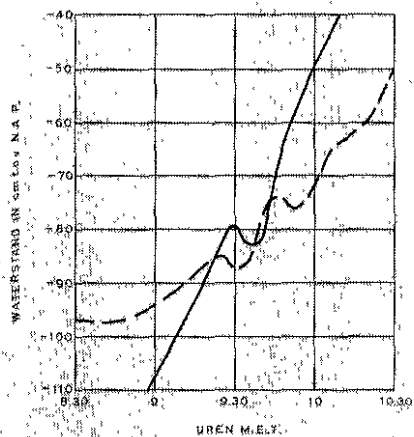
Na de afsluiting van het Volkerak heeft men de voorspellingen voor zover mogelijk aan de natuur getoetst. Hiertoe zijn de getijgegevens verzameld over de periode vanaf de afsluiting van het Volkerak tot ongeveer een maand na de sluiting. Daarnaast zijn of worden zowel in het noordelijk als het zuidelijk Deltagebied stroommetingen uitgevoerd. De resultaten van deze stroommetingen zullen pas in een later stadium ter beschikking komen. De afsluiting van het Volkerak in waterloopkundige zin bestond uit het sluiten van de schuiven van de doorlaatcaissons, op 28 april 's morgens omstreeks 9.15 uur vlak na de laagwaterkering. In de periode die onmiddellijk aan de sluiting voorafging werd de getijbeweging reeds in geringe mate beïnvloed door de verkleining van het doorstroomprofiel in het Volkerak. Na de afsluiting moest enige tijd verlopen voor de getijbeweging zich op de nieuwe situatie had ingesteld. Deze aanpassing bleek zoals verwacht een snelverlopend proces te zijn; reeds na enige getijden had ze haar beslag gekregen (zie fig. 1). Daarnaast bleken, in de onmiddellijke nabijheid, zowel ten noorden als ten zuiden van de caissons, kleine translatiegolven op te treden op het moment van de definitieve sluiting.

Daar het gemiddelde getij, waarvan de hoog- en laagwaterstanden overeenkomen met de gemiddelde H.W.- en L.W.-standen, in de werkelijkheid zeer weinig voorkomt, werd voor de toetsing van de voorspellingen aan de natuurwaarnemingen de volgende methode gevolgd. De H.W.- en L.W.-standen van de verschillende stations werden gecorreleerd aan een station waarvan verwacht mag worden dat de verticale getijbewegingen niet door de afsluiting van het Volkerak werden beïnvloed. Voor het noordelijk Deltagebied is hiervoor het station Hoek van Holland gebruikt, en voor het zuidelijk Deltagebied het station Vlietepolder in de mond van de Oosterschelde. Wanneer de Bovenrijnafvoer gedurende de onderzochte periode nu maar voortdurend 2200 m³/sec zou bedragen, zouden de veranderingen op eenvoudige wijze uit boven aangeduide correlatie afgeleid kunnen worden. De sterk veranderlijke Rijnafvoer compliceerde het probleem echter. Gedurende de onderzochte periode varieerde de Bovenrijnafvoer in het benedenriviergebied ten noorden van het Volkerak van ± 5000 m³/sec aan het begin van de onderzochte periode tot ± 2000 m³/sec aan het einde van deze periode (zie fig. 2). Teneinde toch een indruk te krijgen van de toestand bij een gemiddelde rivierafvoer werden in het noordelijk bekken slechts die waarnemingen voor de toetsing in beschou-

1.



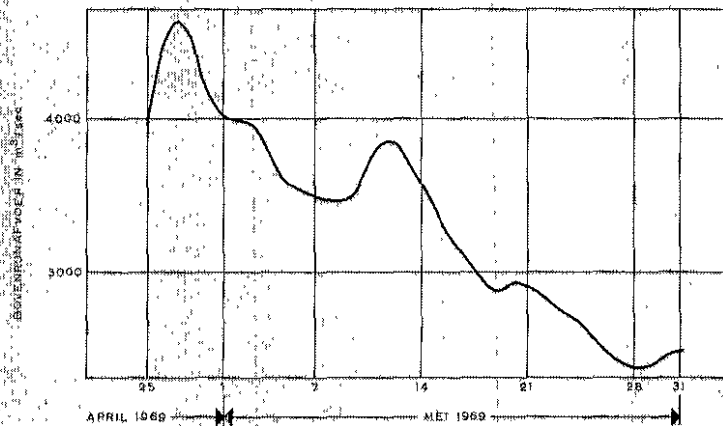
1A.



1. Het verticaal getij in de stations Volkerak-noord en Volkerak-zuid onmiddellijk voor en na de afsluiting. Detail A geeft een beeld van de snelle schommelingen op het moment van de afsluiting

2. Bovenrijnafvoer in de maanden april en mei 1969

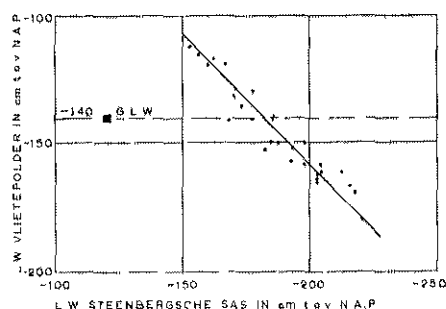
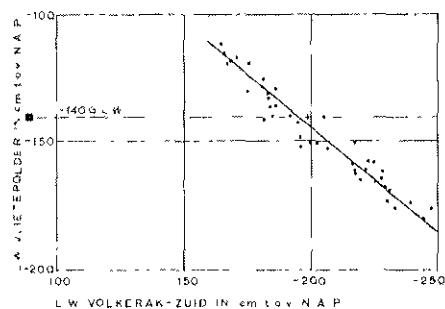
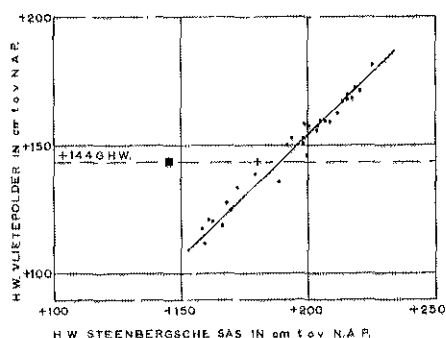
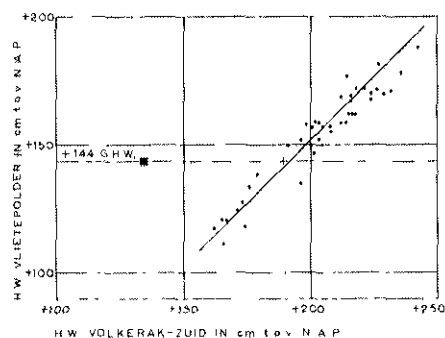
2.



wing genomen waarbij de rivierafvoer kleiner was dan 3000 m³/sec. Voor wat betreft het zuidelijk Deltagebied konden alle waarnemingen in beschouwing genomen worden daar de getijbeweging in dit gedeelte van het Deltagebied na de afsluiting van het Volkerak niet meer beïnvloed werd door de oppervlatafvoer.

In de figuren 3 tot en met 6 is de correlatie in beeld gebracht tussen de registraties van de H.W.- en L.W.-standen in de stations Volkerak-Zuid, Steenbergse Sas, Bruinisse en Stavenisse en die van het station Vlietepolder in de Oosterschelde. Ook de voorspellingen van de H.W.- en L.W.-standen na de Volkerak-afsluiting bij gemiddeld getij in zee, die werden gepubliceerd in het Driemaandelijks Bericht van augustus 1968, zijn in deze figuur opgenomen. Uit de figuren valt af te lezen dat de hoogwater- en laagwaterstanden te Stavenisse nagenoeg niet veranderd zijn, en dat de hoogwaterstanden in de

3-6. Correlatie tussen de registraties van de H.W.- en L.W.-standen in de stations Volkerak-zuid, Steenbergse Sas, Bruinisse en Stavenisse enerzijds en het station Vlietepolder in de Oosterschelde anderzijds

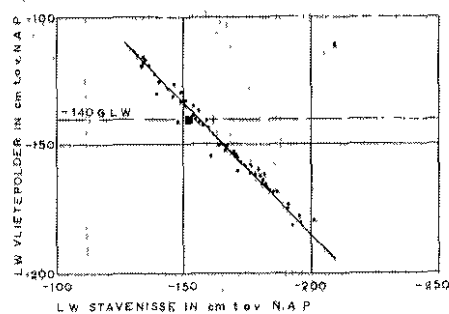
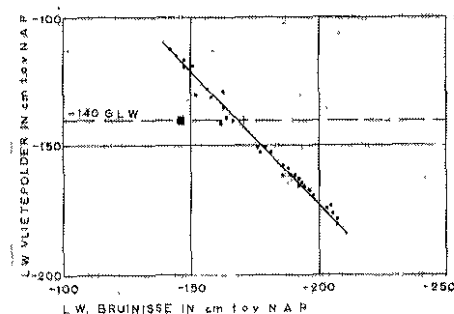
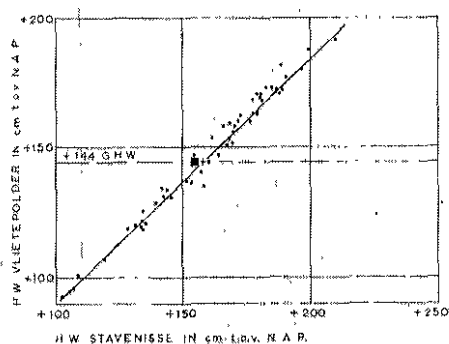
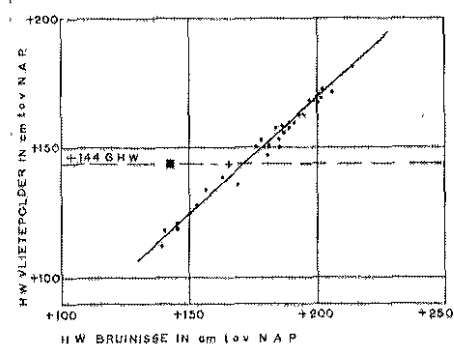


- + VOORSPELDE WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE NA AFSLUITING VOLKERAK
- WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE VOOR AFSLUITING VOLKERAK
- NATUURWAARNEMINGEN

- + VOORSPELDE WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE NA AFSLUITING VOLKERAK
- WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE VOOR AFSLUITING VOLKERAK
- NATUURWAARNEMINGEN

stations Bruinisse en Volkerak-Zuid minder dan 5 cm afwijken van de voorspelling. Te Steenbergsche Sas blijken de hoogwaterstanden hoogstens 10 cm te laag te zijn voorspeld. Bij vergelijking over een veel langere periode zou nog kunnen blijken dat de verhogingen kleiner worden. In de maand mei zijn de waterstanden in het algemeen wat hoger geweest dan het jaargemiddelde.

In de figuren 7 en 8 is voor het noordelijk Deltagebied hetzelfde gedaan. De hoogwater- en laagwaterstanden van de stations Tiengemeten en Moerdijk zijn daar gecorreleerd aan de overeenkomstige H.W.- en L.W.-standen te Hoek van Holland. Daar het getij in het noordelijk Deltagebied vooral in de rivierwaarts gelegen stations afhankelijk is van de oppervlaktewaterafvoer, is in dit gebied het reeds vermelde onderscheid gemaakt tussen waarnemingen bij Bovenrijnafvoeren kleiner en groter dan 3000 m³/sec. Ook hier zijn de voorspelde H.W.- en L.W.-standen na de afsluiting van het Volkerak bij gemiddeld getij in zee en in dit geval ook bij gemiddelde rivierafvoer in de correlaties opgenomen. Wederom blijkt de voorspelling van de veranderingen van de getijbeweging als gevolg van de Volkerakafsluiting in bevredigende mate met de werkelijkheid overeen

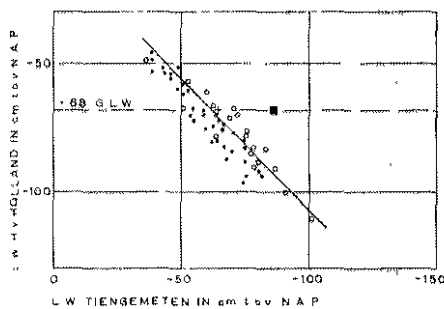
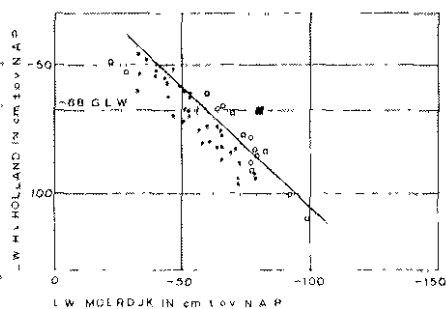
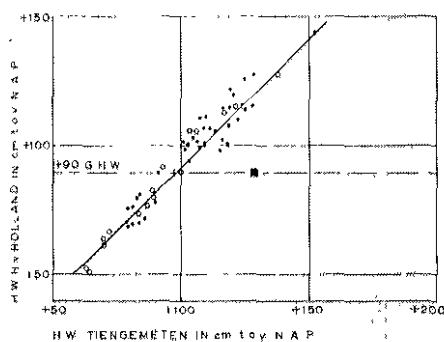
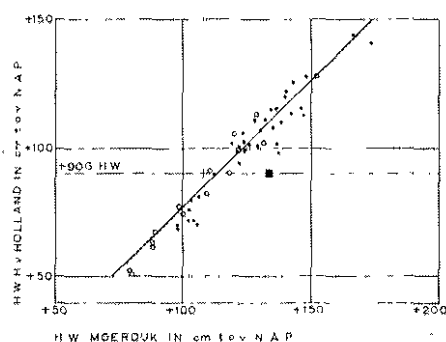


+ VOORSPELDE WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE
NA AFSLUITING VOLKERAK
■ WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE
VOOR AFSLUITING VOLKERAK
• NATUURWAARNEMINGEN

+ VOORSPELDE WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE
NA AFSLUITING VOLKERAK
■ WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE
VOOR AFSLUITING VOLKERAK
• NATUURWAARNEMINGEN

te stemmen. Ter vergelijking zijn in de figuren 3 tot en met 8 de overeenkomstige H.W.- en L.W.-standen van vóór de afsluiting van het Volkerak eveneens weergegeven. Verder kan nog worden meegedeeld dat is berekend welke stormvloedstanden in het zuidelijk Deltagebied zouden zijn opgetreden onder de omstandigheden die de ramp van 1 februari 1953 veroorzaakte. Bij deze berekeningen is gebruik gemaakt van het elektrisch analogon 'Deltar'. Gebleken is dat een stormvloedstand veroorzaakt door de omstandigheden van 1 februari 1953 ten gevolge van de afsluiting net zoveel hoger zou zijn geworden als het gemiddeld getij. Onmiddellijk ten zuiden van het Volkerak zou deze verhoging hoogstens 50 cm hebben bedragen, en bij Bruinisse ten hoogste 25 cm, dat wil zeggen dat het water op die twee punten een hoogte zou hebben bereikt van respectievelijk 4,90 en 4,65 m boven N.A.P., dat ruim is beneden de bestaande kruinhoogten ter plaatse.

7-8 Correlatie tussen de registraties van de H.W.- en L.W.-standen in de stations Tiengemeten en Moerdijk enerzijds en het station Hook van Holland anderzijds



- + VOORSPELDE WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE NA AFSLUITING VOLKERAK
- WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE VOOR AFSLUITING VOLKERAK
- NATUURWAARNEMINGEN BIJ BOVENRUNAFVOER $> 3000 \text{ m}^3/\text{sec}$
- NATUURWAARNEMINGEN BIJ BOVENRUNAFVOER $< 3000 \text{ m}^3/\text{sec}$

- + VOORSPELDE WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE NA AFSLUITING VOLKERAK
- WATERSTAND BIJ GEM. GETIJ IN ZEE VOOR AFSLUITING VOLKERAK
- NATUURWAARNEMINGEN BIJ BOVENRUNAFVOER $> 3000 \text{ m}^3/\text{sec}$
- NATUURWAARNEMINGEN BIJ BOVENRUNAFVOER $< 3000 \text{ m}^3/\text{sec}$

De enorme uitbreiding van de scheepvaart zowel ter zee als op de binnenwateren heeft in onze eeuw onder meer geleid tot een steeds groeiende vraag naar gegevens omtrent de bodemfiguratie van scheepvaartroutes en rivieren. De zeegaten in ons kustgebied, met hun zich snel verplaatsende zandbanken en ondiepten, vereisten daarbij wel een bijzonder frequente en nauwkeurige opneming van de bodemfiguratie. Pas door de uitvinding en toepassing van het echolood omstreeks 1925 kon aan de sterk vergrote behoefte aan peilgegevens weer worden tegemoetgekomen. Principe van het echolood is de nauwkeurige meting van de tijd die een vanuit een schip naar de bodem uitgezonden signaal nodig heeft om na weerkaatsing zijn punt van uitgang weer te bereiken. Rekent men die tijd aan de hand van de voortplantingssnelheid van geluidsgolven door water, ongeveer 1450 meter per seconde, om in afstand, dan is daarmee de diepte van het water op het punt van loding bekend. Naast een klok waarop men de lodingsresultaten meteen afleest, kan op het echolood ook een toestel voor automatische registratie van de gegevens worden aangesloten. Een pen tekent dan van links naar rechts de gemeten diepte aan op een strook papier die er met gelijkmatige snelheid in verticale richting onderdoorgetrokken wordt. De diepte wordt in dat geval afgelezen langs een horizontaal geplaatst liniaaltje met schaalverdeling.

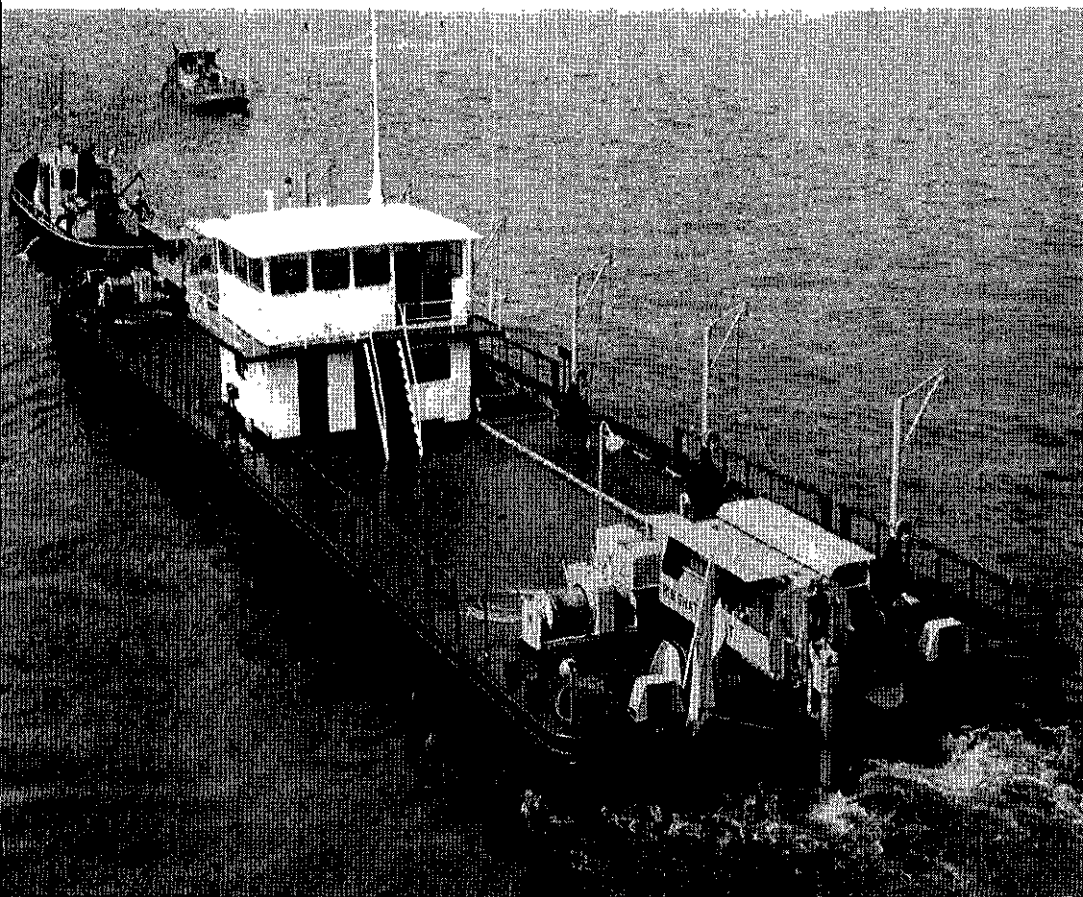
Het voordeel van dit zelfregistrerende echolood is dat het ook bij snel varende schepen doorlopend, en bij niet te grote diepte meermalen per seconde de diepte optekent en dus bij het volgen van een rechte koers als het ware een doorsnede van de bodem geeft ter plaatse van de projectie van de koerslijn. Zelfs bij grote snelheden mag men aannemen dat gezien de vele lodingen per seconde alle oneffenheden van de bodem kunnen worden opgemerkt. De mogelijkheid blijft evenwel bestaan dat een rots of klip, die zelfs maar enige meters naast de koerslijn ligt, niet geregistreerd wordt.

De enige mogelijkheid om zekerheid te verkrijgen omtrent het bodemprofiel over een enigszins brede geul is het aftasten met een echolood van een aantal dicht naast elkaander liggende raaien, omdat alleen dan zekerheid verkregen is over de dichtheid van de lodingen in de vaarrichting.

Vóór de uitvinding en toepassing van het echolood werden drukbevaren vaargeulen, zoals bevoorbeeld de Bankastraat en Straat Riouw in Indonesië, wel afgedregd door een kabel op zekere diepte te spannen tussen twee gelijkopvarende schepen. Men kon dan, als de kabel nergens bleef steken, zeggen dat er geen opstakels uitstaken boven de gekozen diepte. Minder nauwkeurig kon hetzelfde gedaan worden door een schip dat als een mijnenveger met paravanen was uitgerust.

Deze wat primitieve manier van verkennen is toch wel heel praktisch. De meeste navigators stellen immers heel wat minder vragen dan het echolood beantwoordt. Wat zij willen weten is niet hoe diep het water ergens is, maar of het diep genoeg is om een schip van zekere diepgang te laten passeren. De 'Krabbe', het nieuwste meetschip in gebruik bij de Deltadienst, is ontworpen op basis van juist deze praktische vraagstellingen. Het in Duitsland gebouwde prototype van deze 'bodembeschrijver', de eerste 'Bodenkartenschreiber' dus, bestond uit een meetschip met aan beide zijden uitklapbare armen, elk ongeveer twintig meter lang en voorzien van 20 ultrasonore zenders/ontvangers die op een meter afstand van elkaar aan deze armen bevestigd waren.

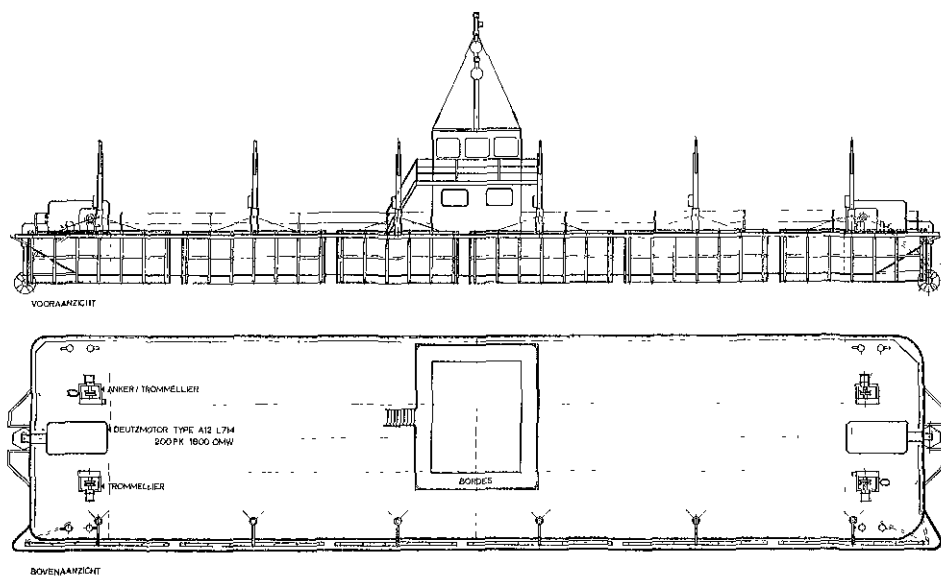
Bij het werk staken de zenders/ontvangers ongeveer 60 centimeter in het water. Door 40 registreerkasten op het schip te monteren kon men bij het varen langs een raai een veertig meter brede baan in één keer aftasten en in kaart brengen door namelijk de veertig gemeten langsprofielen naast elkaar te registreren. Doordat de zender gericht, maar kegelvormig in de richting van de bodem uitzond werd zelfs bij relatief geringe diepten een dicht beeld van de bodem verkregen.



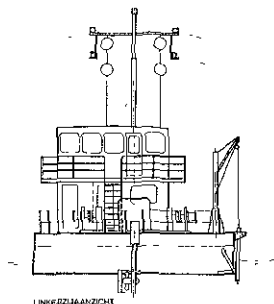
De bodembeschrijver is echter uitgerooid tot veel meer dan alleen maar een samen-koppeling van veertig echoloden. Bij het ontwerp van het registratietoestel heeft men zich afgevraagd hoe op snelle wijze antwoord gegeven kan worden op de vragen uit de praktijk en hoe de bestaande kaarten met een minimum aan werk gecorrigeerd zouden kunnen worden.

Uitgaande van de praktische vraagstelling van de navigator heeft men het apparaat zodanig ontworpen dat het ingesteld kan worden voor een zeker vlak beneden de water-spiegel, en daarna alle meetgegevens relateert aan dit instelvlak. De registratirol wordt verdeeld in een linker en rechter helft, waarbij op de linker helft in verschillende nuances zwart wordt aangetekend hoeveel ondieper de bodem is dan het instelniveau, terwijl op de rechterzijde op dezelfde manier aangegeven wordt hoeveel dieper het is. Men verkrijgt dus een kaart die een bodemstrook van twintig meter aan beide zijden van de gevaren koerslijn tekent, niet met dieptelijnen, maar met kleine vlekjes. Aan de kleuren van de vlekjes kan men, het instelniveau wetende, de diepte aflezen.

Het lood heeft twee meetbereiken, namelijk 0 tot 16 en 0 tot 32 meter. De zwarting-



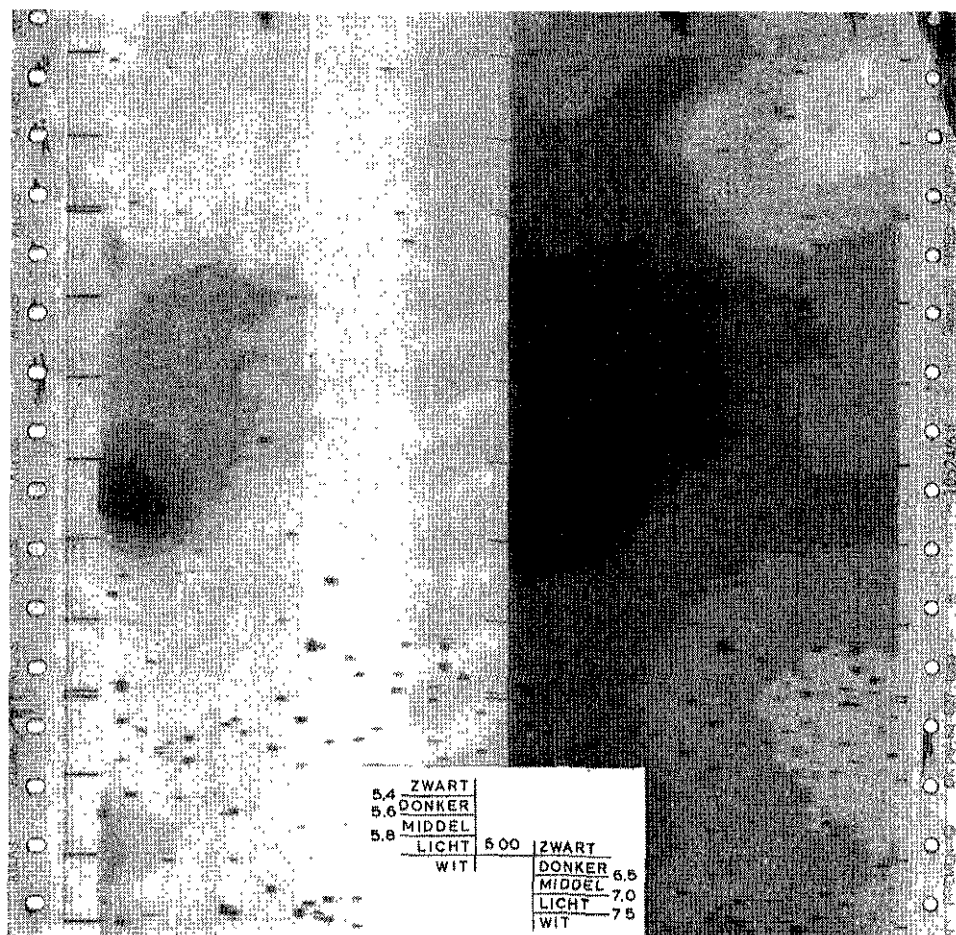
Voor-, boven en zij aanzicht van de 'Krabbe'



Het meetschip 'Krabbe'

schalen van de linkerzijde (ondieper dan) kunnen op 10, 20 en 50 cm ingesteld worden wanneer in het 16-meter-bereik wordt gewerkt; voor het 32-meter-bereik zijn de trappen 20, 40 en 100 cm. Aan de rechter zijde (dieper dan) kan voor het 16-meter-bereik gekozen worden tussen 50-, 100- en 200-cm trappen, en voor het 32-meter-bereik tussen 100, 200 en 400 cm. Het instelvlak kan met sprongen van 10 cm op iedere willekeurige diepte gekozen worden.

Voorbeeld van bodemdiepteregistratie met de Krabbe Het instelvlak ligt op 6 m



Bij een nauwkeurige beschouwing is het beeld dus opgebouwd uit 40 vlekjes, die afhankelijk van ongelijkheid van de bodem en de keuze van het instelvlak een van de vijf zwartingstinten vertonen. Aan de linkerzijde geldt hoe ondieper hoe zwarter; alles dieper dan het instelvlak blijft wit. Er moet rekening mee gehouden worden, dat indien ingesteld is op 7 meter met trappen van 20 cm, alle plaatsen ondieper dan 6 meter zwart worden. Men heeft dan dus geen enkele indicatie of het water ter plaatse misschien 5,40 m of 3 m diep is en moet, wil men dit weten, nogmaals hetzelfde traject varen, maar dan met een andere instelling. Op geheel onbekend terrein zal men, teneinde het meest geschikte instelvlak te vinden, instellen op een waarschijnlijke gemiddelde diepte en de grootste trapverdeling nemen, te weten 50 cm. Aan de rechterzijde neemt de zwarteheid af met de diepte.

Alle gegevens worden ook vastgelegd in een geheugen, dat bij iedere volgende lading-cyclus van de veertig zenders vernieuwd wordt. Dit geheugen kan worden neergeschreven op een tweede registratietoestel, dat dus een dwarsdoorsnede tekent met een dunne lijn. Wanneer deze registratie verlangd wordt drukt men op een knop die de invoer van het geheugen blokkeert, en de waarnemingen van een cyclus laat optekenen.

De 'Krabbe' onderscheidt zich van de tot nu toe gebouwde meetvaartuigen doordat de zenders/ontvangers niet op armen zijn gemonteerd, die dwars van het schip en haaks op de lijn van kiel en stevens worden uitgedraaid, maar op een langs het schip neerlaatbaar buizenstelsel. Dit houdt evenwel in dat het schip zich gedurende de ladingen dwarsscheeps moet verplaatsen; voor deze navigatie werden twee Schottel Navigators, Type 170/SRP 170, elk aangedreven door een 12-cilinder 4-takt dieselmotor van 170 à 200 pk, op voor- en achterschip geplaatst. Tevens is de 'Krabbe' uitgerust met elektrische verhaalwincbes en generatoren die voor de bovenomschreven apparatuur, de verlichting en de communicatiemiddelen de stroom leveren.

De zenders/ontvangers komen wanneer gelooed wordt 80 cm onder de waterspiegel te hangen. Bij het uitvaren kunnen zij door middel van davits boven water opgetrokken worden. Doordat het apparaat op een frequentie van 200 kHz werkt, in tegenstelling tot de voor echoloden normale 30-80 kHz, wordt een scherpe indicatie bereikt.

De illustraties geven een duidelijk beeld van de aanwijzingen die met dit apparaat verkregen kunnen worden. De interpretatie van de beelden vereist enige oefening, maar geeft aan hen die de gegevens onmiddellijk nodig hebben over een relatief groot oppervlak van de bodem zeer goede informatie.

Speciaal in het Deltagebied en wel in het bijzonder bij de sluiting van het Volkerak heeft de 'Krabbe' zeer goede diensten verricht. Bij de opbouw en de afwerking van de drempel waarop later de caissons moesten worden geplaatst, was het van het grootste belang dat de bovenkant nagenoeg vlak werd afgewerkt, om puntbelasting van de caissons te voorkomen.

Met de 'Krabbe' ontstond de mogelijkheid de drempel van 40 m breed in zijn geheel af te tasten en de plaatsen waar hij nog ongelijkheid vertoonde, met grote nauwkeurigheid te bepalen, zonder een enkele plaats over te slaan. Nadat een zware rij over de drempel was gesleept konden de verbeteringen worden waargenomen en kon precies de plaats bepaald worden van een paar stortsteenblokken die weerstand hadden geboden, en die vervolgens op andere wijze werden verwijderd. Op aanwijzing van de 'Krabbe' werden ook enkele kuilen opgevuld. Belangrijk waren ook de inlichtingen die de 'Krabbe' na de plaatsing der caissons gaf over dunne plekken in de aanstorting. Zo werd menig gegeven verschaft dat vóór de toepassing van dit apparaat slechts op tijdrovende wijze kon worden verkregen en veelal te laat uitgewerkt ter plaatse kwam om gebruikt te worden.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

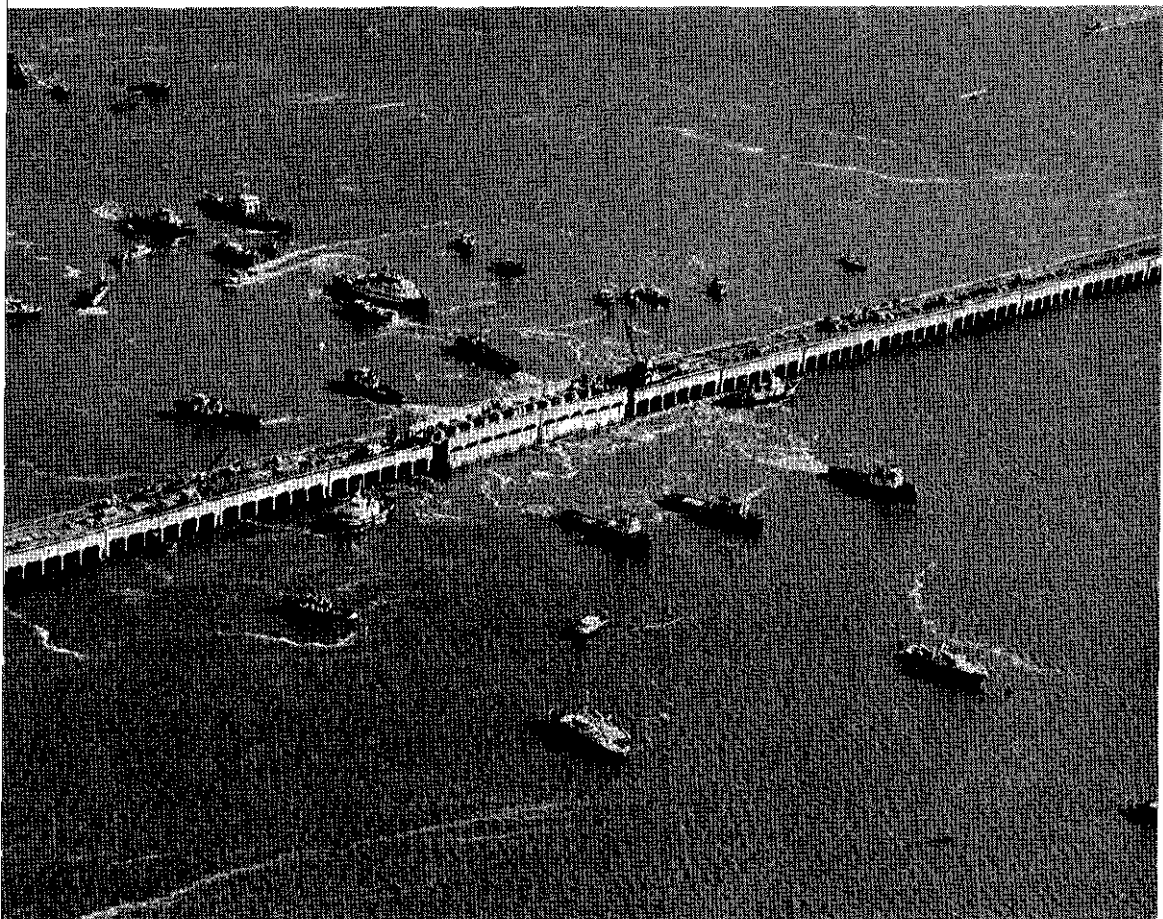
De sluiting van de Lauwerszeedijk



In de zomer van 1963 werd het besluit genomen dat de Lauwerszee uiteindelijk met behulp van doorlaatcaissons zou worden afgesloten. In de daaraanvolgende jaren werd door middel van berekeningen en modelproeven bepaald hoe groot en van welke vorm het sluitgat zou moeten zijn, en waar het het best kon worden gesitueerd; werd het aantal en het ontwerp van de caissons vastgesteld, en werd tevens de sluitingsoperatie tot in details voorbereid. Over vele van de theoretische voorbereidingen alsook over de praktische uitvoering ervan tot aan de caissonsluiting toe, is in de loop der jaren verslag uitgebracht in het Driemaandelijks Bericht.

Het tijdschema voor de uitvoering der Lauwerszeewerken gaf aan dat de caissonsluiting in het eerste halfjaar van 1969 voltrokken zou worden.

In de loop van 1968 was een sluitgat geformeerd van 900 meter lengte, met aan weerszijden steile begrenzingsen. De drempel, waarvan de bovenkant lag op N.A.P. - 6,5 meter, werd ter wille van de stabiliteit der caissons met grote zorg vlak afgewerkt. De gelijkmatige steenbestorting door de mechanische steenstorter 'Lauwerszee' heeft er niet weinig toe bijgedragen dat er een ruim 25 m brede en 900 m lange vlakke bovenafdek-



king van de drempel kon worden geformeerd met zware basaltblokken van soms wel 60 cm doorsnee. Op deze drempel moesten in de maanden april en mei 25 caissons worden geplaatst. Gelukkig was er dankzij de afsluiting van het Veersche Gat in 1961 en de juist te voren volbrachte afsluiting van het Valkerak wel veel ervaring opgedaan waar bij de uitvoering van de operaties in de Lauwerszee gebruik van kon worden gemaakt; echter met name het groot aantal caissons, en de innovatie van het afzinken van aaneengekoppelde caissons, stelde de technische staf hier toch voor problemen waarbij men op geen vorige ervaring kon terugvallen. Het dichtzetten van het sluitgat is voor allen die eraan meegewerkt hebben dan ook een opwindende fase in hun eigen leven geweest; opnieuw is gebleken dat een zorgvuldige en geen detail onbesproken latende voorbereiding altijd vrucht afwerpt.

Anders dan bij de Volkerakafsluiting zijn in de Lauwerszee geen landhoofdcaissons van speciale constructie toegepast. Aan beide uiteinden van het sluitgat werden normale doorlaatcaissons geplaatst, met dien verstande dat aan de landwaartse kant een oplegging was gemaakt voor een tweetal verbindingsbruggen met de vaste wal. Tevens waren deze caissons voorzien van een scheidingswand, die een goede aansluiting gaf op de stenen dam die de driehoekige opening tussen de caisson en de kop van het aansluitende dijkvak moest opvullen.

In zekere zin was het plaatsen van deze op de landhoofden aansluitende caissons een proef op ware grootte voor alle verdere plaatsingen. Het verslepen uit de bouwput door het Nieuwe Robbengat naar de plaats van het sluitgat, het parkeren en het zinken over bijna 1,50 m werden nu voor het eerst in de praktijk uitgevoerd.

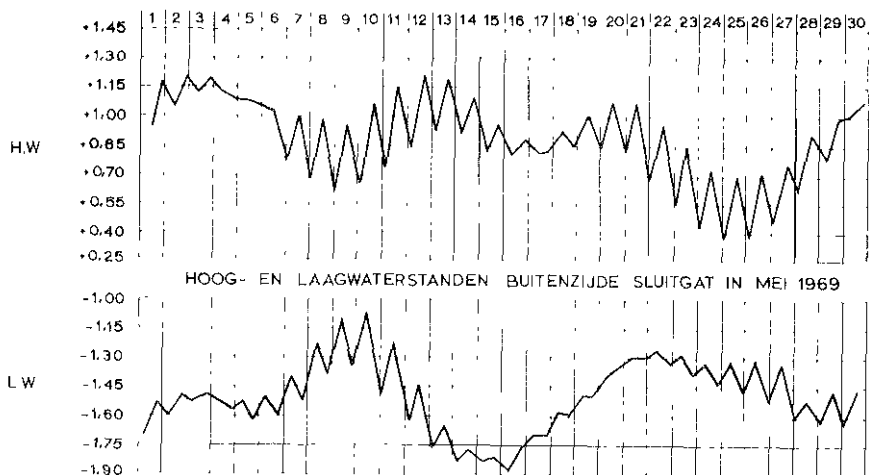
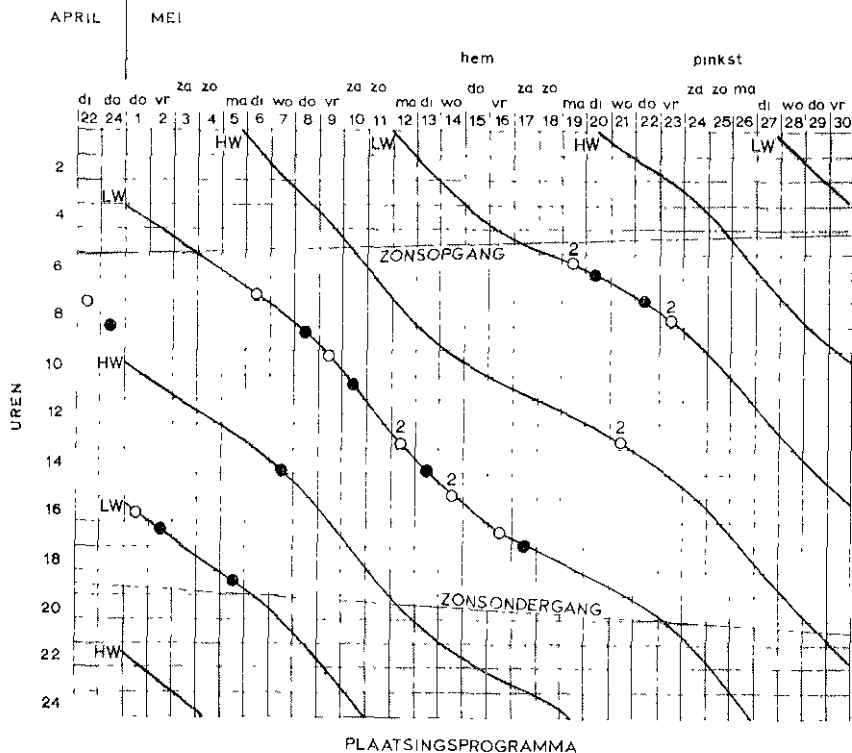
Om nog voldoende waterdiepte aan te treffen in het Nieuwe Robbengat en enige tegenstroom te hebben ter wille van goed manoeuvreren moesten de caissons aan het einde van de vloed vlak vóór de hoogwaterkentering door deze geul worden gesleept. Bij de verplaatsing van de eerste caisson was het slecht weer. De wind dreef de hoog boven het water uitstekende caisson steeds in de richting van het werkeiland en het zicht werd er door de regenbuien niet beter op. Hier bleken al dadelijk de grote voordelen van voldoende sterke sleepboten, een royale betonning met heldere lichtboeien en moderne navigatiehulpmiddelen zoals radar en een trackplotterinstallatie op een van de meetvaartuigen. Deze moeilijke nachtelijke vaart door het Nieuwe Robbengat gaf het vertrouwen dat het transport van de bouwput naar het sluitgat verder geen moeilijkheden meer zou geven. Zelfs een latere vaart in vrij dichte mist verliep dan ook voorspoedig. Omdat de caissons meestal bij laagwaterkentering werden geplaatst, moest het gehele konvooi gedurende ongeveer 6 uur aan de buitenzijde van het sluitgat wachten, voordat de caisson kon worden geplaatst. Dit bleek vooral in de perioden met veel plaatsingen een vermoeiende en onaangename bezigheid te zijn, met name voor degenen die op de onherbergzame caisson moesten blijven. Bij de plaatsingen op de hoogwaterkentering duurde de gehele manoeuvre van het uitvaren van de bouwput tot en met het zinken maar enkele uren.

Technisch leverde het parkeren overigens weinig problemen op. Wel werd het in een bepaald stadium van de sluitingsperiode moeilijk een plaats te vinden buiten het bereik van de vrij heftige ebstromingen die door het sluitgat trokken. Toen de felle ebstroom in de laatste fase van de sluiting op een klein gebied werd samengeknepen werd het weer makkelijker om een rustige ligplaats te vinden, en wel benedenstroms van de reeds geplaatste caissons.

Het plaatsen van de op de landhoofden aansluitende caissons week af van dat van de overige caissons, omdat hier nog niet kon worden beschikt over een vast aanlegpunt op een reeds geplaatste caisson. Met succes werd hier gebruik gemaakt van een

Aansluiting van de eerste caisson op het landhoofd





○ AFZINKEN CAISSONS AAN DE FRIESE ZIJDE
(EVENTUEEL 2 CAISSONS GEKOPPELD)

● AFZINKEN CAISSONS AAN DE GRONINGER ZIJDE

vooraf ter plaatse naar alle zijden verankerde ponton, waartegen de drijvende caisson werd afgemeerd. Vervolgens werd deze ponton met behulp van erop geplaatste lieren aan de ankerdraden zodanig gedraaid, dat de landhoofdcaissons precies op de juiste plaats in de as van het sluitgat kwam te liggen. Het afmeren tegen de ponton was overigens vrij lastig wegens de naar alle zijden uitstaande ankerdraden. Met enige spanning werd afgewacht hoe de houten luikjes zouden werken, die zouden worden losgegooid zodra de caisson aan de grond stond. Door de hierdoor ontstane openingen in de drijfschotten aan weerszijden van de caisson zou de caisson spoedig vollopen. De houten drijfschotten zouden dan kunnen worden verwijderd voordat de vloedstroom weer met volle kracht zou doorzetten en de schotten aan de zijde van de Waddenzee vast zou drukken.

Het bleek al dadelijk dat de constructie voor het lossen van de drijfschotten in sommige opzichten te licht was ontworpen. Ook na het aanbrengen van de nodige verbeteringen bleef af en toe wel eens een schot hangen, dan wel sprong er één na het zinken los tengevolge van de opwaartse druk die het onder water ondervond.

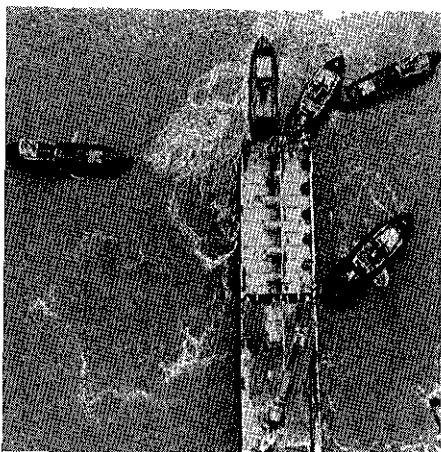
De spanning of de caissons zouden functioneren zoals van ze verwacht werd was er toen al af, maar één punt bleef tot het eind toe onderwerp van vele discussies en hield de gedachten van de leiding bezig.

Zeker was, dat de tijdsduur tussen het ogenblik waarop de stroomsnelheden voldoende zouden zijn verminderd om met de caissons te kunnen gaan manoeuvreren en het moment van de kentering steeds korter zou worden. Zou het mogelijk zijn alle handelingen, die nu eenmaal noodzakelijk zijn om de caisson op de juiste plaats tot zinken te brengen binnen die steeds krappere wordende tijd te verrichten? En een tweede niet minder klemmende vraag: zou dit alles kunnen met twee gekoppelde caissons? De optredende krachten zouden dan volgens de modelproeven groter zijn en de tijd van het indraaien door de grotere lengte van het te behandelen element noodzakelijkerwijs langer. De laatste opening zou volgens de plannen door twee caissons tegelijkertijd worden gesloten, omdat het modelonderzoek had uitgewezen dat juist door de laatste opening van ongeveer 40 m een zo sterke stroom zou kunnen trekken dat de zware basaltblokken van de drempel er door zouden worden meegesleurd. Het was zaak om de zee uiteindelijk 'bij verrassing te nemen' door een zo groot mogelijke opening ineens af te sluiten. Binnen de staf van de sluiting heersten ten aanzien van het tijdstip waarop de caissons moesten worden afgezonken, twee duidelijk tegengestelde meningen: enerzijds werd gepleit voor het plaatsen bij hoogwater naar analogie van de praktijk van de Volkerakafsluiting,

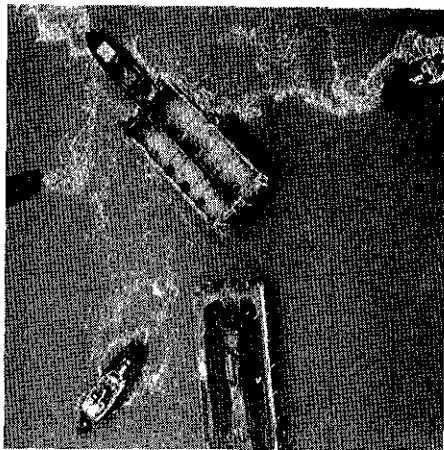
anderzijds zocht men het in een te behalen tijdswinst door een perfecte uitvoering. Vóór de hoogwaterplaatsing pleitte, dat inmiddels uit modelproeven en getijberekeningen was gebleken, dat de stroomsnelheden tijdens vloed, dus voor de kentering, minder sterk waren dan bij eb en bovendien reeds eerder voor de kentering begonnen af te nemen. Hierdoor zou de voor de gehele manoeuvre beschikbare tijd langer zijn.

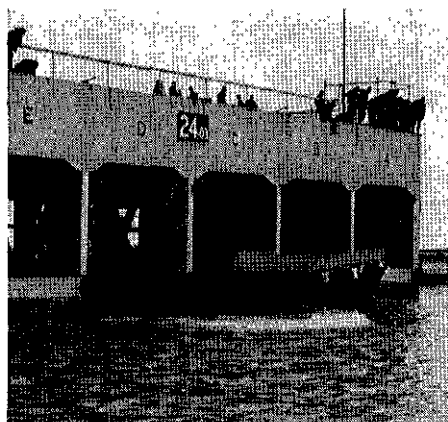
De tegenstanders voerden aan dat het moeilijker zou zijn een zinkende caisson gedurende de langere zinktijd op de juiste plaats te houden. Bij laagwater moest de caisson immers ongeveer 1,5 m en bij hoogwater ongeveer 4 m zakken. Wanneer twee gekoppelde caissons door welke oorzaak dan ook met verschillende snelheden naar beneden zouden gaan, werd het niet uitgesloten geacht dat de caisson aan de zijde van het sluitgat het eerst aan de grond zou staan en daarmee een te kleine ruimte zou overlaten voor de andere om er nog tussen te zakken. Het langdurige plaatsingsprogramma bood een uitgezochte gelegenheid om ervaring op te doen met de verschillende oplossingen: zinken bij laagwater en bij hoogwater met één zowel als met gekoppelde caissons. Ten aanzien van methodes om de caissons op hun plaats te brengen waren

Plaatsing van een enkele caisson
De lier trekt aan. De kruisdraden zijn al aangebracht



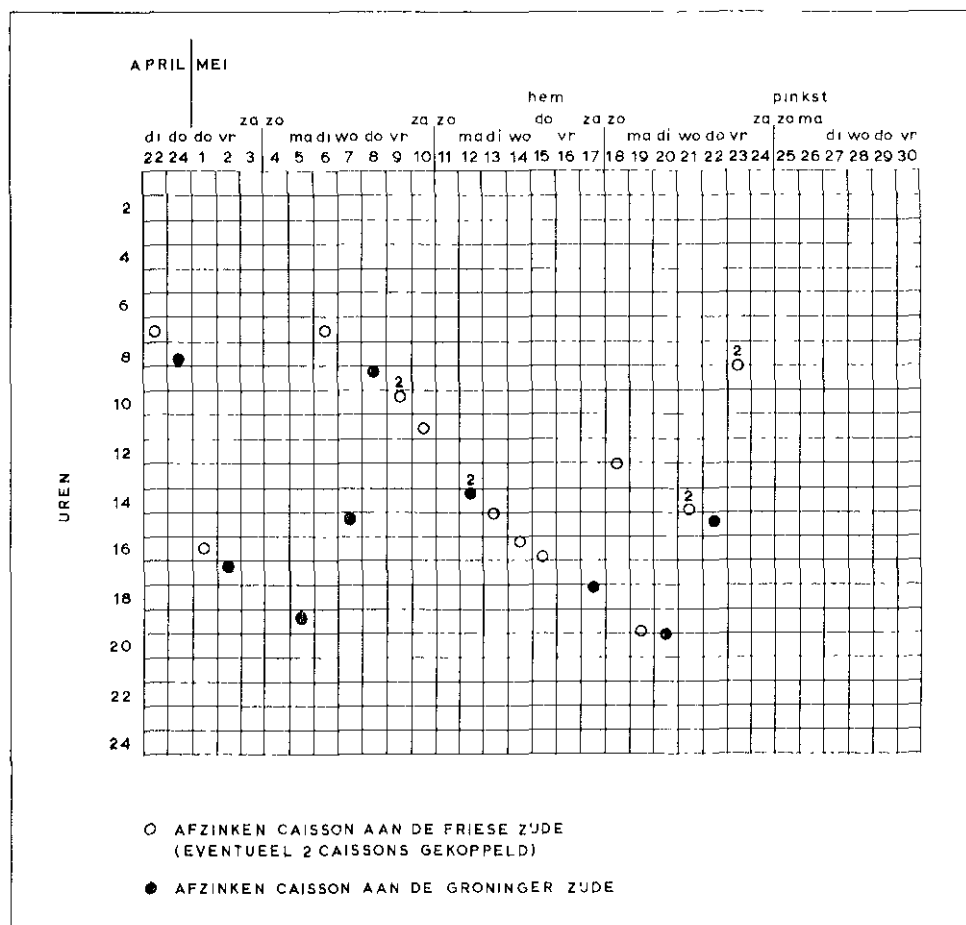
Op 19 mei werd een caisson met de ebstroom mee ingevaren, maar tegen de stroom ingedraaid

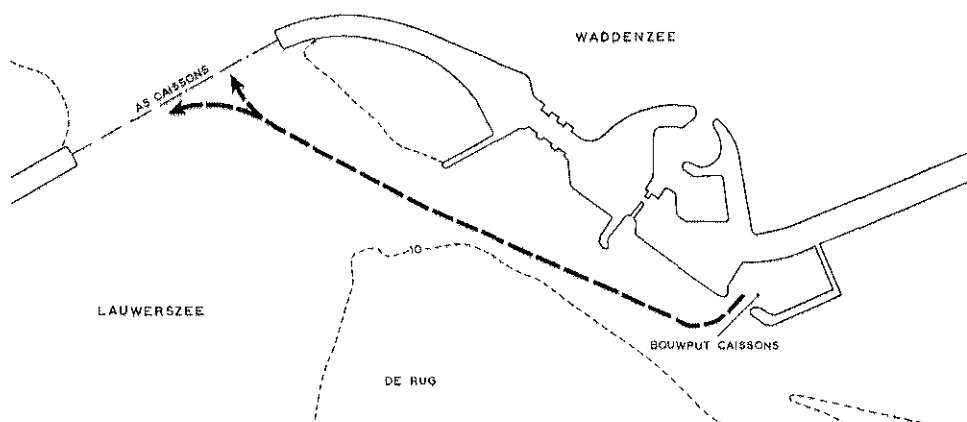




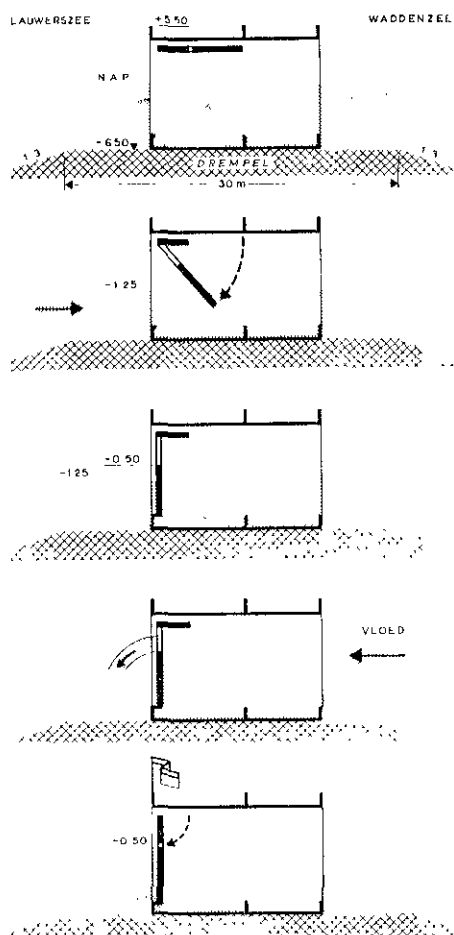
De drijfschotten komen los

Het plaatsingsprogramma zoals het werd uitgevoerd





Vaarroute der caissons



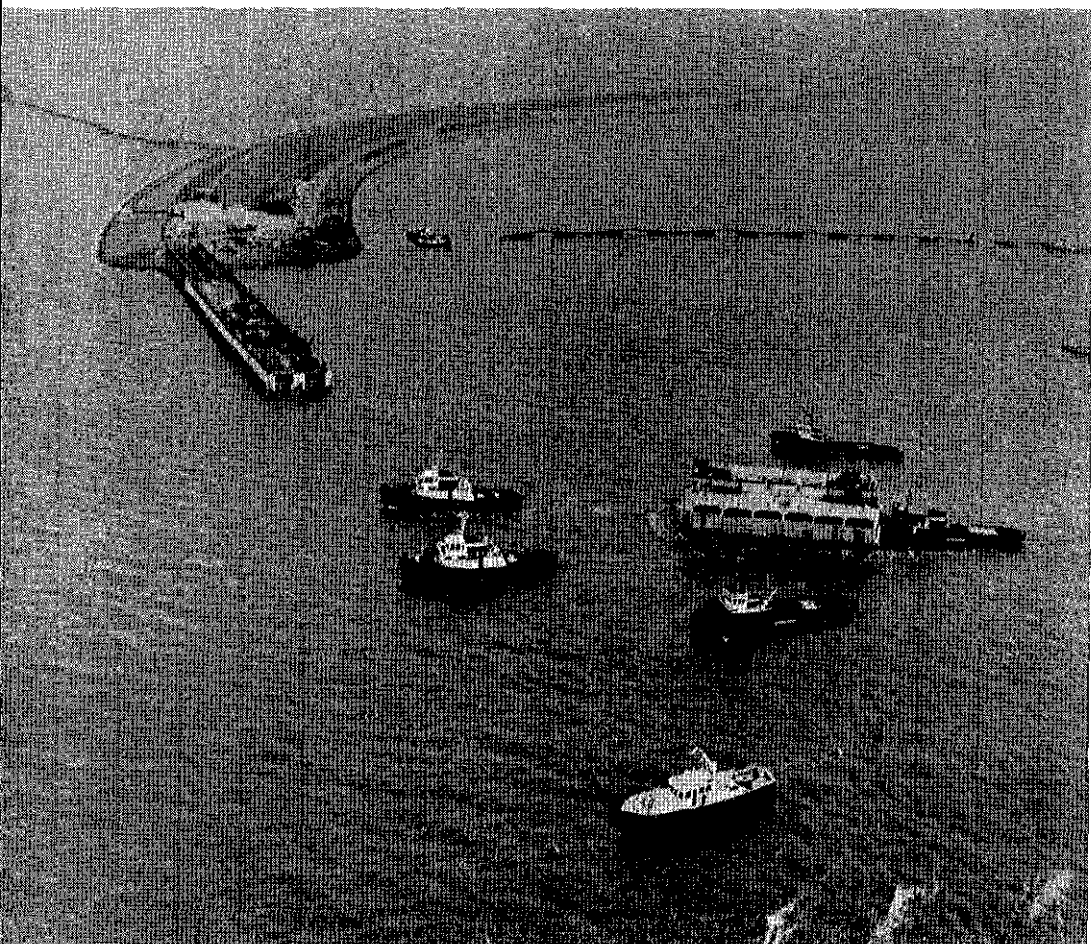
De onder- en bovenkleppen van de caissons in de Lauwerszee werden afzonderlijk gesloten

veel proeven in het Waterloopkundig Laboratorium uitgevoerd. Bij de sluiting van het Veersche Gat was steeds een hoek van de opvarende caisson verbonden met de overeenkomstige hoek van de laatst geplaatste caisson met behulp van een zogenaamde parkeerdraad, een ongeveer 200 m lange staaldraad, die tijdens het opvaren steeds werd ingehaald. Hoewel dit systeem bij het Veersche Gat goed had voldaan was er toch één bezwaar aan verbonden, en wel dat de parkeerdraad enkele malen was geknapt tengevolge van plotselinge spanningen tijdens het wachten op het afzwakken van de ebstroom. Hoewel de geleiding door de parkeerdraad het duidelijke voordeel bood dat de caisson zonder mankeren naar de goede positie werd gebracht van waaruit de sleepboten hem vervolgens tegen de afnemende ebstroom in, als een deur om een scharnier konden indraaien, zagen met name de slepers er erg tegen op tijdens de vele uren van het parkeren op te moeten passen dat de draad niet zou breken. Zij stelden, dat men een zo grote massa als een caisson nu eenmaal niet door middel van één enkele draad aan een vast punt moet verbinden, maar haar in bedwang moet houden met een aantal sleepboten die eventueel enkele meters door de caisson kunnen worden meegeleid en daardoor de massa op een soepele wijze kunnen afremmen. De oplossing werd uiteindelijk gevonden in de toepassing van een lier met krachtbegrenzer zoals eerder toegepast bij de sluiting van het Volkerak. De met behulp van een werplijn van de ene op de andere caisson overgebrachte draad bleek een belangrijke steun te zijn bij het 'zoeken van het scharnier' door de drijvende caissons, die op hun hoekpunten aan de Groninger zijde twee halfronde uitstulpingen hadden, terwijl zij aan de Friese zijde voorzien waren van in gewapend beton uitgevoerde kommen. In deze kommen waren stootfenders opgehangen, bestaande uit een hardhouten kern met daaromheen een bescherming van rubber en rijshout, die de aanvaarstoot in alle gevallen bijzonder fraai en soepel opvingen.

Tijdens het vormen van het scharnierpunt werden dan bovendien nog twee kruisdraden met werplijnen overgebracht die de naad tussen de vaste en drijvende caissons kruiselings overspanden en daarmee een extra steun leverden tegen eventueel dwarsuit wegdrijven van de caisson als hij eenmaal in de as lag. Overigens werd deze beweging ook voorkomen door de gewapend betonnen ribben tegen de eindwanden van de caissons, die zodanig werden ontworpen dat ze over en weer tussen elkaar vielen.

Een zekere factor vormde de afstand die de caissons in lengterichting ten opzichte van elkaar zouden houden. Geschat werd dat elke caisson ongeveer 50 cm van de verst vooruitstekende delen van de vorige caisson zou liggen, deels tengevolge van de fenders die de caisson op een zekere afstand hielden, deels door afdrijven tijdens het zinken. Het was echter geenszins zeker of deze maat zou worden bereikt en dit betekende, gezien het grote aantal te plaatsen caissons, een vrij grote onzekerheid over de uiteindelijke breedte van het gat waarin de laatste twee caissons zouden moeten worden geplaatst. Ook hier werd lering getrokken uit de ervaringen van het Volkerak. Daar had men namelijk hardhouten balken opgehangen tussen de beide caissons, waarlangs de drijvende caisson kon zinken. Met behulp van sleepboten werd de drijvende caisson tevens steeds vrij stevig tegen deze balken aangedrukt. Het systeem bleek bijzonder goed te voldoen. Afwijkingen in de lengterichting maar tevens in dwarsrichting, die ontstonden doordat de caisson bij het afzinken nog enigszins met de kop uit de as dreef, konden telkens worden gecorrigeerd door de dikte van de balken te variëren: een iets dikkere balk aan de Lauwerszezijde draait immers de kop van de nieuw te plaatsen caisson weer iets terug in de richting van de Waddenzee. De grootste afwijking in de lengterichting ten opzichte van de planning trad op bij de 9e caisson; ze bedroeg 94 cm. De grootste uitwijking uit de as werd gemeten bij de 14e caisson aan de Friese zijde: 128 cm. Al met al

De caissons die bij de H.W.-kentering zouden worden geplaatst, kregen extra hoge drijfschotten



was dit een resultaat, waarop met name de walkapitein die door minutieus manoeuvreren de caissons in de juiste positie bracht en tijdens het zinken hield, trots kon zijn, gezien de grote schaal waarop hier werd gewerkt en de soms moeilijke omstandigheden van stroom en weer.

Na het plaatsen van de eerste zes caissons waren de meeste kinderziekten wel overwonnen, maar nu kwam op 7 mei de zevende caisson die volgens plan bij hoogwater zou moeten worden gezonken.

Om op alle eventualiteiten voorbereid te zijn was besloten zeven caissons en de reserve-caisson zodanig in te richten, dat ze ook bij hoogwater zouden kunnen worden gezonken. De caissons waren hier oorspronkelijk niet op ontworpen en zonder bijzondere maatregelen zouden ze, indien afgezonken bij hoogwater, tijdens het zinken over de bovenzijde van de houten schotten water scheppen; een eenmaal opgetreden slagzij zou hierdoor worden versterkt, totdat de caisson onder een zeer grote slagzij met de zijkant de grond zou raken. Vervolgens zou hij door het binnenstromende water weliswaar weer recht worden gezet, maar op een flinke verplaatsing uit de as zou men dan toch wel moeten rekenen. Het zou zelfs lang niet uitgesloten zijn dat de ribben van de vaste en de zinkende caisson op deze wijze op elkaar klem zouden lopen. Allemaal redenen waarom de drijfschotten voor de acht hoogwatercaissons met een tweede serie drijfschotten werden verhoogd en bovendien ter vermijding van het stromen van water van bakboord naar stuurboord of andersom in de caissons van tijdelijke houten langswanden werden voorzien.

Bovendien werden in acht schotten per caisson stalen kleppen aangebracht die van bovenaf konden worden geopend of gesloten. Nog een ander probleem deed zich voor: wanneer de caisson bij het zinken enigszins uit de as zou drijven bestond de mogelijkheid dat naar voren uitstekende betondelen zouden komen te rusten op onderdelen van de staande caisson. Deze mogelijkheid bestond niet bij het laagwaterzinken, omdat de betreffende onderdelen dan langs elkaar zouden schuiven. Ook hiervoor werd een oplossing gevonden en wel door de hoogwatercaissons van te voren al ongeveer 1 m te laten zinken, terwijl ze door de sleepboten nog op enige afstand van de vaste caisson in de as werden vastgehouden. Deze manoeuvre bleek acht minuten te duren, maar ook bij het afzinken op de hoogwaterkentering verliep het in de as brengen van de caissons zo vlot, dat deze extra handeling nog ruimschoots kon worden uitgevoerd voordat het sein 'afsluiters open' werd gegeven.

Totdat de ervaringen met de zevende caisson, die werd afgezonken bij hoogwater, aanleiding gaven tot verandering, was steeds gewacht met het openen van de afsluiters tot vijf minuten voor de verwachte kentering. Bij vrijwel alle caissons had dit geleid tot een vrij langdurige periode van wachten, soms wel van twintig minuten, waarin de caisson op zijn plaats werd gehouden door de sleepboten. Het zinken vond dan plaats bij vrijwel stil water. Merkwaardig was het, dat het ogenblik van kentering in het nog brede sluitgat van plaats tot plaats kon verschillen. Het is zelfs voorgekomen dat aan de ene zijde van het sluitgat reeds vloed liep terwijl de kentering pas twintig minuten later aan de andere zijde optrad. Ook werd wel stroom gemeten in de richting van de sluitgatas, maar dit zal vermoedelijk wel het gevolg geweest zijn van de krachtige stromingen die door de vaak met volle kracht werkende schroeven van de sleepboten werden opgewekt. Het moment van de kentering werd daardoor wel enigszins onzeker.

Al tijdens verschillende plaatsingen was het vrij moeilijk gebleken het vrije einde van de caisson met behulp van twee ieder naar een kant trekkende sleepboten op zijn plaats te houden. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het niet wenselijk werd geacht sleepboten tegen de zijkanten van de caisson te laten duwen, teneinde te voorkomen dat de drijf-

schotten door plotselinge schokken zouden verschuiven en gaan lekken. Juist bij vrijwel stil water moesten de trekkrachten van de sleepboten elkaar volledig in evenwicht houden en dat bleek verscheidene malen moeilijk te verwezenlijken. Het gevolg was dat de caisson dan weer door de ene sleepboot naar buiten, dan weer door de andere naar binnen werd getrokken, zodat het min of meer een gok was of hij juist in de as van de drempel vast raakte. Ook bij de zevende, de hoogwatercaisson ging het zo; de beide sleepboten trokken beurtelings vrij krachtig aan soms plotseling onder spanning komende sleepdraden. Door deze bewegingen werden de losse stalen borgpennen, waarmee deze draden aan de caisson waren bevestigd, in hun lagers omhoog gewerkt totdat plotseling een van de pennen te ver omhoog was gekomen en losschoot, tot ieders grote schrik, in het bijzonder van de walkapitein. Gelukkig bleek de caisson reeds op de grond te staan en was er dus geen gevaar meer.

Ter voorkoming van verdere moeilijkheden werd toen een wijziging aangebracht in de procedure van het zinken. In het vervolg werden de caissons namelijk reeds tot zinken gebracht zodra de watersnelheid was teruggelopen tot 0,5 m/sec. De vrijwel konstante kracht die het water dan nog op de caisson uitoefende kon gemakkelijk door de stroomopwaarts liggende sleepboot in evenwicht worden gehouden, zodat de caisson tijdens het zinken vrijwel zuiver op dezelfde plaats bleef en aan de grond kwam. Het bovenverwachting slagen van de plaatsing bij hoogwater gaf met name voor de laatste week van de sluiting een veel grotere vrijheid in het programma: de zes laatste caissons konden nu zowel bij laagwater als bij hoogwater worden gezet. Zelfs zou het in noodgevallen mogelijk zijn meer kenteringen op één dag te gebruiken en de afsluiting zo zéér snel te doen verlopen. Nog sneller zou men het sluitgat dicht kunnen zetten wanneer men bovendien telkens twee caissons tegelijkertijd zou plaatsen. Het was ook daarom van belang zo spoedig mogelijk ervaring op te doen met het plaatsen van een gekoppelde eenheid.

Tijdens prachtig weer werd op 8 mei nog één enkele caisson geplaatst, maar ondertussen werd in de bouwput hard doorgewerkt om een gekoppelde eenheid tot stand te brengen. Voor het koppelsysteem waren vele oplossingen ontworpen, maar uiteindelijk werd het oorspronkelijke plan met koppeldraden over de gehele lengte van de beide caissons gekozen. Allerlei voorzorgen waren getroffen om breuk van deze zware kabels te voorkomen, onder andere het tussenschakelen van een zeer elastische nylonrekker, die het in noodgevallen als eerste zou begeven. Een tweede, parallel hiermee bevestigde, maar niet onder spanning staande nylonrekker zou dan de koppeldraden toch nog bij elkaar houden. De praktijk overtrof alle verwachtingen: de caissons bleven tijdens alle handelingen volledig als één stijve eenheid fungeren en de onderlinge bewegingen ter plaatse van de tussennaad waren uitermate gering. Enig gevaar voor het bezwijken van de koppeldraden, die tot 43 ton konden worden belast, bestond dan ook beslist niet. Ook het manoeuvreren met de gekoppelde caissons viel uitermate mee en tijdens het zinken, waarbij er voor werd zorggedragen dat de afsluiters op de beide caissons precies gelijktijdig werden opengedraaid, werd geen enkele moeilijkheid ondervonden. Het was alsof er met één caisson werd gewerkt.

De periode van 10–15 mei, waarin acht caissons werden geplaatst, kenmerkte zich door prachtig weer zonder veel golfslag, waarbij de stroom zich duidelijk in banen op het wateroppervlak aftekende. Het modelonderzoek had geleerd dat de laatste caissons het beste konden opvaren uit de parkeerpositie naar het scharnierpunt langs een vaarroute zoveel mogelijk in de beschutting van de geplaatste caissons. De walkapitein achtte het passeren van het nerengebied ongeveer in het verlengde van de kop van de laatst geplaatste caisson echter niet verantwoord. Heel duidelijk bleek wel hoezeer hij gelijk had

gehad toen één van de sleepboten, de 'Frankrijk', in zo'n draaikolk terecht kwam en plotseling achterstevoren naar de caisson werd toegedreven. In het vervolg werd daarom steeds de zwaardere vaarroute gekozen, waarbij de sleep nabij de caisson in de volle stroom door het laatste gat manoeuvreerde. Ook werd in deze dagen geprobeerd bij welke stroomsnelheden de verschillende handelingen nog zouden kunnen worden uitgevoerd. Bij hoe hoger stroomsnelheden men begon te manoeuvreren, hoe eerder de diverse handelingen zouden zijn uitgevoerd en hoe meer tijd er over zou blijven voor het zuiver in de as plaatsen en tot zinken brengen van de laatste caisson. Een merkwaardig verschil bleek er steeds opnieuw te bestaan tussen het plaatsen van caissons aan de Friese en aan de Groninger zijde; aan de Friese zijde ging het indraaien ten gevolge van een gunstiger stroomrichting steeds gemakkelijker dan aan de Groninger zijde, terwijl bij hoogwaterzinkingen het tegenovergestelde het geval bleek te zijn.

Na het plaatsen van de veertiende caisson werden voor het eerst ontgrondingen van de zandbodem naast de drempel geconstateerd hoewel die al veel eerder verwacht waren. Over een vrij kleine oppervlakte ten noorden van de drempel werd een verdieping van ongeveer 1,50 m gemeten. Aan dit gunstige resultaat had zonder twijfel het feit meegewerkt dat men steeds bij ebstroom de uitwateringssluizen had opengezet. Het weer bleef fraai, en het liet zich aanzien dat de sluiting verder van een leien dakje zou lopen. Nog tweemaal zou de natuur echter terug slaan.

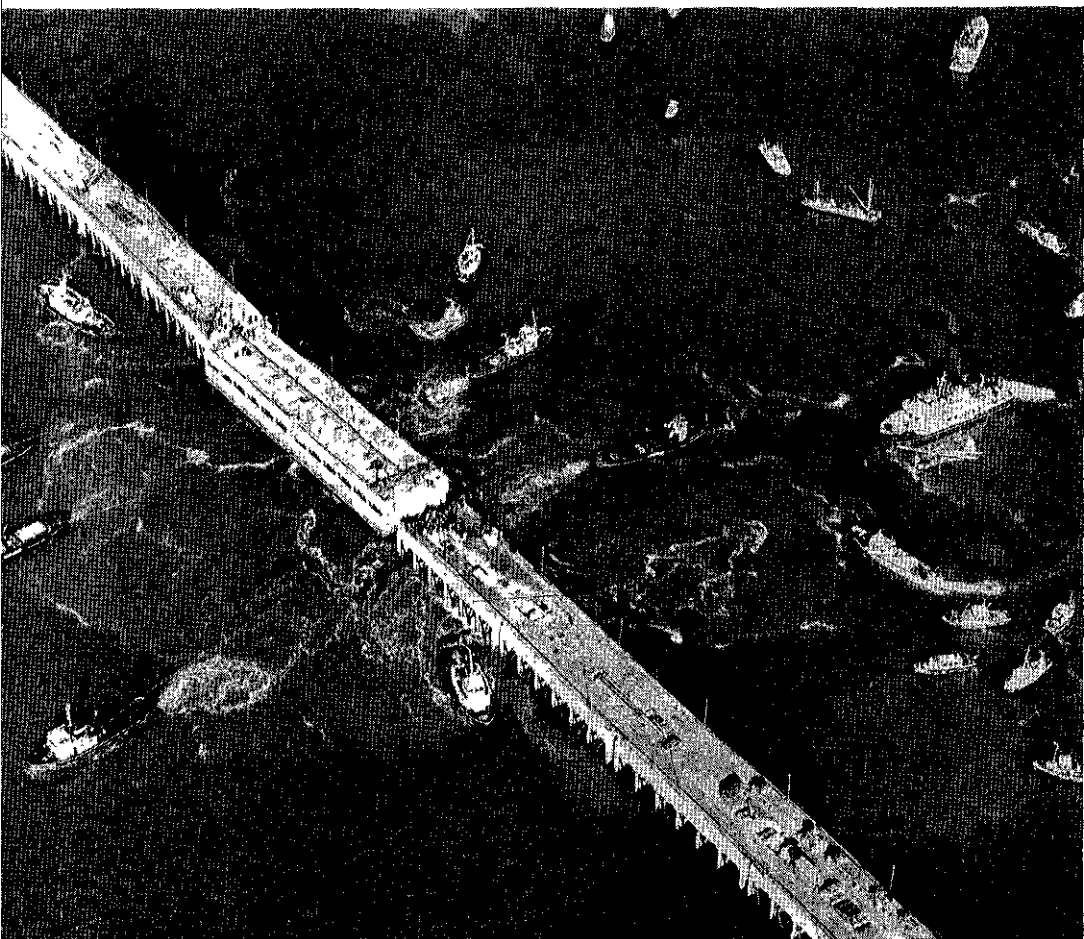
Vrijdagmorgen 16 mei voer de zeventiende caisson de bouwput uit. Er stond een krachtige wind, 6 Beaufort, uit zuidwestelijke richting. De weersvoorspelling was gunstig en meldde afnemende wind. Daarvan was tijdens het parkeren echter geen sprake: het begon steeds harder te waaien en de walkapitein achtte de toestand van de caisson aan de noordzijde van het sluitgat zo kritiek dat hij een plaatsing nauwelijks meer verantwoord achtte. Toen er een herzien weerbericht kwam waarin nog verder toenemende wind werd voorspeld, werd kort en goed besloten de caisson weer via het Nieuwe Robbengat tegen de nog niet sterk ontwikkelde ebstroom in naar de bouwput terug te brengen. Nu volgden enkele uitermate spannende ogenblikken. Extra sleepboten werden ingeschakeld en met de steeds harder wordende wind schuin achter werd zo snel mogelijk naar de bouwput gevaren. Inmiddels was er een stormwaarschuwing voor harde zuidwestelijke wind uitgegeven. Op het ogenblik dat de sleep de 80 m brede monding van de bouwput binnenvoer was de stroom in het Nieuwe Robbengat al tot ruim 1 m/sec. opgelopen. Langs de steiger lag alweer een volgende caisson klaar om opgetuigd te worden en de manoeuvreerruimte werd daardoor uitermate beperkt. Ondanks al deze moeilijkheden zag walkapitein Blonk in het volgende kwartiertje kans de caisson feilloos tegen de steiger te meren.

Het programma moest nu vanzelfsprekend weer worden gewijzigd: de zondag, die als rust- en tevens reservedag was opgenomen, werd nu bestemd voor een plaatsing.

Op 19 mei verslechterde het weer wederom, nadat de caisson al op de parkeerplaats was gearriveerd. Na ongeveer drie kwartier was de golfbeweging zo heftig geworden, dat de walkapitein besloot de caisson aan de Lauwerszeezijde in de luwte van de geplaatste caissons te laten wachten. Het was een fantastisch gezicht hoe de uit het noordwesten komende golven plotseling in hun vaart werden gestuit door de felle ebstroom door het sluitgat. Op ongeveer 30 m ten noorden van het sluitgat was de stroom te sterk voor de golven; daar braken ze, onmachtig verder naar het zuiden door te dringen. Het sluitgatgebied was daardoor opvallend rustig, en dit was een gunstige omstandigheid voor het plaatsen van de caisson. Besloten werd toch tot plaatsing over te gaan, ondanks de af en toe stormachtige wind.

Onder invloed van de storm werd in plaats van het voorspelde laagwater van N.A.P. –

Het indraaien van de laatste twee, aan elkaar gekoppelde, caissons



1,50 m, een laagwater van N.A.P. - 0,75 m verwacht. Dit betekende dat de caisson zou moeten zinken over een diepte van ongeveer 2,15 m. De hoogte van de drijfschotten was hierop niet berekend: verwacht moest worden dat de caisson over ongeveer 1 m min of meer rechtstandig zou zinken en vervolgens naar de Lauwerszeezijde gaan overhellen, totdat hij de grond raakte. Tijdens het scheefgaan zou het water over de drijfschotten aan de lage zijde heen stromen, en daarmee de slagzij nog verder vergroten. Met behulp van de sleepboten werd de caisson in redelijk kalm water prachtig op zijn plaats gemanoevreerd; na enig zinken viel hij inderdaad scheef: de op het dek opgestelde hellingmeter registreerde een slagzij van ongeveer 9°. Daarna zakte de caisson heel snel weer recht en kwam keurig op zijn plaats. Tien minuten voor de kentering, die overigens tengevolge van de grote opwaaiing bijna een uur later dan de voorspelling kwam, was het gebeurd. Zonder twiifel zal deze plaatsing alle aanwezigen als de meest spectaculaire nog lang in herinnering blijven. Hoofdzakelijk tengevolge van de sterk ontwikkelde stromen in de periode met grote opwaaiing aan het eind van het springtij van 15 tot en met 20 mei was de ontgronding ten noorden van de sluitgatbezinking verder uitgebreid. De grootste verdieping bedroeg ongeveer 8 m, wat niet onrustbarend werd geacht. Bij de dagelijkse peilingen bleek telkens weer dat de kopeffecten de belangrijkste oorzaak van de ontgrondingen waren.

Vooraf met het oog op de nodige rust voor het personeel is het plaatsingsprogramma van de laatste week ingrijpend veranderd. De plaatsingen bij laagwater op 19 en 20 mei waren al in de avonduren gezet om het vermoeiende parkeren gedurende 6 uren daaraan voorafgaand overdag te kunnen doorbrengen. De caissons van 21 en 22 mei werden bij het hoogwater omstreeks de middaguren geplaatst.

De laatste caisson werd afgezonken op 23 mei. Om 2 uur 's nachts voer het konvooi de lege bouwput uit. 50 minuten later lagen de twee gekoppelde caissons op de wachtplaats. De voor de kleurentelevisie van een meniekleur voorziene bovenbakken begonnen bij het eerste ochtendgloren juist zichtbaar te worden. Nog met een vrij felle ebstroom werden de caissons al in de as van het sluitgat gedraaid. Daarna werden zij met behulp van lieren en sleepboten zodanig in de laatste opening gemanoevreerd, dat aan weerszijden ongeveer gelijke naadopeningen overbleven.

Slechts enkelen van de bij deze laatste plaatsing aanwezige duizenden - ook Hare Majesteit de Koningin was bij de plaatsing aanwezig - hebben gezien dat succes en fiasco ook hier weer ontstellend dicht bij elkaar lagen. Wat was namelijk het geval? Een van de stalen kleppen in een drijfschot was tijdens het opvaren gaan lekken. Hoewel de lekkage snel kon worden verholpen, was er niettemin een vrij grote hoeveelheid water in de caisson gekomen, waardoor de gehele gekoppelde eenheid overhelde naar de hoek van het scharnierpunt. Vermoedelijk was dit de oorzaak dat de caissoneenheid bij het opvaren naar het scharnierpunt verschillende onverwachte bewegingen maakte, die telkens met enige moeite weer door de sleepboten konden worden gecorrigeerd. Op een bepaald ogenblik schoof de drijvende caisson het sluitgat in. Angstig dicht naderde het buiten de caisson uitstekende drijfschot een van de ribben van de staande caisson aan de Friese zijde. Bij een aanvaring zou het beslist niet uitgesloten zijn geweest, dat het bewuste drijfschot zou zijn losgelaten. Dan zou de caisson onmiddellijk gezonken zijn, terwijl hij nog dwars op de drempel lag. Gelukkig begonnen de bovenstroomse sleepboten toen de afstand nog slechts twintig centimeter was, iets minder hard te trekken en zakte het konvooi met de stroom mee weer naar een veilige ligging!

14 minuten voor de oorspronkelijk verwachte kentering gingen de afsluiters open voor het zinken, maar de stroom in het sluitgat vertoonde plotseling een heel vreemd verschijnsel, de ebstroom verminderde plotseling en even later trad de kentering al op.

Gezien de zinktijd van ongeveer vijf minuten bleek dit geen bezwaar, maar de waterlooptkundigen, die in het studiecentrum op Lauwersoog de operatie radiografisch begeleidden, waren ten hoogste bevreemd. Bij alle vorige plaatsingen was het steeds mogelijk geweest de caisson tijdig op de hoogte te houden van de te verwachten wijziging in het moment van de kentering. Juist bij de belangrijkste plaatsing klopte de voorspelling van dit uitermate belangrijke gegeven in het geheel niet. Achteraf is dit vreemde verschijnsel als volgt verklaard. De uitwateringssluizen waren tijdens de ebperiode steeds geopend. Zij lieten bij de laatste plaatsing het water in het laatste stadium van de eb zo goed door, dat zelfs de toevoer uit de hoofdgeul van de Lauwerszee, het Vaarwater naar Oostmahorn, naar de sluizen trok. Men vermoedt nu, dat het zelfs in een bepaald stadium van de eb is voorgekomen dat het water van buiten naar binnen door de caissons van het sluitgat naar de uitwateringssluizen toe is getrokken. Deze pseudo-vloed was waarschijnlijk de oorzaak van de versnelde kentering.

Nog was de Lauwerszee niet afgesloten, al werden overal de vlaggen gehesen en bebonden in de streek rondom de Lauwerszee uitgebreide festiviteiten. Op zaterdag 24 mei werden alle steenstortingen voltooid langs de buitenzijde van de caissons en in de naden. De onderkleppen waren tijdens de eb in de middaguren neergelaten en het wachten was nu op de automatische vergrendeling van de kleppen. Het neerlaten was bijzonder eenvoudig gebleken: met een sliphak kon de ophangkabel aan de onderkleppen worden losgegooid en de klep kwam dan met een zachte dreun neer in het snel door de caissons stromende water. Eén sliphak bleek te zijn vastgeroest, hier moest men de ophangdraad doorbranden.

Dreunende geluiden onderin de caissons gaven in de avonduren te kennen, dat de grendels van de kleppen tijdens de laagwaterkentering in de aanslagen kwamen. Snel werd door verschillende ploegen gecontroleerd of alle driehonderd grendels – twee per klep – zover waren gezakt, dat zij inderdaad vast op de aanleg zaten. Slechts bij enkele kleppen bleek dat aanvankelijk niet het geval te zijn. De druk naar binnen werd echter steeds groter en de een na de ander sloten ook de laatste kleppen zich. Van één klep is de grendel vermoedelijk enigszins klem geraakt en pas nadat deze klep om 23.07 uur door een dragline nog even was opgetild, werd hij vast in de aanslag gedrukt. Hiermee was de afsluiting min of meer voltooid. Met de onderkleppen waren ook 84 bovenkleppen dichtgezet. Het water kon nu bij opkomende vloed over de 66 middelste onderkleppen toch weer de Lauwerszee binnentrekken. Ongeveer te middernacht begon het vullen van de Lauwerszee. 's Morgens om 8 uur de 25e mei was de toekomstige stand op de Lauwerszeeboezem bereikt. De laatste 66 bovenkleppen werden gesloten en te 9.23 uur was de afsluiting volledig.

Inmiddels was de vorige avond onmiddellijk na het neerlaten van de onderkleppen begonnen met zandsputten. In continubedrijf gedurende bijna 14 dagen werd de voet van de caissons over de gehele lengte volledig in het zand gepakt. Nog vóór de bouwvakvakantie zullen de caissons zover in het zandlichaam zijn opgenomen, dat ook de kleinere lekkages verdreven zijn. Spoedig zal het sluitgat zich uiterlijk in niets meer onderscheiden van de rest van de afsluitdijk van de Lauwerszee.

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

Opruiming van de bouwput en beëindiging van de stortebedden

De kwadranten van de bouwput werden verder onder profiel gebaggerd; er kwam 515 000 m³ zand vrij, dat werd geklapt in het Rak van Scheelhoek. Ter completering van de stortebedden werd er 8500 m² zinkstuk op gelegd, afgestort met 4000 ton steen. Het werk werd sterk vertraagd doordat enkele zinkstukken van het be-loop afgleden.

Afsluiting van het Noord-Pampus; aanleg van de buitenhaven

Het westelijk plateau, dat voor een deel werd opgeperst met zand uit de toelidingsgeul tot de uitwateringssluizen aan de zeezijde, kwam begin mei gereed. Het weglichaam voor de toekomstige hoofdweg, het oostelijk plateau en de westelijke havendam werden verder opgeperst. Het zand werd uit de rivier gewonnen door de zandzuiger 'Bergambacht', en door de perszuiger 'Ammerstol' in het werk geperst.

Voor de bouw van de westelijke havendam werden mijnsteenkaden aange-

bracht, geprofileerd en verdedigd met kraagstukken. Eind juni was men gereed met het opspuiten van het zand voor deze dam, zodat kon worden begonnen met profileren. In de buitenhaven werd voortgegaan met het aanbrengen van kraagstukken en het zetten van glooiingen. Aan de zeezijde van de havendam is men begonnen een teenverdediging aan te brengen, in de vorm van een asfaltslab.

Aan de noordzijde van het westelijk plateau werd zware stortsteen op de glooiing geschikt. Daarboven werd een koffer van lichtere steen aangebracht, en gepenetreerd met gietasfalt. Het dijklichaam werd geprofileerd en met asfaltbeton bekleed. Op het zuidelijk haventerrein kwam men met de waterkering gereed. Men werkt verder aan de teenconstructie en de azobé-damwand.

Begin mei werd een asfaltinstallatie aangevoerd.

De cutterzuiger 'Linge' zette aanvankelijk het werk voort aan de ontgraving van de buitenhaven. De vrijkomende specie werd geperst in een stort ten zuiden van de vissershaven. Begin april kwam de 'Linge' met zijn werk klaar, en werd vervangen door de baggermolen 'Rocker'. De specie van deze baggermolen werd in het Haringvliet geklapt.

Uitbreiding van de binnenhaven

De haven werd verder op diepte gebracht. Langs de noordwestelijke oever is de reeds bestaande loswal met 57 m verlengd, met behulp van stalen damwand van 12 m lengte. Op een gedeelte van de drainagelaag, de betonsloof en de bestrating na, is dit deel van het werk voltooid.

De taluds in het verlengde van de loswal en in de insteekhaven zijn over een lengte van 350 m afgewerkt.

Bodembescherming in het Rak van Scheelhoek

Het opklappen van de drempel en de bezinking kwamen in de verslagperiode ge-

reed. Nadat de zandzuiger 'M. C. Vaarwater' 113 000 m³ zand had geklapt in de drempel, werd hij afgevoerd. Daarna werd nog 461 000 m³ zand in het werk geklapt dat afkomstig was van de kwadranten van de bouwput van de uitwateringsluizen. Op 85 000 m² zinkstuk die het geklapte zand afdekten werd 77 000 ton steen gestort.

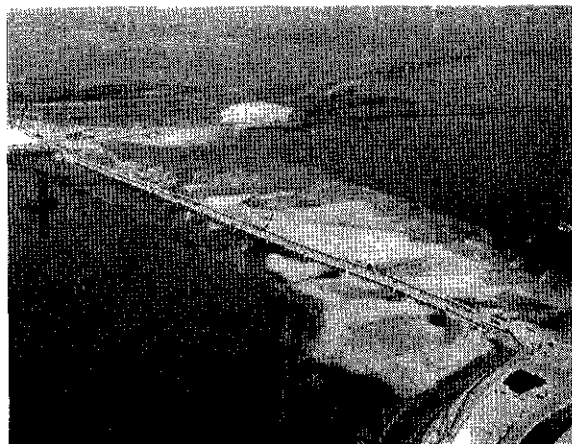
De filterconstructie rondom de zuidelijke pyloon kwam gereed; er werd 9500 ton grind in verwerkt. Over de gehele drempel wordt thans een steenkorst aangebracht

Vervaardiging van betonblokken voor de sluiting van het Rak van Scheelhoek

De fabricage van 48 000 betonblokken in Oosterhout en 70 000 betonblokken in Stellendam is in volle gang. De in Oosterhout vervaardigde blokken worden door vrachtauto's met aanhangwagens naar het depot op het plateau van Voorne gereden, en daar in klezoorverband vijfhoog opgestapeld. Tot op heden zijn 23 000 blokken vervaardigd.

Op een werkterrein aan de werkhaven te Hellevoetsluis zal een dezer dagen worden begonnen met de fabricage van 22 000 betonblokken.

Stand van het zandbedrijf in het Volkerak op 4 juli 1967



Volkerak

Herstel van de ringdijk van de bouwput voor de caissons

Na de sluiting van het Volkerak werd de doorgraving van de ringdijk van de bouwput voor de caissons weer aangevuld. Daartoe werd door de zandzuiger 'IJmuiden 11' zand gewonnen op de rivier dat vervolgens met onderlossers werd geklapt in het tracé van de ringdijk. Toen het peil van N.A.P. - 1,50 m was bereikt werd de rest van het zand per auto uit het depot aangevoerd. Op dinsdag 17 juni werd de ringdijk bij L.W. gesloten, waarna men de verdere opbouw van het dijklichaam ter hand heeft genomen.

De afsluitdam in het Volkerak

In de periode van 8-25 april 1969 werden veertien caissons afgezonken in het sluitgat in de Volkerakdam. Een uitgebreid verslag daarvan is elders in dit Driemaandelijks Bericht opgenomen. Op 28 april werden de schuiven van de twaalf doorlaatcaissons neergelaten. Diezelfde dag werd een aanvang gemaakt met het persen van zand. De zuigers 'Queen of Holland', 'Concorde' en 'Versde' hebben inmiddels in een periode van 6 weken al 3 000 000 m³ zand tegen de caissons gespoten.

Deurenbergplaats met loswal en uitzichtplateau nabij het sluisencomplex

Op 14 januari 1969 is de aannemer, de n.v. Aannemersbedrijf v/h van Dongen en van Hoven begonnen met de uitvoering van dit werk. De aannemingsom bedraagt f 1 038 000,-. Het heiwerk voor de deurenbergplaats en voor het uitzichtplateau is voltooid. Ook de vloer en een gedeelte van de opbouw van het uitzichtplateau zijn gereed gekomen. De bekisting van de vloer van de deurenbergplaats wordt uitgevoerd als hangconstructie, rustend op over de palen aangebrachte beugels. Medio juli zal de vloer worden gestort.

Uitbreiding van de wachtplaatsen in de voorhavens

Na de ingebruikneming van de Volkeraksluizen bleek dat de bestaande wachtplaatsen uitbreiding vereisten. De uitbreiding werd voor een bedrag van f 1 846 624,— opgedragen aan Mannesmann Nederland N.V. te Rotterdam.

De aannemer is inmiddels in de noordelijke voorhaven begonnen met het heien van betonpalen voor de betonnen loopbruggen naar de dukdalven.

Brouwershavensche Gat

Bodembescherming in de zuidelijke stroomgeul

In de verslagperiode werden de laatste zinkstukken ter bescherming van de laag fijn grind gezonken en werd de nabestorting voltooid. De bodembescherming van de stroomgeul is thans gereed. In totaal werden verwerkt: 266 000 m² zinkstukken, waarvan 49 000 m² met een zanddichte zool; 38 000 ton asfaltmestiek; 75 000 ton stortsteen 10/60 kg; 145 000 ton stortsteen 60/300 kg en 92 000 ton grind.

Werk- en opslagterrein bij West-Repert

Bijna de gehele oppervlakte van het opslagterrein is thans met cement gestabiliseerd. Het nog resterende gedeelte ter plaatse van de onderbouw van het zuidelijk kabelbaangedeelte zal na het gereedkomen van die onderbouw in het najaar worden afgewerkt. De belopen en sloten werden definitief onder profiel gebracht, doch pas in het najaar zal er gras worden ingezaaid.

De omgelegde Rampweg met bijbehorende parkeerterreinen kwam eind juni gereed en kon vóór het begin van het toeristenseizoen worden opengesteld.

Werkweg tussen Schelphoek en West-Repert

Met de aanleg van de werkweg werd in mei begonnen. Het werk wordt uitge-

voerd door de Aannemings Maatschappij 'Schouwen-Duiveland' te Zierikzee onder directie van het Arrondissement Goes van de Rijkswaterstaat in de Directie Zee-land. Het grondwerk is in volle uitvoering; een gedeelte van de wegverharding is al gereed.

Fundering van de kabelbaan

De zuidelijke oeverpyloon kwam gereed; van de noordelijke pyloon moet het bovengedeelte nog worden aangebracht. Op de Middelpaalt kwam het betonwerk van sloven en kabelverankering tot maatveldhoogte klaar; tevens werd een zevental jukken vervaardigd. Eind juni kon de tunnel in de omgelegde Rampweg voor het verkeer worden opengesteld.

Damvak Springersdiep

Begin april is men met het werk begonnen door een gedeelte van de bezinking met nabestorting onder de te maken havendammen aan te brengen. Enkele zinkstukken voor de verdediging van de damkop werden al vervaardigd, en tijdelijk opgeslagen in de werkhaven Den Osse.

Na aanvankelijk stagnaties ondervonden te hebben als gevolg van het slechte weer, begon de profielzuiger 'Edax' op 27 mei in volcontinu-bedrijf (dat wil zeggen 168 uur per week) zand te persen in het damvak. Nadat de cutterzuiger 'H.A.M. 207' al bij het stellen was uitgevallen wegens het breken van een spudpaal, werd op 10 juni de cutterzuiger 'Slidrecht XVII' ingezet, eveneens in volcontinu-bedrijf.

De stroomgeul die het damvak moet kruisen is nagenoeg gesloten. In de verslagperiode werd bij benadering 1 500 000 m³ zand in het werk gebracht.

De mijnsteen voor de teenkaden werd deels geklapt en overigens uit elevatorbakken gelost op auto's en verder in de kaden uitgereden. Reeds werd 40 000 ton mijnsteen verwerkt in kaden en als vuling van de eenheidsscaissons. Het uit drie

eenheidscaissons bestaande landhoofd bij de kop van de dam en de uit eenheidscaissons samengestelde loswallen zijn gereed gekomen.

Een begin werd gemaakt met de aanleg van de twee havendammen, samengesteld uit stortsteen 60/300 kg, stortsteen 300/1000 kg en mijnsteen. Deze materialen werden met drijvende kranen uit depots of aanvoerschepen geladen in elevatorkassen en met drijvende kranen in het werk gebracht.

In de verslagperiode werd 50 000 ton steen 10/60 kg, 27 000 ton steen 300/1000 kg en 125 000 ton mijnsteen aangevoerd. De materialen werden deels direct verwerkt en deels opgeslagen in waterdepots.

Bouw van de doorlaatcaissons

Van alle twaalf doorlaatcaissons kwamen de vloeren gereed. Van vijf caissons kwam het tweede stort gereed; van één caisson werden de kolommen al gestort. De bekisting van de kopwanden van twee caissons is geheel gereed. Begonnen is met het maken van de bekisting voor de bovenregels van de dwarsspanen. Van zeven caissons zijn de diagonaalverbanden gesteld en van zes caissons de schuifgeleidingen. De vloer en het tweede stort van de beide landhoofdcaissons kwamen gereed. Begonnen is met het maken en stellen van de bekisting voor het derde stort.

Voortgegaan werd met het aanbrengen van de filterglooiing op de taluds van de bouwput.

Oosterschelde

Werkhaven Schelphoek

Ten behoeve van de werkzaamheden in de Oosterschelde werden in de verslagperiode de volgende materialen aangevoerd en in depots opgeslagen of verwerkt: 97 000 ton Belgische mijnsteen, 30 000 ton Duitse mijnsteen, 108 000 bossen rijshout, 68 000 m² filterdoek, 45 000 ton grind tout venant.

Verder werden langs de taluds van de havenkom 21 opzetstukken voor eenheidscaissons opgeslagen.

Naast de werkhaven is een zate van asfaltbeton gemaakt waarop zinkstukken met een zanddichte zool en klassieke kraagstukken gemaakt worden voor het werkeiland op de Roggenplaat. Bij het glad maken van het oppervlak van de zate werden enige moeilijkheden onderhouden.

De oeververdediging van Noord-Beveland

In mei werden de werkzaamheden ten behoeve van de oeververdediging van Noord-Beveland hervat. Begonnen werd met het storten van fosforslakken met behulp van een afmeerpontoon en drie onderlossers. De slakken worden per vrachtauto vanaf de fabriek te Vlissingen-Oost naar de werkhaven 'Sophiapolder' vervoerd en aldaar van de loswal in onderlossers geladen.

Werkhaven Sophiapolder

De werkzaamheden kwamen in deze verslagperiode gereed. Het werk werd op 16 mei voor de eerste maal opgeleverd.

Werkeiland op de Roggenplaat in de mond van de Oosterschelde

Op 17 april werd het werk gegund aan de N.V. Aanneming Maatschappij 'Dijkbouw'. Op 30 april daaraanvolgend werd het eerste zinkstuk ter plaatse van de aanzet van de schermdam aan de zuidoosthoek van het eiland gezonken.

Het werk bestaat voornamelijk uit het aanbrengen van de randbezinking rondom het eiland, en vervolgens de opbouw van de mijnsteen- en zandasfaltkaden vanaf N.A.P. - 6 à 7 m tot N.A.P. en het daarachter persen van zand.

In de aanloopperiode, tot 1 juni, werden

ken, 5000 m² klassieke stukken en 150 000 40 000 ton mijnsteen, 22 000 m² zoolstukken, 5000 m² klassieke stukken en 150 000 m³ zand.

Het werk werd uitgevoerd met behulp van vier zandzuigers, dertien onderlosers, elf sleepboten, zes vloten, vier drijvende kranen, twee steenstarters, twee afmeerpontons en een baggermolen.

Om de verwerkbaarheid van zandasfalt onder water te beproeven zou aan de noordzijde van het werkeiland 700 m zandasfaltkade worden gemaakt, terwijl overigens overal mijnsteenkaden werden opgebouwd. Het zandasfalt zou worden aangebracht door het asfaltschip 'Jan Heymans'. In totaal zou 75 000 ton zandasfalt, bestaande uit 96% zand en 4% bitumen, verwerkt worden. Op 14 april werd de 'Jan Heymans' aangevoerd. Daar de capaciteit van de droogtrommels niet tot de vereiste hoogte bleek te kunnen worden opgevoerd, werd slechts 32 000 ton zandasfalt geproduceerd en in de kaden verwerkt. Uit deze proef kwam evenwel naar voren dat het mogelijk is in stromend water van een diepte van N.A.P. - 6 m af tot een hoogte van N.A.P. - 0,5 m zandasfaltkaden met een taludhelling van 1 : 4 aan de buiten- en 1 : 2 aan de binnenzijde op te bouwen. Op 25 juni moest de 'Jan Heymans' worden afgevoerd om bij de Volkerakwerken te worden ingezet voor het verrichten van een andere proef, het maken van zandasfaltkaden boven water.

Eenhedscaissons voor de afsluitingswerken in het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde

Van de 30 in totaal gemaakte caissons werden de laatste zes naar het Veerse Meer versleept en daar opgeslagen. Dertien opzetstukken gingen bij het transport naar de opslagplaats verloren doordat de transportbak kapseide. Er werden dertien nieuwe vervaardigd. Van de

28 gemaakte opzetstukken werden er 27 in de werkhaven Schelphoek opgeslagen en één in de werkhaven te Bruinisse. Het werk werd op 23 mei 1969 voltooid opgeleverd.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

In de periode van 21 april tot en met 23 mei werden de 25 caissons voor de afsluiting van de Lauwerszee geplaatst. De reserve-caisson en de eenheidscaissons voor noodgevallen behoeften gelukkig niet te worden gebruikt. Van de caissons werd het overgrote deel bij laagwaterkentering geplaatst; 5 stuks werden bij hoogwaterkentering aan de grond gezet. Viermaal werden twee gekoppelde caissons gelijktijdig neergezet, waaronder ook de beide laatste. Op 24 en 25 mei werden de kleppen in de caissons gesloten, waarbij het door manipuleren met de bovenkleppen mogelijk bleek de Lauwerszeeboezem op het gewenste peil te brengen.

Op 24 mei werd begonnen met het spuiten van zand en aan het eind van de verslagperiode was 2 000 000 m³ zand verwerkt. De caissons zijn nu gemiddeld tot het peil van N.A.P. aan weerszijden in het zandlichaam opgenomen. Reeds is een aanvang gemaakt met het opspuiten van het dijklichaam boven water, waardoor de caissons binnenkort onder het zand zullen verdwijnen. Tevens is een aanvang gemaakt met het maken van de glooiingen.

Op uitgebreide schaal worden voorbereidingen getroffen om diverse werken in en rondom het Lauwerszeegebied ter hand te gaan nemen. Onder andere zijn nog vlak voor de sluiting vele greppels in de landaanwinningsgebieden uitgegraven om een betere ontziltling te verkrijgen, terwijl na de sluiting de eerste maatregelen tegen verstuiven van de grote zandvlakten zijn getroffen.

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

Nummer van de overeenkomst	Datum	Omschrijving
DED 1072	14 maart 1969	Het verrichten van het onderhoud en de reparatie van de 'Delta-chain' met bijbehorende ontvangst- en controleapparatuur van de Rijkswaterstaat
DED 1084	27 januari 1969	Het maken van een geul door de Plaat van Maltha, het doorgraven van een gedeelte van de ringdijk van de bouwput voor de caissons en het weer aanvullen van deze doorgraving in de gemeente Willemstad
DED 1092	27 maart 1969	Het afsluiten van het Noord-Pampus, het maken van een buitenhaven bij de schutsluis in het Haringvliet en het maken van de grondlichamen voor de wegen tussen de spuisluis en de schutsluis
DED 1100	27 maart 1969	Het maken van een gedeelte van een binnenhaven nabij de schutsluis in de afsluiting van het Haringvliet, in de gemeente Goedereede
DED 1105	6 januari 1969	Het lossen en opschelven van rijsmaterialen in de omgeving van Den Osse
DED 1109	30 januari 1969	Het leveren en monteren van een centrale verwarming oliestookinstallatie in elk van de twee te bouwen dienstwoningen nabij de schutsluis in het Haringvliet te Stellendam
DED 1112	6 januari 1969	Het lossen en opschelven van rijsmaterialen in de werkhaven Schelphoek
DED 1113	19 maart 1969	Het onderhouden van beplantingen op het gras-gewas en het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, steigers en meergelegenheden op en langs terreinen behorende tot de afdeling Afsluitingswerken Noord van de Deltadiens, in de gemeenten Hellevoetsluis, Goedereede en Dirksland in het jaar 1969
DED 1121	8 april 1969	Het leveren van polyetheen weefsel ten behoeve van de stortebedden in het Haringvliet
DED 1128	26 maart 1969	Het lossen en opschelven van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1164	25 maart 1969	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1165	19 maart 1969	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
DED 1166	19 maart 1969	Het leveren van rijsmaterialen te Willemstad
BR 4573	3 december 1968	Het verhuren van gasturbines ten behoeve van de automoteurs voor de kabelbaan over het Brouwershavensche Gat
BR 4677	26 november 1968	Het vervaardigen en leveren van vergrendelingen voor drijfschotten ten behoeve van de doorlaatcaissons voor het Brouwershavensche Gat

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

Nummers van de Overeenkomst	dienst	Omschrijving
DED 1114	1969/1970	Het vervaardigen en in depot afleveren van betonblokken voor het sluitgat 'Rak van Schoelhoeke' van de Haringvlietdam onder de gemeenten Goedereede en Hellevoetsluis, in twee percelen of in massa
DED 1116	1969	Het uitvoeren van baggerwerk in de werkhaven te Hellevoetsluis en in de binnenhaven voor de schutsluis in het Haringvliet in het jaar 1969
DED 1117	1969	Het onderhouden van beplantingen en het gras-gewas, alsmede het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, bermen, steigers en meergelegenheden op en langs de terreinen van de werkhaven, de toegangswegen tot het sluisencomplex en de in uitvoering zijnde afsluitingswerken van het Volkerak en de in eigendom van het Rijk zijnde terreinen van de voormalige buitopolder Maltha, in de gemeenten Willemstad, Fijnaart en Heiningen
DED 1118	1969	Het herstellen van oeververdedigingen langs de oevers van het Veerse Meer, met bijkomende werken, in de gemeente Wissenkerke
DED 1129	1969/1970	Het maken van het werkeiland Roggenplaat met bijkomende werken in de Ooster-schelde onder de gemeenten Westerschouwen en Veere

werken gesloten overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer(s)
f 55 000,— per jaar	Internationale Navigatie Apparaten N.V. te Amsterdam
f 1 243 300,—	Aannemerscombinatie 'Willemstad' te Hardinxveld
f 33 717 920,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
f 1 083 920,—	Deltacombinatie v.o.f. te Hellevoetsluis
eenheidsprijzen	Aannemerscombinatie Zinkwerken te Gorinchem
f 12 100	Deerns Verwarmingsmaatschappij N.V. te Rotterdam
eenheidsprijzen	Aannemerscombinatie Zinkwerken te Gorinchem
f 123 400,—	Firma S. L. Kranenburg te Oudenhorn
eenheidsprijzen	Nicolon N.V. te Enschede
eenheidsprijzen	P. C. Klein te Willemstad
eenheidsprijzen	Gebr. v. Noordenne te Hardinxveld-Giessendam
eenheidsprijzen	Fa. G. v. Weverwijk & Zn te Zijdeveld
eenheidsprijzen	N.V. W. v. Wijngaarden te Sliedrecht
verrekenprijzen	M.A.N. Turbo G.m.b.H. te München-Allach
f 110 150,—	Machiniefabriek Thole N.V. te Enschede

geplande werken.

Aannemingssom	Aannemer(s)
f 7 250 000,—	N.V. Lodewikus Bouw Maatschappij te Raamsdonksveer
f 567 000,—	Th. Smeulders' Baggermaatschappij N.V. te Utrecht
f 142 700,—	Firma W. v. d. Heuvel en Zn. te Zoetermeer
f 153 000,—	Aannemingsbedrijf 'Schouwen-Duiveland' N.V. te Zierikzee
f 10 474 000,—	N.V. Aanneming Maatschappij 'Dijkbouw' te 's-Gravenhage

