

DE 99518

Portefeuille nr. 11 III
dd. 18-3-1970

9.
20.

DE LAUWERSZEEWERKEN ALS AFSLUITING IN HET WADDENGEBIED

RIJKSWEGENBOUWLABORATORIUM
van Mourik Broekmanweg
DELFT



**DE LAUWERSZEEWERKEN
ALS AFSLUITING
IN HET WADDENGEBIED**

door

IR C. VAN DER BURGT

Hoofdingenieur-Direkteur
van de Rijkswaterstaat

1970

Uitgave van de Vereniging voor Bitumineuze Werken
Koninginnegracht 26, Den Haag

VOORWOORD

Toen in maart 1968 de eerste druk van deze publikatie uitkwam werd naar voren gebracht, dat de aanleiding hiertoe werd gevormd door de voordrachten, welke ir C. van der Burgt, toenmalig Hoofd van de Dienst Lauwerszeewerken, heeft gehouden ter gelegenheid van de kontaktdagen van de V.B.W. resp. te Vlaardingen op 24 juni 1966 en te Gieten op 25 oktober 1966. Over de eigenlijke sluiting kon bij die gelegenheden alleen in de toekomst worden gesproken, thans is zij een feit.

Van de oorspronkelijke oplage ad 4.000 stuks zijn reeds gedurende enige tijd geen exemplaren voor distributie meer beschikbaar, terwijl aanvragen om toezending blijven binnen komen. Daarom werd tot herdruk besloten hetgeen de mogelijkheid bood hoofdstuk VII aan te vullen met een verslag van de sluiting.

De stof is verdeeld over de navolgende hoofdstukken:

- I. Bedijking van de Lauwerszee
- II. De Lauwerszee als werkgebied
- III. De uitvoering van de werken
- IV. De werkhaven in het Bootsgat
- V. Het werkeiland
- VI. De dijkvakken
- VII. Het sluitgat en de sluiting in 1969
- VIII. De asfaltwerken
- IX. En na de Lauwerszee de Wadden?

Gehoopt wordt, dat ook deze uitgave van het boekje goed zal worden ontvangen.

Vereniging voor Bitumineuze Werken
V.B.W.
Ir W. N. van Vliet
directeur

januari 1970

I. BEDIJKING VAN DE LAUWERSZEE

Na de grote inbraken, die de Zuiderzee, de Middellezee, de Lauwerszee en de Dollard deden ontstaan, is de mens steeds bezig geweest het op de zee verloren gegane gebied weer terug te veroveren. Een bijzonder fraai voorbeeld van deze lange strijd is te zien in het zuidelijke Lauwerszeegebied, waar bij elke nieuwe bedijking een uitwateringssluis, zoals Pieterzijl, Munnekezijl en Lauwerszijl, moest worden gebouwd om het overtollige neerslagwater naar zee af te voeren. Hoewel de kloosters Klaarkamp, Gerkesklooster en het vrouwenklooster Galilea allang zijn verdwenen blijkt uit vele oude stukken, dat de monniken in dit gebied een grote bijdrage hebben geleverd tot het verkleinen van de Lauwerszee.

Toen het Lauwerszeegebied zover was bedijkt, dat zich nog slechts twee zeearmen ver landinwaarts uitstrekten, konden er geen dijken meer over de kwelder-

rand worden gebouwd. Een getijgeul, waarin eb en vloed hun voortdurende invloed uitoefenden moest worden afgesloten. Ervaringen op dit gebied waren er veel, getuige de namen Amsterdam, Edam, Volendam, Rotterdam, Zaandam enz., maar de tijverschillen bij deze geulafsluitingen zijn kleiner geweest dan in het Lauwerszeegebied. Het was daarom een groot waterbouwkundig gebeuren toen de landmeter Willem Loré in 1729 de Statendijk aanlegde, dwars door de uitmonding van het Dokkumer Grootdiep. Nu, bijna 250 jaar later, zijn bij de bouw van een nieuwe sluis in Dokkumer Nieuwe Zijlen de goed gekonserveerde resten van zinkstukken gevonden, waarmee Loré deze geul heeft bedwongen. De grote stroomsluizen te Dokkumer Nieuwe Zijlen, die hij toen bouwde, zijn nog steeds volop in gebruik als afwateringssluizen van Friesland's boezem.

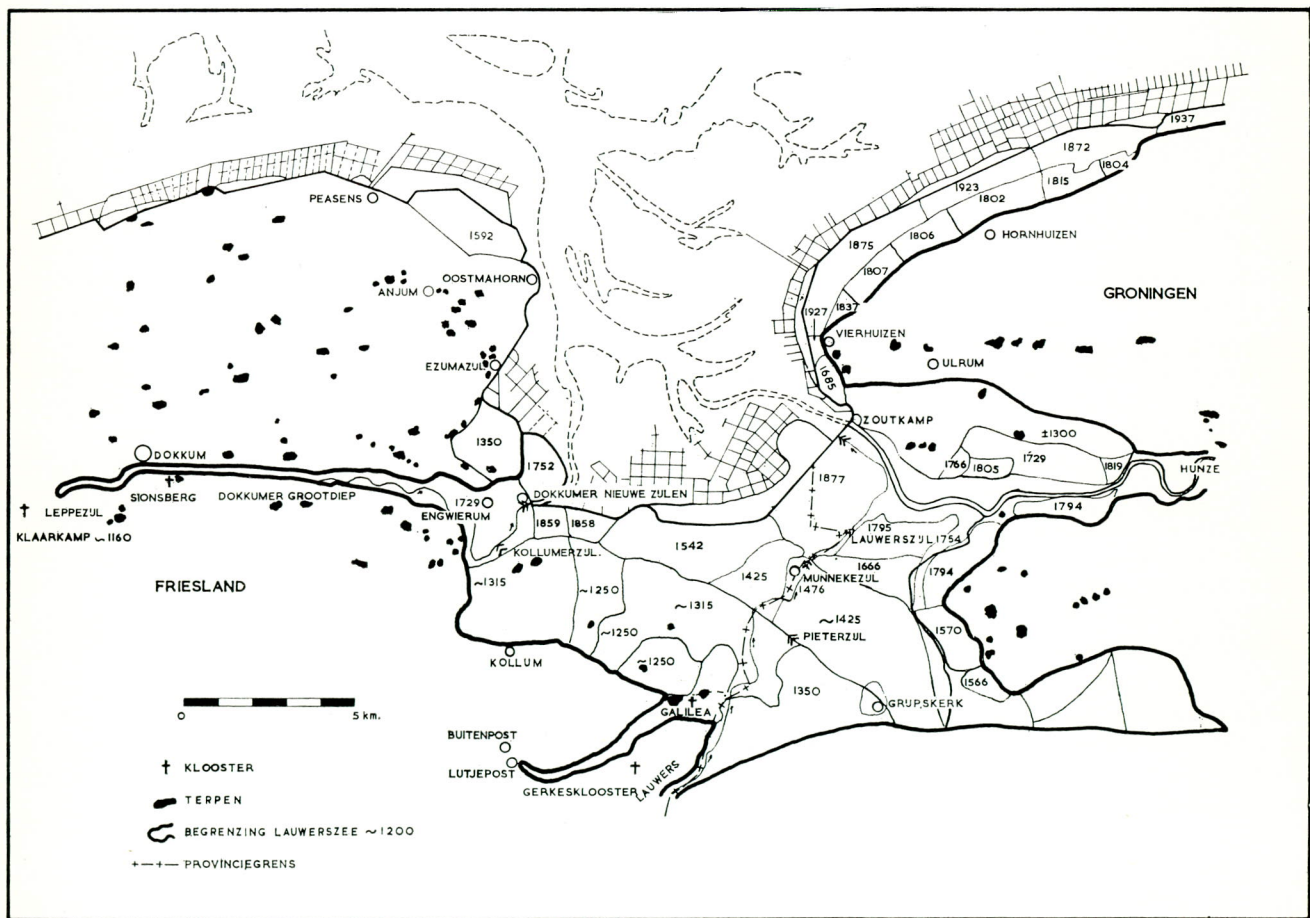


Fig. 1: Inpolderingen in het Lauwerszeegebied

In het begin van de 18e eeuw waren er ook plannen de andere grote zijtak van de Lauwerszee, het Reitdiep, af te sluiten. Dit werk kwam echter slechts moeizaam van de grond ondanks de duidelijke voordelen. Wellicht zal ook de omstandigheid dat de afsluitdijk in twee provincies moest komen te liggen hieraan niet vreemd zijn geweest. Na veel overleg, waarbij ook verder gaande plannen tot bedijking van de gehele Lauwerszee waren bekeken, kwam in 1877 de afsluiting van het Reitdiep tot stand door de bouw van de provinciale zeedijk tussen Zoutkamp en Nittershoek. Bij Zoutkamp werden grote sluizen gebouwd voor de afwatering van het gebied van het Reitdiep en dat van het grensriviertje, de Lauwers.

Hoewel bij de overwegingen, die hebben geleid tot deze voor die tijden zeer grote waterbouwkundige werken, de beveiliging tegen overstromingen zonder twijfel in belangrijke mate zal hebben meegespeeld, was het voornaamste doel toch wel de verbetering van de afwatering. Grote kanaalwerken zijn met het oog hierop in de jaren na de afsluiting van het Reitdiep zowel in Friesland als in Groningen uitgevoerd om het water zo snel mogelijk naar de sluizen te brengen. Het grote vaarwegenstelsel van Friesland is toen tot stand gebracht.

Helaas bleken al deze maatregelen niet voldoende te zijn, omdat de vrij smalle en kronkelende afwateringsgeulen in de Lauwerszee voortdurend onderhevig waren aan aanslibbing, die niet door de kracht van het gespuide water kon worden teniet gedaan. Steeds weer opnieuw waren er dan ook technici, die plannen beaamden om de uitwateringssluizen in het Lauwerszeegebied dichterbij de diepere geulen van de wadden te brengen. Voor Friesland is meermalen het plan geopperd dwars door het oude land een afwateringskanaal te graven van Dokkumer Nieuwe Zijlen naar het noorden met afwateringssluizen op de Hoek van de Bant; voor Groningen was een dergelijke oplossing minder aantrekkelijk, omdat de wadgeulen hier nu eenmaal minder dicht bij de oever komen. Alleen een zo noordelijk mogelijk gelegen afsluitdijk in de Lauwerszee met uitwateringssluizen zou voor het gehele gebied een oplossing kunnen vormen.

Omstreeks 1895 begon een tijd van intensieve studies betreffende de afsluiting van de Lauwerszee, die tenslotte uitmondde in het „Lauwerszeeverslag” met het plan van de Lauwerszeecommissie 1902. Dit plan kan zonder meer beschouwd worden als het uitgangspunt van de thans in uitvoering zijnde werken. Kenmerkend waren de afsluitdijk nabij de mond, de sluizen op de Hoek van de Bant en vooral de grote gemeenschappelijke boezem, gevormd door de diepere geulen in de

Lauwerszee, waarop alle afwaterende gebieden hun water konden lozen. Het plan is tenslotte niet doorgegaan, waarschijnlijk ook wel omdat de technische problemen voor die tijd wel buitengewoon groot zouden zijn geweest. Daarenboven is de afwatering van Groningen en Friesland – zoals bekend – enkele jaren later aanzienlijk verbeterd door de bouw van grote gemalen bij Zoutkamp en Lemmer.

In de crisisjaren werden er nieuwe plannen voor bedijking in de Lauwerszee uitgewerkt, om daarmee de resultaten van de landaanwinningswerken veilig te kunnen stellen. Het door ir A. G. Verhoeven, hoofd van het toenmalige Technisch Bureau der Domeinen, uitgewerkte plan haalde de eindstreep niet, omdat de onderneming, volgens zijn berekeningen, onrendabel zou zijn. Hoewel hij de arbeidslonen voor dit werkverschaffingsobject volgens de toen geldende opvattingen slechts voor een klein gedeelte in rekening behoefde te brengen, zou de verkoopwaarde van de aangewonnen gronden de kosten van de onderneming niet kunnen dekken. Zou ir Verhoeven destijds echter rekening gehouden hebben met de nationaal- of sociaaleconomische waarde van de gronden, dan was zijn advies zonder twijfel anders geweest. Inmiddels was men met volle kracht begonnen met de uitvoering van de Zuiderzeewerken en ook dat zal de regering enigszins terughoudend hebben gemaakt en haar hebben weerhouden nog meer dergelijke objecten op stapel te zetten.

Omstreeks 1950 werd nogmaals de mogelijkheid onderzocht de door landaanwinningswerken verbeterde gronden binnen te dijken. Ir J. van der Ham, hoofd van de Dienst Landaanwinningswerken in Friesland, stelde vast in zijn rapport van juni 1951 „Beschouwingen omtrent de landaanwinning en mogelijke inpoldering aan de Friese noordkust, in het bijzonder betreffende de Lauwerszee”, dat langzamerhand een nieuwe evenwichtstoestand in het zuiden van de Lauwerszee was opgetreden. Verder werken zou met steeds grotere moeite en kosten gepaard gaan, zodat het de voorkeur verdiende het bereikte resultaat te bedijken. Twee van de bedijkingsplannen van ir Van der Ham werden echter door de provincies Friesland en Groningen verworpen, omdat men vreesde voor een verder gaande verslechtering van de uitwateringsgeulen van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen. Ook het plan van de Lauwerszeecommissie 1902 kwam weer aan de orde, omdat zowel in Friesland als in Groningen een verdere verbetering van de afwatering dringend noodzakelijk was.

Na de stormramp van 1 februari 1953 kwam de veiligheid tegen overstromingen vanzelfsprekend sterker naar voren dan voorheen. Volgens de maatstaven van

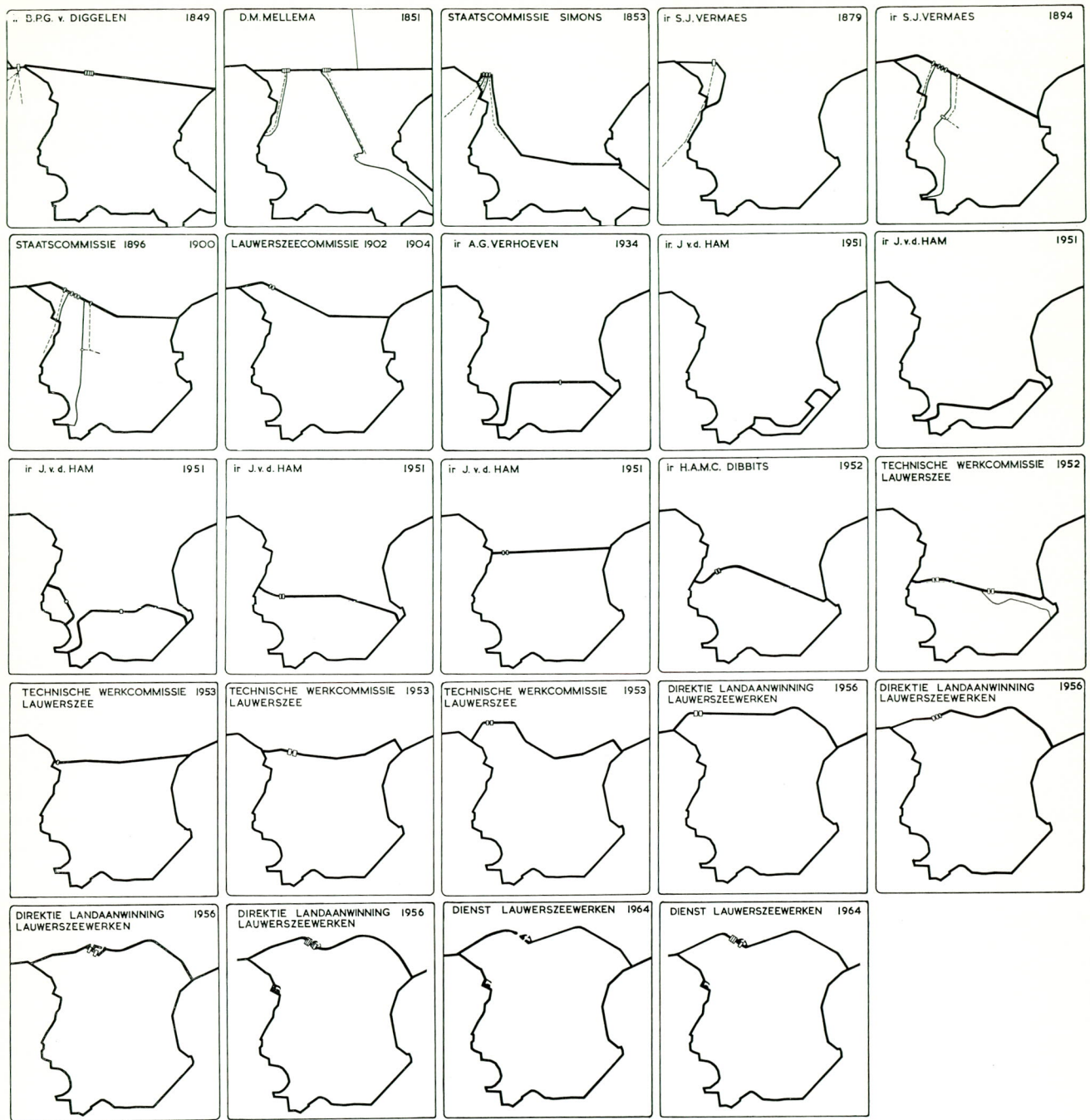


Fig. 2: Vele plannen zijn er voor de afsluiting gemaakt

de Deltacommissie bleken zich in de hoogwaterkering van noordelijk Nederland tussen de Duitse grens en de Afsluitdijk drie gevaarlijke punten te bevinden: nabij Delfzijl, rondom de Lauwerszee en nabij Harlingen. Hier was verbetering het meest noodzakelijk. Omdat de afsluiting van de Lauwerszee een aantal jaren zou moeten kosten, zijn zelfs enige Lauwerszeedijken ter

overbrugging provisorisch versterkt door middel van een houten kistdam, gevuld met klei, op de kruin.

Het aanvankelijke doel van ir Van der Ham, bedijking van de landaanwinninggronden, is door de geschetste gang van zaken geheel op de achtergrond geraakt. Het in te dijken gebied is veel groter geworden en omvat nu ook uitgesproken wadengronden, die in

geen enkele vorm door landaanwinning verbetering zouden ondergaan.

De totstandkoming van het uiteindelijke inrichtingsplan voor de Lauwerszeegronden vormt tevens een korte geschiedenis van de veranderingen in de opvattingen van de landaanwinners in de laatste jaren. Het grootste deel van de Lauwerszeegronden bestaat uit zand. Nabij de huidige kustlijn worden klei en een overgangstrook van zware en lichte zavel aangetroffen. In het algemeen kan worden gezegd, dat het noordelijke gedeelte van de Lauwerszee als typisch waddengebied vrijwel geheel uit zand bestaat, terwijl het zuidelijke en het westelijke deel grote oppervlakken aan voor agrarisch gebruik geschikte klei- en zavelgronden bevat. Van deze gegevens uitgaande zijn een groot aantal bestemmingsplannen denkbaar.

Omstreeks 1956 waren de gedachten nog geheel gericht op het winnen van nieuwe landbouwgronden. Het gebrek aan landbouwgronden als gevolg van uitbreidingen van stadsgebieden en van industrieterreinen, door aanleg van wegen enz., werd echter vrij plotseling overschaduwd door een afzetkrisis in de zuivelwereld, gekenmerkt door het woord „melkplas”. Ook de bestedingsbeperving in 1957/1958 deed de aandacht richten op een andere mogelijkheid, waarbij alleen de allerbeste gronden voor de landbouw zouden worden bestemd en de rest min of meer aan de natuur overgelaten.

De minister van Verkeer en Waterstaat ging dan ook in zijn nota van 25 januari 1960 aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal van twee schetsplannen uit: een plan met en een plan zonder inpolderingen. Het eerstgenoemde was gericht op het bekaden van zoveel mogelijk grond, die naar gelang van zijn bodemkundige kwaliteit bestemd zou worden voor landbouw en voor bos. Een deel van de zandgronden in het plan, die ongeveer dezelfde hoogteligging en hellingen hebben als vele zandplaten in de Waddenzee, zou worden bestemd voor het vestigen van landbouwkundige proefbedrijven, waarmede ervaringen konden worden opgedaan wat betreft het agrarische gebruik van marine zandgronden. In dit plan waren de oppervlakten water en land resp. groot ongeveer 2000 en 7000 ha.

Andere mogelijkheden bood het schetsplan zonder polderkaden, waarbij alleen de hoger gelegen oeverstroken een voldoende drooglegging verkregen om voor akkerbouw te worden bestemd. Op iets lager gelegen zand- en zavelgronden kon bos worden aangelegd. De overige gronden werden aan een natuurlijke begroeiing overgelaten, die bijvoorbeeld zou bestaan uit grasland, wilgen, elzen en dergelijke. In natte perioden kon de Lauwerszeeboezem bij dit plan een oppervlakte

tot ongeveer 4000 ha verkrijgen, waarbij dan ongeveer 5000 ha land droog lag.

De officiële landbouw trok zich hoe langer hoe meer terug van het Lauwerszeeprojekt. Duidelijk werd van die zijde naar voren gebracht, dat de kosten verbonden aan bekading en in kultuur brengen van deze gronden beter zouden kunnen worden besteed aan landverbeteringsobjekten elders in ons land. Toen dan ook minister Korthals op 10 juni 1960 had beslist dat de Lauwerszee zou worden afgesloten, maar dat er geen gelden beschikbaar zouden worden gesteld voor het maken van inpolderingen en/of ontginningen, lag het Lauwerszeegebied bij wijze van spreken open voor ieder, die het maar hebben wilde.

Langzamerhand kwamen er vooruitziende geesten, die in de afsluiting van dit zo afwisselende gebied totaal nieuwe mogelijkheden zagen. Ir J. Vlieger, hoofd-ingenieur-direkteur van het Staatsbosbeheer in Friesland en Groningen, bracht de gedachte uit de kringen van de natuurbeschermers onder woorden in het artikel „De toekomst van het Lauwerszeegebied”, dat hij in april 1963 schreef voor het Lauwerszeenummer van „It Beaken”.

De gedachten van ir Vlieger gingen uit naar zoveel mogelijk natuurlijke ontwikkeling van het bedijkte gebied. Door de gevarieerde milieu-omstandigheden, welke eigen zullen zijn aan het Lauwerszeegebied, kan een uiterst boeiend, verrassend en afwisselend landschap van water, riet, grazige terreinen en struikgewas ontstaan, dat zich bij uitstek zal lenen voor vestiging en verblijf van een rijke fauna. Vóór alles zal dit gebied een ideale verblijf-, broed- en pleisterplaats vormen voor de vogelwereld, met name voor watervogels. Dit alles geldt vooral voor de omgeving van het meer. Op de hogere gronden kunnen grote bossen worden ontworpen, die aan dit ruime landschap een forse schaal verlenen.

Aangelokt door dit toekomstbeeld lieten de provincies Friesland en Groningen door de interprovinciale rekreatiecommissie voor het Lauwerszeegebied een plan opstellen, dat in de eerste plaats gericht was op het bevorderen van de rekreatie. In vele opzichten werd hierbij gebruik gemaakt van de ideeën van ir Vlieger, hoewel ook het plan zonder polderkaden van de Rijkswaterstaat als uitgangspunt diende. Be-toogd werd, dat vele soorten van dag-, weekend- en verblijfsrekreatie in dit rijk met natuurschoon gezegende gebied mogelijk zouden zijn. In een eerste schetsplan werden de plaatsen reeds aangeduid, waar voorzieningen ten behoeve van de rekreatie zouden kunnen komen.

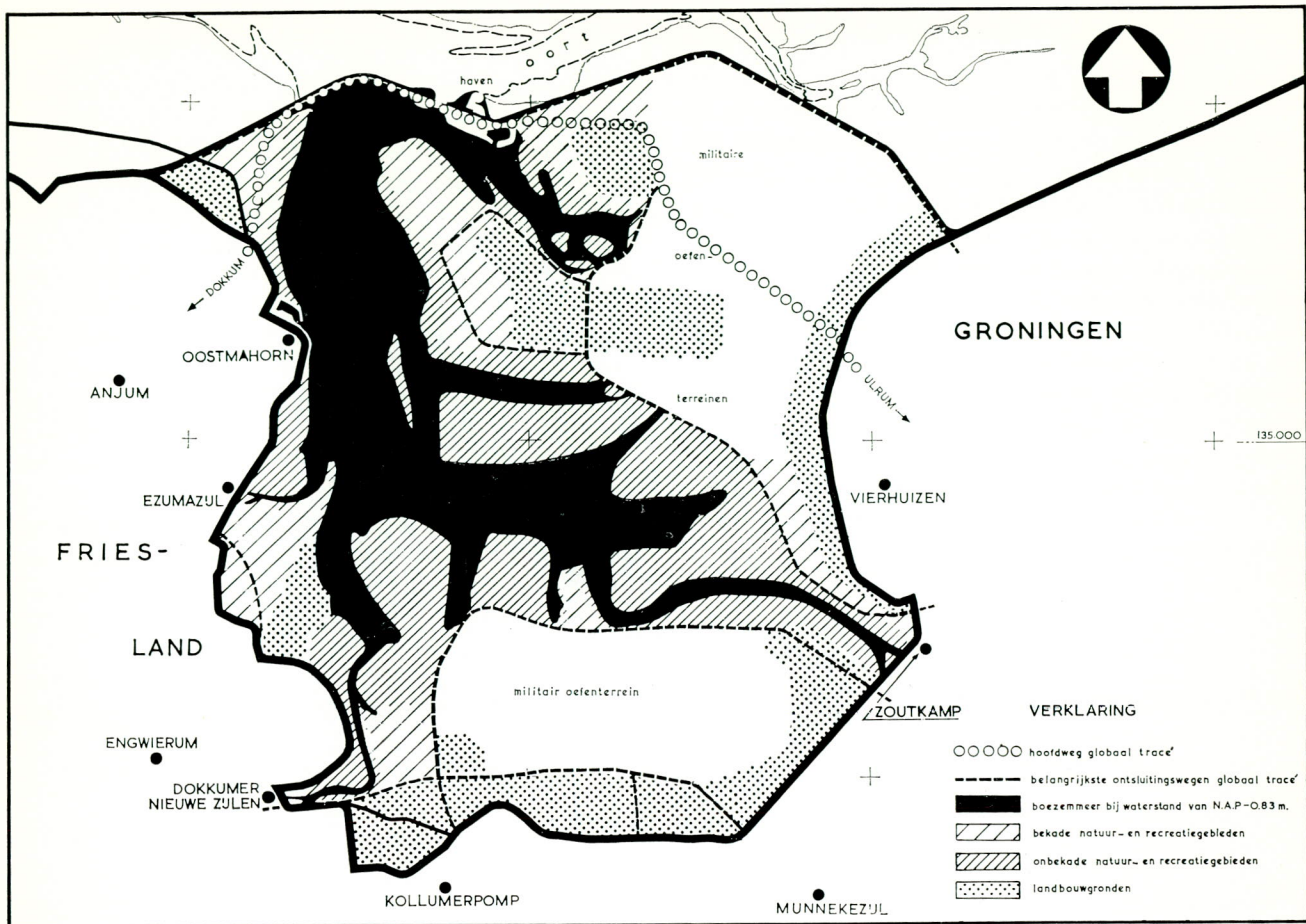


Fig. 3: Het huidige plan waarborgt een veelzijdig gebruik van het ingedijkte gebied

Inmiddels was in alle stilte een nieuwe gegadigde voor de Lauwerszeegronden aan het werk gegaan. Het ministerie van Defensie had voor de uitbreiding van oefenmogelijkheden met gemechaniseerde eenheden meer en grotere terreinen nodig dan tot dusver en liet daarom het oog vallen op de Lauwerszee. De aanvankelijke gedachten, nog niet gebaseerd op voldoende gegevens betreffende de bodem en het geulensysteem in de Lauwerszee, waren gericht op een groot terrein van vele duizenden hektaren. Nadere bestudering van de mogelijkheden bracht aan het licht, dat de natuurlijke gesteldheid vele beperkingen aan het militaire gebruik stelde, zodat uiteindelijk een plan tot stand kwam, waarin twee oefenterreinen van beperkte omvang waren opgenomen.

In dit uiteindelijke bestemmingsplan, volgens som-

migen een „kompromis” en volgens anderen een „synthese”, ligt het belangrijkste accent op het nieuw te vormen landschap. Met inbegrip van 2000 ha water zal hier een natuur- en recreatiegebied van ruim 5500 ha ontstaan, terwijl tevens de militaire terreinen deels voortdurend, deels gedurende de tijden dat er niet geoefend wordt, voor het publiek zullen worden opengesteld. In dit plan zijn de allerbeste gronden langs de oevers gereserveerd voor de landbouw. Tevens zijn er terreinen gereserveerd voor de aanleg van landbouwkundige proefbedrijven. Dit plan, door de regering bekend gemaakt in de tweede nota over de Ruimtelijke Ordening, dient momenteel als uitgangspunt voor twee door de provincies Friesland en Groningen vast te stellen streekplannen en voor de nadere detaillering op technisch niveau door verschillende rijks-, provinciale- en gemeentelijke diensten.

II. DE LAUWERSZEE ALS WERKGEBIED

Omdat de Lauwerszee een typisch waddegebied is, brengt het werken hier heel bijzondere problemen met zich mee, die men elders niet aantreft. Nergens in ons land bouwt men dijken en legt men werkerreinen aan, waarvan zulke grote delen eigenlijk onbereikbaar zijn; over het algemeen is er immers vrij diep en behoorlijk bevaarbaar water. In het IJsselmeer heeft men bovendien een vrijwel vaste waterstand; in het Deltagebied gaat het water met het getij 1,80 à 3,00 m op en neer, in de Lauwerszee gemiddeld 2,40 m.

Ook wat het werkmilieu betreft vormen de Lauwerszeewerken een soort „proefbedrijf”, waarvan de ervaringen zonder twijfel van nut zullen zijn, wanneer er eventueel elders in het waddegebied soortgelijke werken worden uitgevoerd.

De Lauwerszee, die van oost naar west ongeveer 8 km meet en van noord naar zuid 12 km, is per boot

slechts zeer beperkt toegankelijk. In het noordwestelijke gedeelte ligt de hoofdgeul, het Vaarwater naar Oostmahorn, met diepten tot N.A.P. —12 m. Onder de naam Slenk strekt de geul zich verder in de Lauwerszee uit en heeft deze geul verbindingen met Dokkumer Nieuwe Zijlen en Zoutkamp resp. via het Dokkumer Diep en de Zoutkamperril. Een kleinere geul, het Nieuwe Robbengat, met diepten van iets meer dan 4 meter onder N.A.P., is bij hoog water over een drempel aan de westzijde toegankelijk voor niet al te grote schepen; de geul kan dan over een lengte van ongeveer 3 km naar het oosten bevaren worden. De overige kleinere geulen in de Lauwerszee zijn nauwelijks bevaarbaar. Alleen bij hoog water kunnen vletten en soortgelijke ondiep gaande vaartuigen zich er in wagen. Een voor de werken gunstige omstandigheid is, dat ten noorden van de Lauwerszee het Oort loopt, een geul die

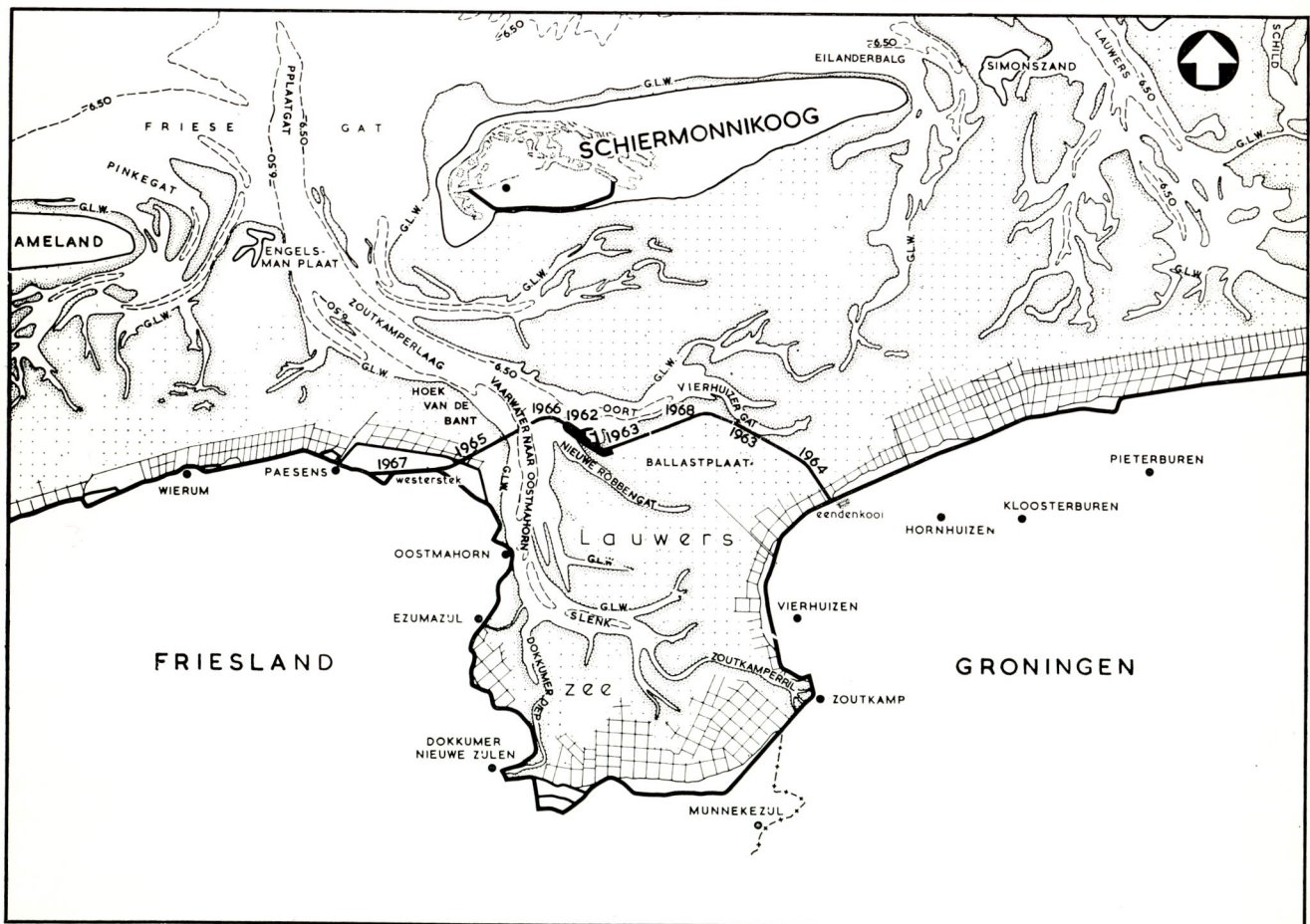


Fig. 4: Overzicht van de Lauwerszeewerken

met een zijtak, het Vierhuizergat, een vrij goed bevaarbare verbinding vormt. Bijna de gehele oostelijke en zuidelijke gedeelten van de Lauwerszee, elk ongeveer 30 km² groot, zijn voor een schip ontoegankelijk.

De eerste medewerkers van de Dienst Lauwerszeewerken waren door de aard van hun werkkring goed op de hoogte van de problemen van de Waddenzee. Vrijwel allen immers waren zij betrokken geweest bij de landaanwinningswerken in de Lauwerszee. Voortbouwend op hun ervaringen is langzamerhand, zowel bij de voorbereidende werkzaamheden als bij de eigenlijke uitvoering van de afsluitingswerken, een grote mate van aanpassing aan de natuurlijke gesteldheid van het terrein bereikt, die de meest efficiënte en zuinige opzet voor de werken waarborgt.

Wanneer men zich realiseert, dat het grootste deel van de bodem van de Lauwerszee een hoogteligging heeft tussen gemiddeld laagwater en gemiddeld hoogwater, dan is het zonder meer duidelijk dat deze er bij hoogwater volkomen anders uitziet dan bij laagwater. De gemiddelde hoogte van de zandplaten in de Lauwerszee is N.A.P. —0,30 m. Volgens de getijkromme liggen deze gronden per getij gemiddeld vijf uren droog en staan zij zeven uren onder water. Deze tijden zijn lang genoeg om benut te worden voor het verrichten van metingen, boringen, uitzetten van de werken enz. Deze werkzaamheden moeten worden aangepast aan de periode van laag water, die elke dag ongeveer 50 minuten later valt dan de vorige dag. Dit betekent, dat in de ene week de laagwaters gunstig liggen ten opzichte van het daglicht, namelijk midden overdag, maar dat de laagwaters in de volgende week 's morgens vroeg en 's avonds laat zullen vallen. In de zomer zal men bij voorkeur enkele dagen achtereen deze beide laagwaters gebruiken, vooral als er veel werk is. Er wordt in die periode dan ook weinig geslapen.

Het transport van mensen en materialen vindt plaats met kleine vletten, met een geringe diepgang. De schippers brengen het personeel zo dicht mogelijk bij de plaats van bestemming. Daar gaat men, zonodig met een vletje, aan wal en verplaatst zich verder op de wijze der wadlopers naar het gewenste punt. Voor het werk worden zo licht mogelijke instrumenten gebruikt, waarmee in een kort tijdsbestek zoveel mogelijk waarnemingen kunnen worden verricht. Toch zijn er vanzelfsprekend werkzaamheden waarbij zware werktuigen moeten worden gebruikt, die men niet lopend kan vervoeren. In dat geval is men op watertransport tijdens hoogwater aangewezen. Een typisch voorbeeld hiervan is het uitvoeren van boringen tot een diepte van 30 m. Voor dergelijke gevallen is een boorbak beschikbaar, een breed, plat vaartuig met een diepgang van ongeveer 0,85 m, dat boven de plaats van bestem-

ming wordt gevaren, waar het vervolgens met afgaand tij aan de grond komt te zitten en verder als boorplateau dienst doet. Met de boorbak van de dienst Lauwerszeewerken zijn sinds 1955 ruim 700 boringen verricht.

Door de uitgestrektheid van de Lauwerszee is het lang niet altijd mogelijk zich voor de plaatsbepaling in dit gebied te oriënteren op de kerktorens in de omgeving. In vele gevallen is het zicht daartoe onvoldoende. Maar zelfs wanneer het zicht wel voldoende is, wordt de plaatsbepaling op deze wijze onzuiver ten gevolge van de grote onderlinge afstanden.

Met het oog daarop is door de Meetkundige Dienst van de Rijkswaterstaat een driehoeksnet in de Lauwerszee ingemeten. De ligging van de hoekpunten is tot ongeveer 10 cm nauwkeurig bekend. De afstanden van deze hoekpunten onderling bedragen 1,5 à 2,5 km, waardoor een voldoende nauwkeurige plaatsbepaling mogelijk is, zelf bij vrij weinig zicht. Een bezwaar van dit systeem voor plaatsbepaling is, dat men ter voorkoming van ijsschade elke winter alle driehoekspunten in de Lauwerszee moet binnenhalen en in het daarop volgende voorjaar weer plaatsen. Op de nog veel grotere Waddenzee is het dan ook rendabel een elektronisch plaatsbepalingssysteem op te bouwen, waarmee dit gebied intensiever kan worden bestudeerd. Heel moeilijk bereikbaar zijn de hogere gronden langs de oever van de Lauwerszee, met een peil, dat iets onder N.A.P. ligt. Zelfs bij hoogwater kan hier, ook door ondiep stekende vaartuigen, niet worden gevaren. In 1959 hebben de opzichters en medewerkers van de Dienst Lauwerszeewerken vele weken lang, vaak tot de knieën weggezakt in het slik, onder uiterst moeilijke omstandigheden hoogtemetingen in deze oeverstrook verricht. Gelukkig is inmiddels de luchtkartering zover ontwikkeld, dat thans op deze wijze een voldoende nauwkeurige hoogtekaart van dit terrein kan worden gemaakt. Dit nog vrijwel onbetreden gebied in de Lauwerszee zal misschien interessante oudheidkundige vondsten opleveren; sommige deskundigen verwachten dit.

Het is bijzonder interessant na te gaan hoe het gebied, waarin de Lauwerszeewerken worden uitgevoerd, in de loop van de jaren is gewijzigd. Dit is op fraaie wijze af te leiden uit kaartstudies. Beschikt kan worden over een serie peilkaarten van de jaren 1806, 1832/34, 1850, 1854, 1859, 1873/74, 1891, 1903, 1921, 1927, 1934, 1949 en 1955 tot en met 1959. Deze kaarten zijn op de figuren 5 en 6 uitgewerkt.

Het Vaarwater naar Oostmahorn heeft na de afsluiting van het Reitdiep in 1877 een aanzienlijke profielverandering ondergaan. Deze geul heeft zich steeds meer naar het westen verlegd en ligt nu bij

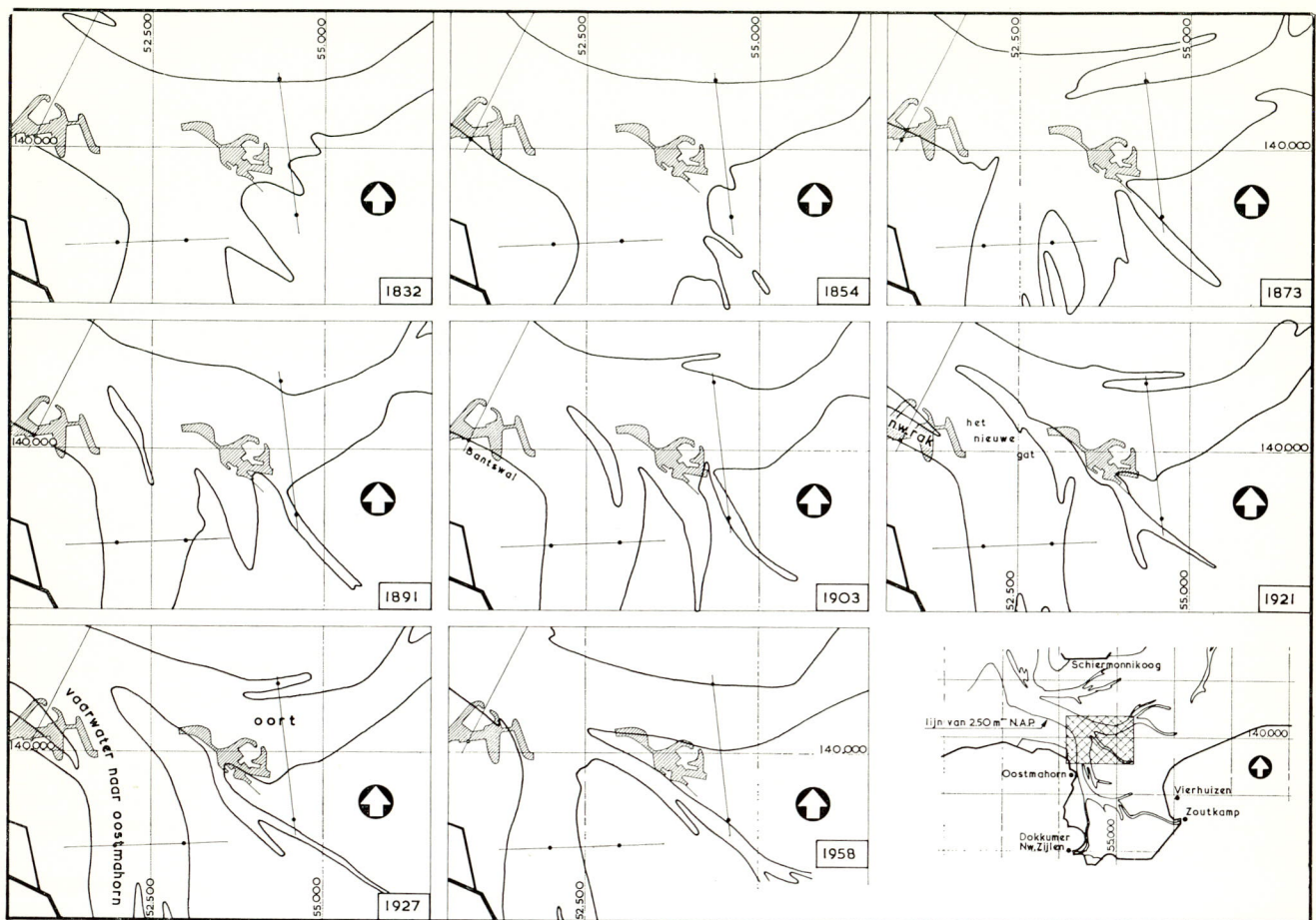


Fig. 5: De geulen wijzigen zich voortdurend; veranderingen in de lijn van N.A.P. —5,00 m sinds 1832 (links in de figuren: variant-plan voor havens en sluisen)

Oostmahorn vast tegen de Friese kust. In het mondingsgebied zijn onder invloed van de Zoutkamperlaag vrij grote veranderingen opgetreden. De huidige monding is omstreeks 1921 ontstaan en wordt door de vissers nog steeds „het Nieuwe Gat” genoemd.

Het Oort heeft een opmerkelijk stabiele ligging. Weliswaar hebben zich in het kombergingsgebied van deze geul in de beschouwde periode geen grote wijzigingen voorgedaan, die invloed op de ligging zouden gehad kunnen hebben, maar waarschijnlijk zullen ook plaatselijke harde kleilagen deze geul binnen bepaalde grenzen gehouden hebben.

De interessantste wijzigingen vertoont de Zoutkamperlaag. Omstreeks 1830 tot 1850 lag deze geul iets zuiderlijker dan thans, maar omstreeks 1870 begon zich een vrij grote vloedschaar ten zuiden van de hoofdgeul te ontwikkelen. Gelijktijdig werd het Vaarwater naar Oostmahorn steeds meer naar het oosten gedrongen. Tenslotte brak omstreeks 1921 een vloedschaar van de Zoutkamperlaag door naar het

Vaarwater naar Oostmahorn. De oude monding van het Vaarwater werd geheel dichtgedrukt.

De drie hoofdstromen komen thans zonder vloed-ebscharen bij elkaar ten noordoosten van de Hoek van de Bant. In de hoek tussen Vaarwater en Oort mondt bovendien het Nieuwe Robbengat uit. De situatie van thans vertoont dus enige overeenkomst met die van ruim een eeuw geleden (1854).

Voor de vormgeving van de werken is de ligging van het Nieuwe Robbengat van veel belang. Aanvankelijk zal het kombergingsgebied van het huidige Nieuwe Robbengat hoofdzakelijk zijn verzorgd door het Oude Robbengat ongeveer ter hoogte van Oostmahorn. Omstreeks 1927 begon het Nieuwe Robbengat zich te ontwikkelen, eerst met een monding in het Oort, die zich echter steeds meer naar het westen verlegde. De peilingen sinds 1955 wijzen uit, dat het Nieuwe Robbengat nog niet in een evenwichtstoestand is gekomen. De uitmonding van het Nieuwe Robbengat verlegt zich steeds meer naar het zuiden. De geul zelf blijft

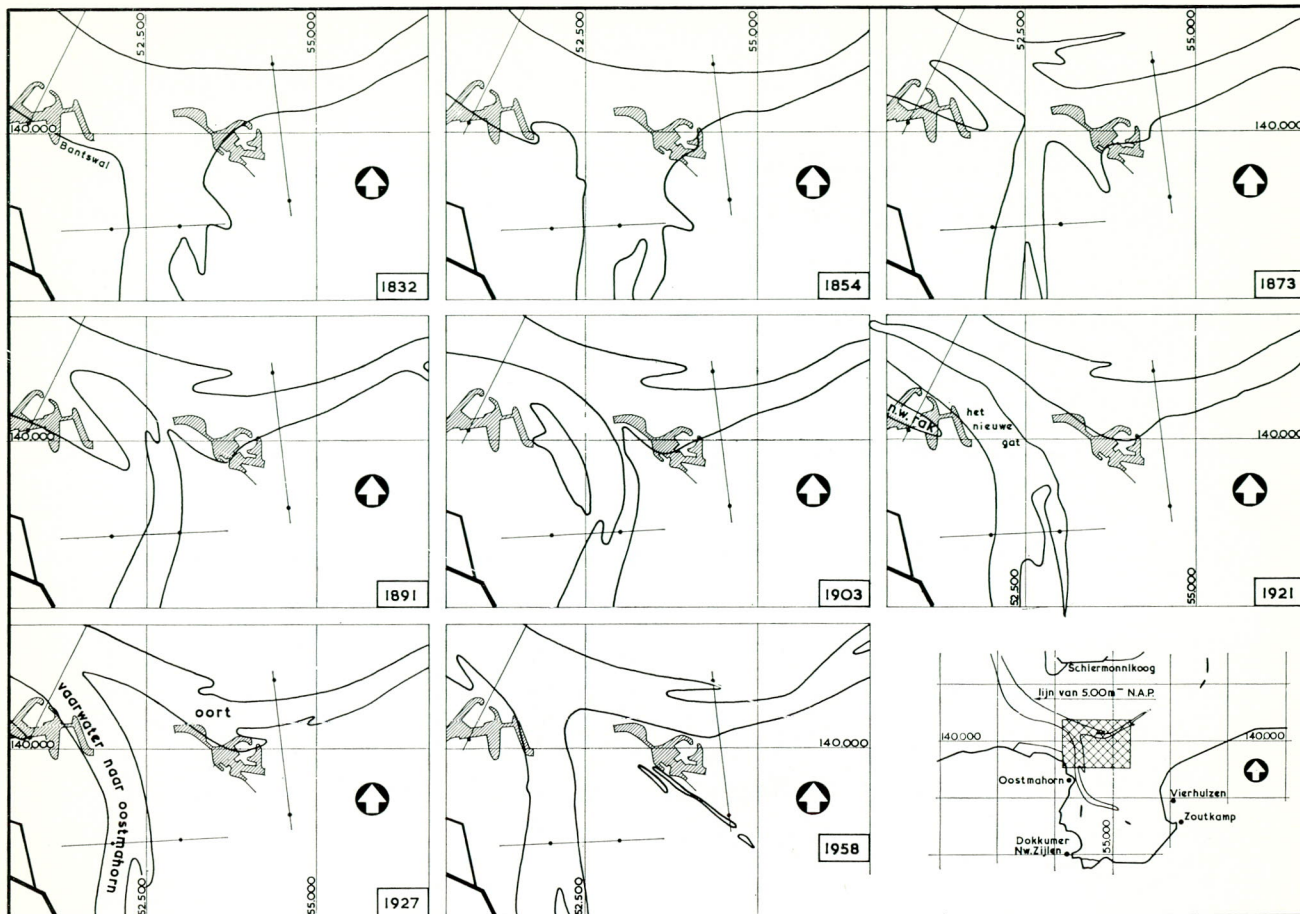


Fig. 6: Ook de minder diepe geulen verleggen zich; veranderingen in de lijn van N.A.P. —2,50 m sinds 1832

vrijwel op zijn plaats; de landtong tussen het Oort en het Nieuwe Robbengat, waarop het werkeiland werd ontworpen, zou dus door natuurlijke oorzaken in de komende jaren vrijwel zeker geen grote veranderingen ondergaan.

Uit het onderzoek van de vroegere en de meest recente ontwikkelingen van de geulen blijkt het volgende.

- a. Er is een materiaaltransport in oostelijke richting benoorden de Friese kust, hetgeen volgt uit de wijzigingen welke de Hoek van de Bant heeft ondergaan. Het opdringen van deze zandplaat in oostelijke richting tegen het Vaarwater en het daarna doorbreken van een nieuwe meer westelijke geul, is hetzelfde verschijnsel als men aantreft in de delta's van onze noordelijke zeegaten.
- b. Het Vaarwater, de Zoutkamperlaag en het Nieuwe Robbengat hebben mede hierdoor op langere termijn gezien een onstabiele ligging. Ook de Hoek

van de Bant, de Rug en het meest westelijke gedeelte van de Ballastplaat zijn voortdurend in beweging.

- c. Een drietal „vaste punten” komen naar voren, namelijk het „Rode Hoofd” langs de noordelijke oever van de Zoutkamperlaag en de beide oevers van het Oort. Ten noorden van het Oort en de Zoutkamperlaag is er blijkbaar minder, of minder onregelmatig, zandtransport.

Zou de mens thans niet ingrijpen in het bestaande regiem dan bestaat de kans, dat wederom de Hoek van de Bant het Vaarwater naar het oosten zal dringen. Overigens lijkt het weinig waarschijnlijk, dat er van nature op korte termijn grote veranderingen zullen optreden.

Door dr J. J. Dronkers van de Centrale Studiedienst van de Rijkswaterstaat zijn in 1957 berekeningen uitgevoerd over de te verwachten wijzigingen in de geulen als gevolg van de afsluiting van de Lauwerszee. Hij

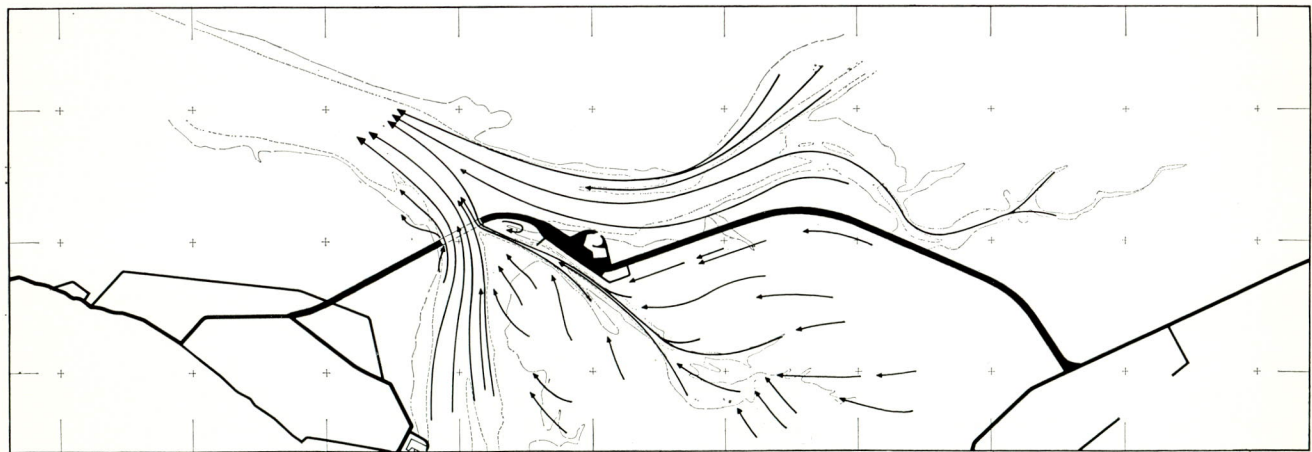
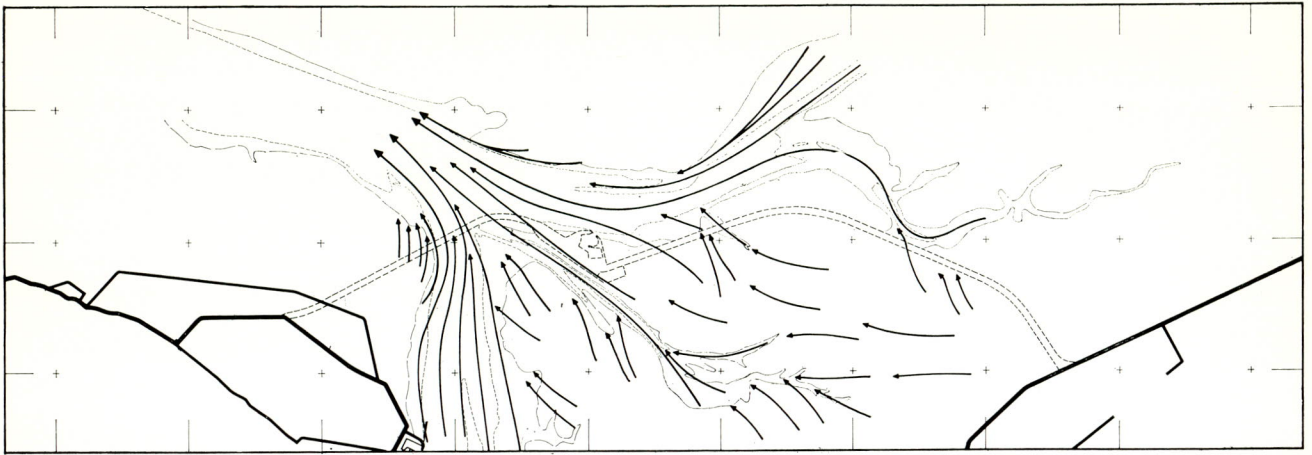


Fig. 7: Het stroombeeld tijdens eb in verschillende stadia van de werken

kwam ongeveer tot de volgende konklusies: na de afsluiting van de Lauwerszee zal de Zoutkamperlaag veel te ruim zijn, in het bijzonder in het vak, dat bij het Vaarwater naar Oostmahorn aansluit. Hier nemen de stroomsnelheden met 60% af en zij worden dan, zelfs op hun maximum, kleiner dan de kritische waarde, waarbij in het algemeen zand in beweging geraakt. Het is waarschijnlijk, dat de platen ten zuidwesten van de Zoutkamperlaag in de richting van deze geul gaan opschuiven. Dit proces kan worden versneld door de driftstromen, die gedurende de vloed bij westelijke winden over de Waddenzee van west naar oost trekken. Hierbij zal het door de golfslag losgewoelde zand zich eveneens in oostelijke richting verplaatsen. De stroomsnelheden in het Oort zullen nagenoeg niet veranderen, zodat deze geul in veel geringere mate aan wijzigingen

onderhevig zal zijn. Door de bochtwerking in deze geul is de kans groot, dat de geul ook in de toekomst in de nabijheid van de afsluitdijk zal blijven lopen. Bij de huidige toestand is de gemiddelde diepte van de Zoutkamperlaag in het hart van de geul meer dan 12 m beneden N.A.P. en die van het Oort 8 à 9 m. Het is waarschijnlijk, dat in de toekomstige evenwichtstoestand de profielen van de Zoutkamperlaag analoog zullen worden aan die van het Oort bij de bestaande toestand. Dan zou dus de eerstgenoemde geul ongeveer 4 m verondiepen.

Het geulensysteem benoorden de Lauwerszee zal dus in het algemeen weinig wijzigingen ondergaan; de stromingen worden vanzelfsprekend wel sterk veranderd.



Fig. 8: De Lauwerszee als werkgebied

Foto Han de Vries, Leeuwarden

III. DE UITVOERING VAN DE WERKEN

Een werkgebied als de Lauwerszee levert bijzondere problemen op maar ook grote mogelijkheden, wanneer men van de natuurlijke gesteldheid van het terrein gebruik leert maken.

In wezen is de waterbouw een transportbedrijf. Omdat watertransport, vooral wanneer het om grote massa's gaat, nu eenmaal het goedkoopste is, lag het voor de hand het gehele bedrijf op varen in te stellen. Dit vereist enkele havens, namelijk een basis aan de vaste wal bij Oostmahorn, een werkhaven bij de plaats waar de sluizen worden gebouwd – dus aan het werkeiland – en losplaatsen aan de westzijde van het diepe Vaarwater, dus op de Hoek van de Bant en aan het Vierhuizergat, de meest oostelijke plaats waar het dijktracé nog over het water bereikbaar was.

Vanzelfsprekend is overwogen of het niet mogelijk zou zijn het werk slechts met één haven of zonder havens te maken, zoals onze Duitse kollega's bij verschillende grotere projecten hebben gedaan. Er zou bijvoorbeeld een opzet denkbaar zijn, waarbij de dijken vooruit gebouwd zouden worden vanuit de Friese en vanuit de Groninger oever, en alle materialen, met uitzondering van het zand, over land zouden worden aangevoerd.

De belangrijkste materialen, die in de afsluitdijk moeten worden verwerkt zijn zand, mijnsteen voor bekleding van de buitenzijde, klei over de kruin en het binnenbeloop en asfaltbeton voor bekleding van het buitenbeloop, dat ten dele wordt afgedekt met koperslakblokken. Het zand en de klei, waarvan verreweg de grootste hoeveelheden nodig zijn, worden nabij resp. in de Lauwerszee gewonnen.

In een dijkvak, waarin ongeveer een miljoen m³ zand wordt verwerkt, een normale produktie voor een werkseizoen, moeten tevens worden verwerkt: 75.000 m³ klei, 20.000 m³ mijnsteen, 4.000 m³ koperslakblokken en 10.000 m³ asfaltbeton.

Het zand zou ergens, liefst zo dicht mogelijk bij het punt waar de dijk van de vaste wal af wordt uitgebouwd, met behulp van een zandzuiger en een leiding over het wad of over een steiger naar de dijk kunnen worden getransporteerd. In het algemeen kost dit meer pijplengte – en dus meer energieverbruik – dan wanneer het zand van het water af naar de wal toe zal worden gespoten. Te bedenken valt voorts, dat het voor een vlot bedrijf noodzakelijk is de persbuis niet te vaak in te korten naarmate het dijkvak groeit.

Het is vrijwel onmogelijk klei in voldoende hoeveelheden aan winplaatsen in het oude land te onttrekken.

Klei is in en bij de Lauwerszee echter in voldoende hoeveelheden beschikbaar. Voor deze gebaggerde klei is een losplaats met een rechtstreekse verbinding naar de dijk beslist noodzakelijk. Aan de Friese zijde zou dit bijvoorbeeld met smalspoor vrij gemakkelijk te realiseren zijn, maar voor het veel langere Groninger dijkvak zou een lange, dure verbinding tot stand moeten worden gebracht.

De mijnsteen wordt per schip aangevoerd van de Staatsmijnen in Limburg. Dit materiaal zal ergens moeten worden gelost en vervolgens per as naar de dijk worden vervoerd. Hetzelfde geldt voor de uit Duitsland komende koperslakblokken en voor de materialen voor de bereiding van het asfaltbeton.

Gezien de situatie van de werken en de nu eenmaal lagere transportkosten van massagoederen per schip is het voor het uitvoeren van de Lauwerszeewerken beslist economisch gebleken uit te gaan van een in hoofdzaak varend bedrijf. Een ander dwarsprofiel van de dijk, waarin, behalve het zonder twijfel noodzakelijke zand, andere materialen zouden zijn toegepast, had geen verandering gebracht in deze konklusie.

Overigens zou de werkhaven in het Bootsgat te Oostmahorn toch noodzakelijk geweest zijn voor het lossen van klei en vooral ook voor de opslag van een buffervoorraad steen ten behoeve van de sluiting. De grote werkhaven aan het Oort, die aan het werkeiland is verbonden, is een normale haven die enkele jaren vervoegd is gebouwd ten dienste van de uitvoering van de werken. Extra zijn dus de beide losplaatsen, aan het Vierhuizergat en op de Hoek van de Bant, die daarom ook zo eenvoudig mogelijk zijn ingericht en waarvan de meerkosten hoofdzakelijk bestaan uit relatief goedkope grondwerken. De specie, die uit de havenkom van de losplaats aan het Vierhuizergat werd gehaald, was van voldoende kwaliteit om in het dijklichaam te worden verwerkt; die uit de losplaats op de Hoek van de Bant moest elders worden gestort omdat deze geen zand en geen klei was, maar een onbruikbare tussenvorm.

Er zijn echter nog twee andere uiterst belangrijke redenen waarom de beide dijkgedeelten beslist niet van de vaste wal af konden worden gebouwd, namelijk waterloopkundige overwegingen en het tijdschema van de werken.

Door de aanleg van de Lauwerszeewerken wordt ingegrepen in de waterloopkundige toestand van het gebied. Voor zover de 13 km lange afsluitdijk ligt op de plaatsen, die bij normaal hoog water worden over-

stroomd, wordt hier in wezen een deel van een sluitgat gedicht. Om nu de zee, zoals Andries Vierling in het „Tractaat der Dijkkagië” (1578) al stelde „met soeticheijt, listicheijt ende subtijlheijt” te verschalken moet de dijk volgens een zeker aanvalsplan worden gemaakt.

De uit fijn zand bestaande wadbodem past zich voortdurend aan bij het steeds veranderende stroombeeld. Zouden er ten gevolge van de uitvoering van de werken sterke stroomconcentraties op bepaalde punten ontstaan, dan moeten daar ook zonder twijfel flinke ontgrondingen worden verwacht. Naarmate de dijkwerken vorderen moet al het water dat de Lauwerszeekom moet vullen en bij eb deze weer moet verlaten door een steeds kleiner wordende opening in de dijk stromen. De onsamenhangende zandbodem in dit sluitgat moet daarom worden vervangen door een „rotsbodem”, die voldoende weerstand aan de sterke, heftig kolkende stroom kan bieden. Hier moeten tijdig voldoende uitgestrekte zinkwerken met steenbestortingen worden uitgevoerd.

Het Lauwerszeewater stroomt voor het overgrote deel door de beide hoofdgeulen, het Vaarwater naar Oostmahorn en het Nieuwe Robbengat, die juist in het dijkvaktracé bij elkaar komen. Over de zandplaten, waarop de rest van de dijk gelegd wordt, vloeit weinig water, zodat deze dijkvakken kunnen worden gemaakt zonder de waterbeweging sterk te veranderen. De minste stroming treedt op waar de bodem het hoogst ligt, dat wil zeggen bij de beide kusten. Bovendien is de stroomrichting bij het dijkvak tussen het Vierhuizer Gat en de Groninger kust vrijwel evenwijdig aan de dijk, zodat dit vak zonder enig bezwaar kan worden aangelegd. Hetzelfde geldt voor het deels op een hoog terrein en deels in een zomerpolder gelegen dijkvak aan de Friese kust. Door de naar het noorden gerichte bocht in het oostelijke dijkvak wordt een gedeelte wad afgesloten, dat vrijwel geheel behoort tot de stroomgebieden van het Oort en het Vierhuizer Gat. Een vrijwel rechte lijn van het werkeiland naar de aansluiting aan de Groninger kust vormt hier de waterscheiding tussen de stroomgebieden van het Oort en het zuidelijker gelegen Nieuwe Robbengat.

Van de in totaal ongeveer 120 miljoen m³ water, waar het bij elk tij om gaat, stroomt ruim 110 miljoen m³ door het uiteindelijke sluitgat ten westen van het werkeiland en 8 à 9 miljoen m³ over de zandplaten van de Zuidwal naar het Oort en het Vierhuizer Gat. Deze toestand wordt zo lang mogelijk bestendig om de stroom door het Nieuwe Robbengat en het grote sluitgat niet te sterk te laten worden voordat de bodem van het sluitgat goed vast gelegd is. Dit zou onmogelijk zijn bij een uitbouw van dit dijkvak van de Groninger kust af.

Toen in 1968 ook het dijkvak op de Zuidwal was voltooid, nam de stroom door het Nieuwe Robbengat van ongeveer 18 tot 24 miljoen m³ toe, d.i. dus met ruim 30%.

Voordat met de Lauwerszeewerken werd begonnen stond er een vrij felle stroom dwars over de uitstekende landtong van de Ballastplaat, waarop het werkeiland later is gemaakt. In de hierboven geschetste gedachtingang past de aanleg van het werkeiland in een vroeg stadium van de werken zeker niet. Het vereist dan ook een nadere verklaring, waarom niettemin reeds in 1962, na de aanleg van de werkhaven in het Bootsgat te Oostmahorn, met de bouw van het werkeiland werd begonnen.

De kunstwerken in de afsluitdijk, de uitwateringsluizen en de schutsluis, zijn bij elkaar gelegd op een plaat, die wel heel ver van de vaste wal is gelegen. Bij de schutsluis behoort een voorhaven, die een gemeenschappelijke havenmond heeft met een veerhaven en een vissershaven. Het gehele complex van havens kan zodanig worden ontworpen, dat deze tijdens de uitvoering van de werken tevens als werkhavens dienst konden doen. Voor de bouw van de kunstwerken, in het bijzonder van de uitwateringsluizen, is een periode van ongeveer 4 jaar nodig. Hieraan gaat nog vooraf een periode van ongeveer 1½ jaar voor het bouwen van het werkeiland en het inrichten van de bouwput. Het werkeiland moet daarom eerst worden gebouwd, teneinde gedurende de tijd, dat de luizen met alle daarbij behorende installaties geheel bedrijfsvaardig worden gereed gemaakt, de verschillende dijkvakken te kunnen aanleggen. Bij een andere volgorde zou de duur van de Lauwerszeewerken zonder enige noodzaak zijn verlengd, zodat een aantal voltooide werken jaren lang onnodig renteloos zouden liggen, zoals blijkt bij beschouwing van het werkschema van fig. 10.

Door de grote afmetingen van de werken in het sluitgat vergen deze eveneens een aantal jaren. Gedurende de uitvoering van de Lauwerszeewerken zijn dus een aantal „bedrijven” vrijwel voortdurend aan de gang:

- a. het natte grondbedrijf: voornamelijk baggeren en zandzuigen;
- b. het droge grondbedrijf: afwerken van in de natte gewonnen en verwerkte specie;
- c. het maken van taludbekledingen van blokken c.a.;
- d. de zinkwerken;
- e. de asfaltwerken;
- f. de betonwerken met alles wat daarbij behoort.

Voortdurend worden er materialen aangevoerd, in depot opgeslagen en naarmate de werken dit vereisen in de loop der jaren weer verwerkt. Ook de werkzaamheden, die hieraan verbonden zijn, kunnen als een „bedrijf” worden beschouwd.

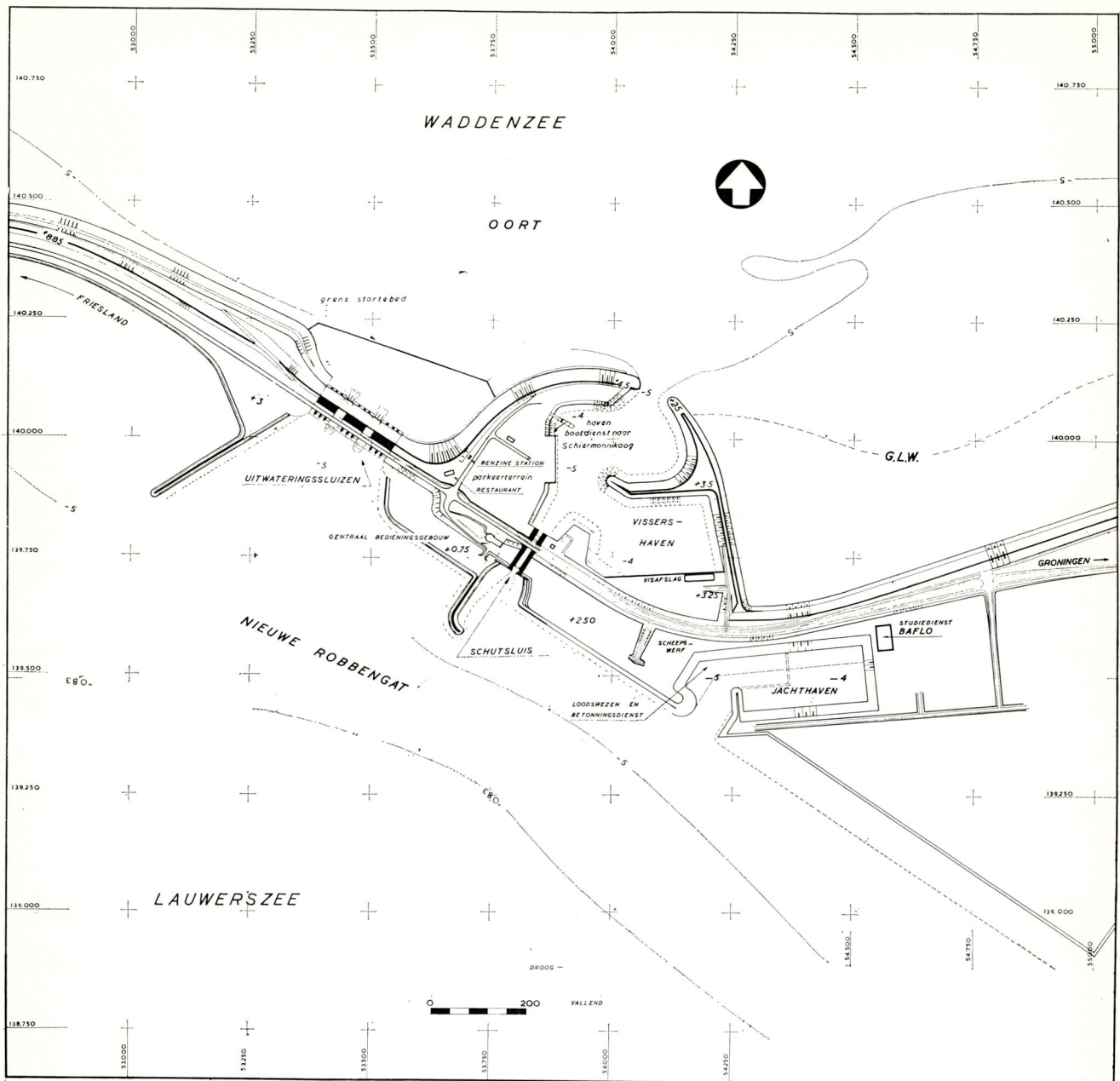


Fig. 9: De sluisen en de havens in de uiteindelijke vorm

Hoogten in meters t.o.v. N.A.P.

De aannemer van de Lauwerszeewerken, de „Kombinatie Lauwerszee”, heeft behalve een vaste staf personeel voor de duur van de werken vele werkrachten uit de omgeving aangetrokken en opgeleid. Hij heeft vaste installaties gebouwd en diverse steigers en gebouwen in bedrijf. Hij gebruikt veerboten, overslagkranen en vletten om de werken vlot uit te voeren. Al deze voorzieningen moeten voortdurend worden gebruikt.

Het is niet alleen gewenst, dat de Lauwerszeewerken in zijn geheel regelmatig voortgang vinden, maar bovendien moet het tijdschema zodanig worden ingericht, dat elk van de bedrijven voortdurend een taak heeft, waardoor het materieel en het personeel een maximaal rendement opleveren. Vooral de vaste kern van het personeel, die door ervaring met de werkomstandigheden in dit bijzondere gebied vertrouwd is geraakt, moet steeds aan het werk kunnen blijven. Een regel-

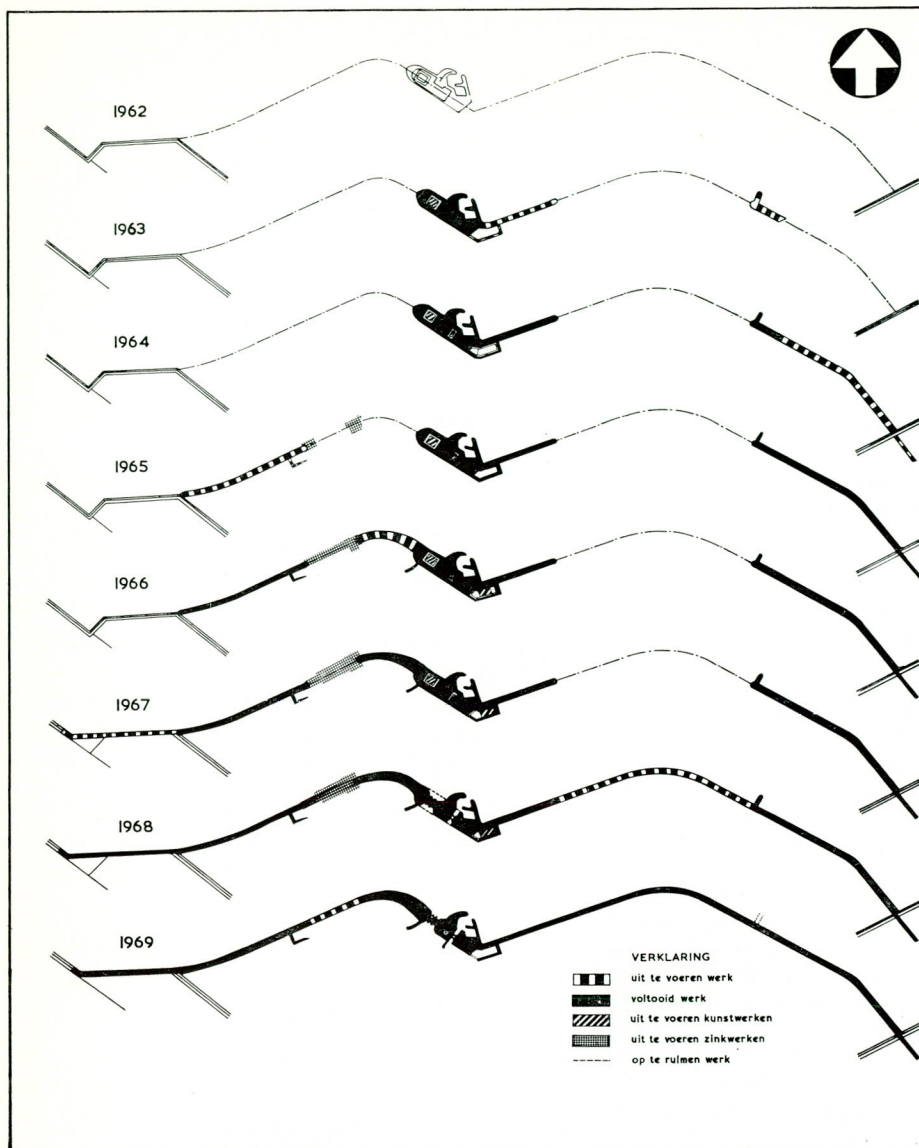


Fig. 10:
Het tijdschema van de werken

matige uitvoering van de werken heeft tenslotte uit een budgetair oogpunt het voordeel dat jaarlijks ongeveer gelijke bedragen worden verbruikt, hetgeen de financiële planning vergemakkelijkt.

In het voorgaande zijn een aantal argumenten opgesomd, die geleid hebben tot het tijdschema voor de uitvoering van de Lauwerszeewerken, zoals dit thans wordt aangehouden. Tot dusver is gebleken, dat de voor elk werkseizoen gestelde taken zonder al te grote spanningen konden worden vervuld. Het weer heeft hierbij in het algemeen meegewerkt, maar ook in perioden met minder goede weersomstandigheden of met andere tegenslagen is wel gebleken, dat alleen aannemers met grote ervaring en voldoende materieel

en personeel in staat zijn – zondig door een extra grote inzet – de optredende moeilijkheden te boven te komen. De inschakeling van een combinatie van vier grote bedrijven heeft de uitvoering van de Lauwerszeewerken zonder twijfel in gunstige zin beïnvloed. Hetzelfde kan zeker worden gesteld ten aanzien van de onderaannemer voor de zink- en glooiingwerken en van die voor de asfaltwerken, de Asfalt Combinatie Waddenzee (ACW).

Na de aanleg van de werkhaven in het Bootsgat te Oostmahorn in 1961 werd in 1962 door de bouw van het werkeiland begonnen met de eigenlijke werken aan de afsluitdijk. In de winterseizoenen van 1963 op 1964 en van 1964 op 1965 werd aan de oostzijde van

het werkeiland een bouwput gemaakt voor het maken van de doorlaatcaissons voor de sluiting. In het najaar van 1963 werd begonnen met de bouw van de uitwateringssluizen en in de zomer van 1965 met de schutsluis. Deze kunstwerken zijn in 1968 gereed gekomen, zodat zij na de sluiting van 1969 meteen in dienst konden worden gesteld. Met de bouw van de doorlaatcaissons, waarvoor 3 jaar nodig werd geacht, was in de loop van 1966 begonnen.

De aanleg van het werkeiland heeft duidelijke waterloopkundige gevolgen gehad die echter, door voortdurend peilen waargenomen, door tijdig maatregelen te nemen konden worden beperkt.

De dijkwerken werden intussen in 1963 voortgezet met de bouw van een 1500 m lang dijkvak aan de oostzijde van het werkeiland. In 1963 werd, tegelijk met dat dijkvak, op 2,5 km uit de Groninger kust, nabij het Vierhuizer Gat een dijkvakje gemaakt met een lengte van 550 m en ingericht als losplaats met werkhaven. Deze losplaats diende als uitgangspunt voor de bouw in 1964 van een ongeveer 3 km lang dijkvak naar de Groninger kust. De aanleg van de losplaats en het dijkvak in hetzelfde seizoen was heel moeilijk haalbaar, omdat de aansluiting op de bestaande zeedijk in ieder geval vóór de herfststormen van dat jaar tot stand moest komen. Het maken van een losplaats een jaar

tevorens was dus de aangewezen oplossing.

In 1965 is het 2500 m lange dijkvak aan de Friese kust in één keer aangelegd van de oever van het Vaarwater tot aan de bestaande zeewering. Hiermee was tevens de westelijke beëindiging van het sluitgat, het „Friese landhoofd” gevormd. Het jaar 1966 werd besteed om ook het „Groninger landhoofd” te vormen door een ongeveer 800 m lang dijkvak van het werkeiland uit te bouwen. In hetzelfde jaar is de drempel in het sluitgat in hoofdzaak vastgelegd. De jaren 1967 en 1968 werden besteed om de drempel verder geheel te voltooien, zodat hier in 1969 de doorlaatcaissons konden worden geplaatst.

Naast de versterking, die de kering van het hoogwater ten gevolge van de afsluiting van de Lauwerszee ondergaat, zou een bijzonder zwakke plaats overblijven, wanneer het aansluitende lage dijkgedeelte van de Anjumer- en Lioessenserpolder tussen Paesens en de afsluitdijk niet eveneens zou worden versterkt. In het jaar 1967, waarin geen andere dijkwerken werden uitgevoerd, is daarom de verhoging van dit 2500 m lange dijkvak opgenomen.

In 1968 volgde de aansluiting van het Groninger dijkvak op de Zuidwal en in 1969 de uiteindelijke sluiting.

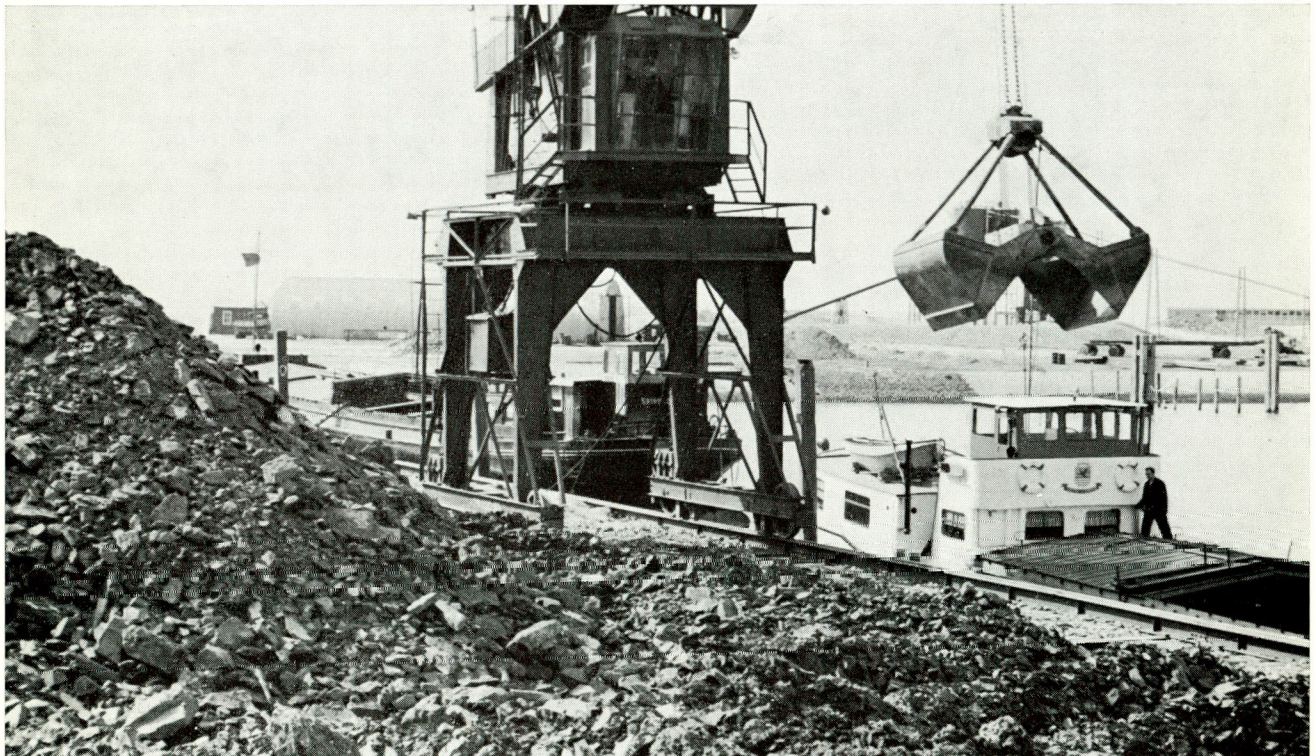


Fig. 11: Het lossen van mijnsteen

IV. DE WERKHAVEN IN HET BOOTSGAT

Bij de uitvoering van een werk als de indijking van de Lauwerszee is het noodzakelijk te beschikken over een ruime werkhaven aan de vaste wal. De bestaande havens in de Lauwerszee te Zoutkamp, Dokkumer Nieuwe Zijlen, Ezumazijl en Oostmahorn zijn voor dit doel niet geschikt.

De drie eerstgenoemde havens zijn in feite uitmondingen van stroomkanalen in de Lauwerszee, voorzien van uitwateringsluizen. De meeste akkomodatie bieden nog de havens van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen, waar zowel binnen als buiten de sluis kaden of steigers beschikbaar zijn, hoofdzakelijk ten dienste van de plaatselijke vissers. De haven Ezumazijl is niet meer dan een spuikom achter de uitwateringsluis. Bovendien zijn deze drie havens bij laagwater vrijwel niet te bereiken en bevinden zij zich op

een te grote afstand van de te maken afsluitdijk (10 tot 15 km). In het bestaande haventje te Oostmahorn is alleen ruimte voor de motorreddingboot „Gebr. Luden” en voor enkele schepen van de bootdienst op Schiermonnikoog. Ook deze haven is bij laagwater vrijwel onbevaarbaar.

Voor een nieuwe haven is de kust van Groningen ten gevolge van de voor deze kust liggende kwelders en slikken ongeschikt; slechts enkele punten aan het diepe water langs de Friese kust nabij Oostmahorn komen hiervoor in aanmerking. Overwogen is de haven te maken in de beschutting van het Friese dijkvak van de afsluitdijk. Een goede wegverbinding naar deze haven is echter moeilijk tot stand te brengen en bovendien zou dan eerst het Friese dijkvak moeten worden aangelegd.

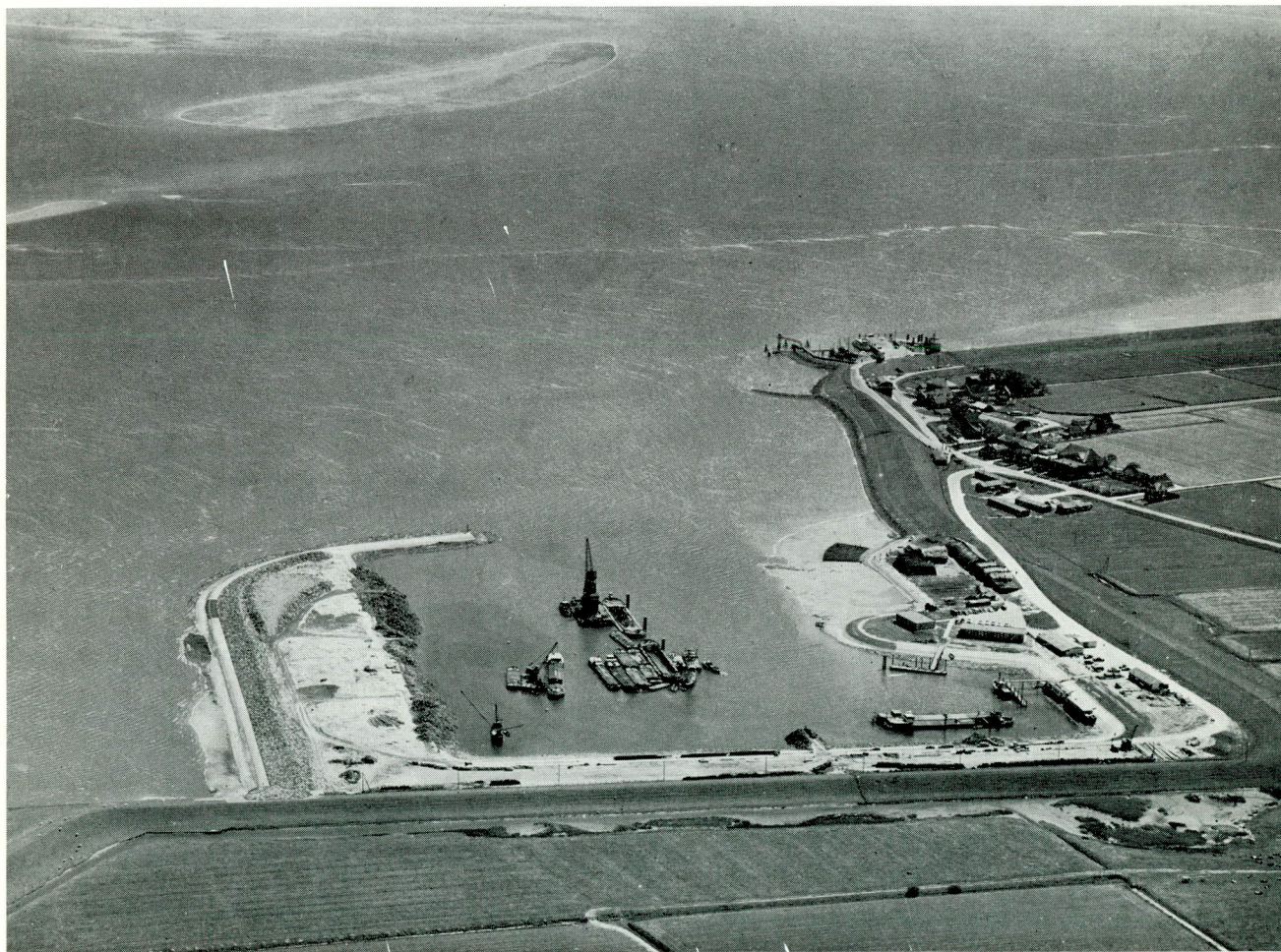


Fig. 12: De werkhaven in het Bootsgat bij Oostmahorn

Foto K.L.M. Aerocarto N.V.

De gunstigste plaats tegen de Friese kust bevindt zich in het zogenaamde Bootsgat benoorden Oostmahorn. De oeverlijn springt hier in, zodat een kleine baai is ontstaan die alleen aan de noordzijde behoeft te worden beschermd om een voldoende ruime havenkom te verkrijgen. Tegen alle winden uit noordelijke, westelijke en zuidelijke richtingen ligt een werkhaven op deze plaats goed beschut, terwijl bij sterke wind uit oostelijke richting de waterstanden laag blijven, in verband waarmee de golfslag op de zandplaten van de Lauwerszee behoorlijk wordt afgeremd.

De werkhaven bestaat in hoofdzaak uit vier elementen:

- a. een havendam, tevens golfbreker;
- b. een havenkom met een ingang aan de oostzijde;
- c. haventerreinen langs drie zijden van de havenkom;
- d. een toegangsweg aan de zuidzijde, aansluitend op de weg Dokkum-Anjum-Oostmahorn van het provinciale wegenplan.

Het noordelijke haventerrein is een vlak terrein ter hoogte van N.A.P. + 2,50 m. De golfslag uit noordelijke richtingen wordt opgevangen door een dam van zware stortsteen, die met een buitenbeloop van 1 : 3 op het noordelijke haventerrein werd gestort. Tijdens en na de sluiting van de Lauwerszee kan de steen worden verwerkt in de afsluitdijk. Omdat de waterstand op de afgesloten Lauwerszee normaal N.A.P. —0,90 m zal bedragen, met een hoogste stand van N.A.P. —0,40 m bestaat dan geen behoefte meer aan een havendam.

De werkhaven biedt gelegenheid voor het vervoeren

van personen van en naar de werken en voor de aan- en afvoer van zware onderdelen en rijdend materieel. Tevens verschaft de haven ligplaats voor de vletten van de Rijkswaterstaat ten behoeve van het toezicht houdend personeel en van de meet- en peildienst.

De aannemers van de grondwerken in de Lauwerszee hebben behoefte aan een veilige ligplaats, bij slecht weer en tijdens de weekeinden, voor hun varende materieel zoals bakken, sleepboten, vletten, baggermolens en zandzuigers. Een belangrijk gebruik van de haven wordt gemaakt ten behoeve van de overslag van zink- en stortsteen. Voor dit doel biedt de haven voldoende opslagterrein, kadelenkte en wateroppervlakte, ermee rekening houdende, dat een groot deel van de steenopslag aan de zeezijde van de afsluitdijk op het werkeiland kan geschieden. Voor het maken van zinkstukken is een voldoende ruime rolzate aangelegd, met aanliggend opslagterrein voor rijshout.

De havenkom heeft vrij ruime afmetingen: een lengte van ongeveer 230 m en een breedte die varieert tussen 130 en 190 m. Door een havendam, verbonden met het noordelijke haventerrein, wordt de breedte van de havenmond beperkt tot 65 m gemeten over de bodem. In verband met de diepte van de haven van N.A.P. —5 m is dit ruimschoots voldoende. Bij gemiddeld eenmaal per werkseizoen optredende waterstanden van N.A.P. —2,15 m zullen ook vaartuigen met vrij grote diepgang geen gevaar lopen aan de grond te raken. Hier moet wel worden opgemerkt, dat er een vrij intensief baggerwerk nodig is om de haven op de vereiste diepte te houden.

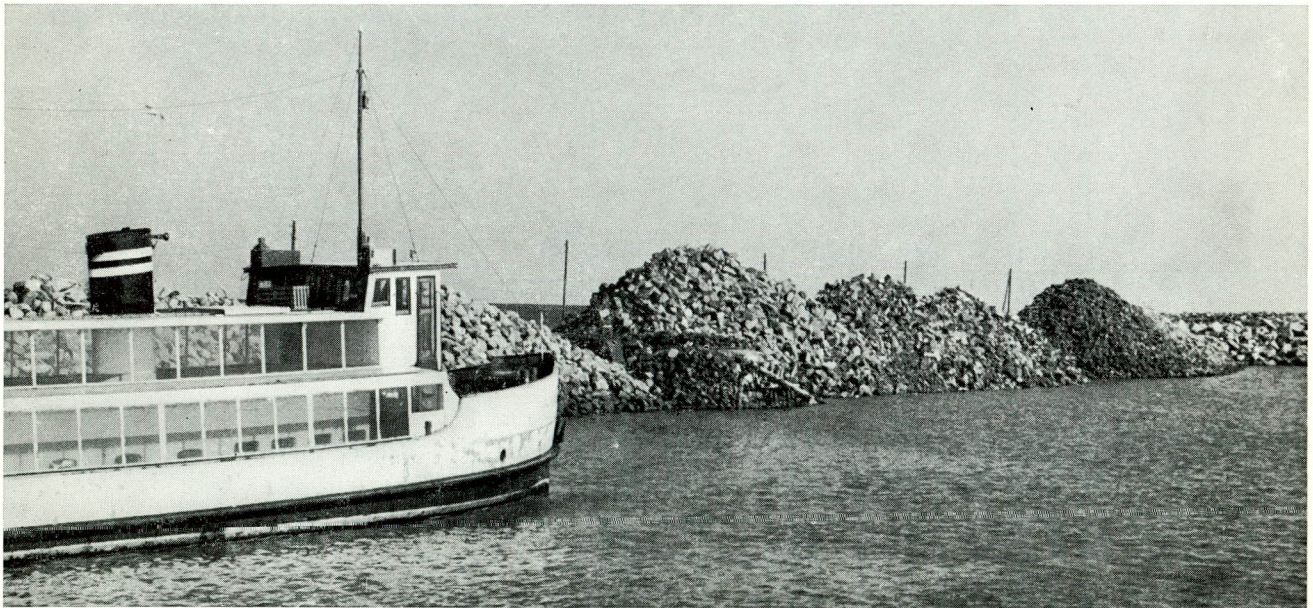


Fig. 13: In de werkhaven onder Oostmahorn

V. HET WERKEILAND

Toen na vergelijking van vele plannen was besloten het werkeiland te maken op de smal uitlopende westelijke punt van de Ballastplaat in het Nieuwe Robbengat en het Oort, stond het vast dat de bouw en het in stand houden van dit werkeiland bijzondere waterloopkundige problemen zouden opleveren.

Ter plaatse van het werkeiland trok een vrij felle dwarsstroom over de zandplaat, die uit zijn baan zou worden gedrongen en dus elders uitschuringen zou veroorzaken. Het probleem, hoe het eiland zonder al te plotselinge verstoringen in het stroombeeld tot stand te brengen en waar uiteindelijk de grootste stroomaanval zou moeten worden verwacht, werd in het Waterloopkundig Laboratorium opgelost. Uit de proeven bleek, dat met de bouw van het eiland aan de westzijde zou moeten worden begonnen en dat het eiland met een ongeveer evenwijdig aan de stroomrichting liggende voorzijde naar het oosten zou moeten worden uitgebouwd. Dit bracht voor de aannemer het bezwaar met zich mee, dat hij pas in een later stadium van het werk over een beschutte haven zou kunnen beschikken. Gedurende de slechte zomerperiode van 1962 kwam dit gemis wel sterk naar voren. Bij de bouw van het eiland is echter dank zij de gekozen uitvoeringswijze weinig last van de stromingen onderzonden. Door snel grote hoeveelheden keileem in de perskaden rondom het eiland te verwerken en deze met voortvarendheid aan de binnenzijde met zand aan te vullen, kon het eiland in de gestelde tijd worden

voltooid. De keileemdammen werden rondom afgedekt met koperslak- en betonblokken, die grotendeels opnieuw zijn gebruikt nadat in 1968 de bouwputdijken waren verwijderd en „Lauwersoog” werd veranderd in „de sluizen en havens aan het Oort”.

Na de aanleg is de omgeving van het werkeiland uit een waterloopkundig oogpunt bijzonder interessant geweest. De uitmonding van het Nieuwe Robbengat in het Vaarwater naar Oostmahorn heeft steeds duidelijk onder invloed gestaan van de gemaakte werken. Onmiddellijk na het totstandkomen van het westelijke deel van het werkeiland stopte de verplaatsing van de mond van het Nieuwe Robbengat in zuidelijke richting. Om de kop van het eiland schuurde in enkele weken een geul uit, die langzamerhand alle stroom uit het Robbengat naar zich toe trok. Door zinkstukken moest een doorbraak van deze geul naar het Oort worden voorkomen. Een gezogen verdieping in de oorspronkelijke mond verdween in een jaar totaal.

Bij het bouwen, een jaar later, van het dijkvak van 1500 m lengte, ten oosten van het werkeiland, onderzond men totaal geen last van de stroom. Hier werd min of meer een waterscheiding gevolgd, zodat het water nauwelijks in zijn weg werd belemmerd.

Veel moeilijker was het maken van een dijkvak ten westen van het werkeiland tot aan het oostelijke landhoofd van het sluitgat. Ter plaatse van dit ongeveer 800 m lange dijkvak moest de nieuwe monding

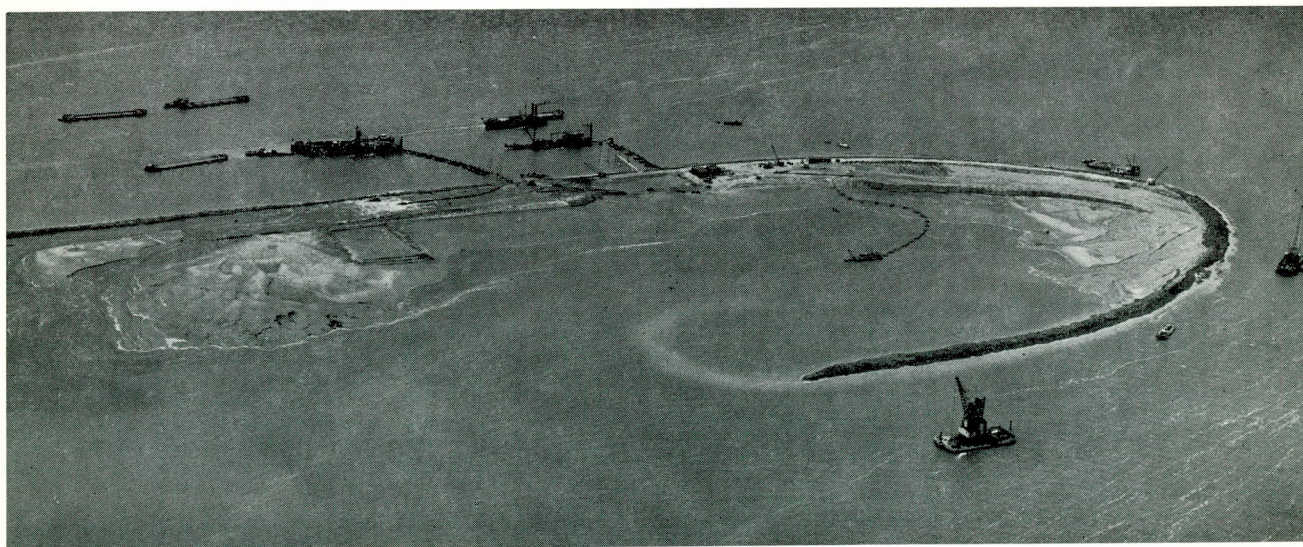


Fig. 14: Het eerste uitvoeringsstadium van het werkeiland

Foto K.L.M. Aerocarto N.V.

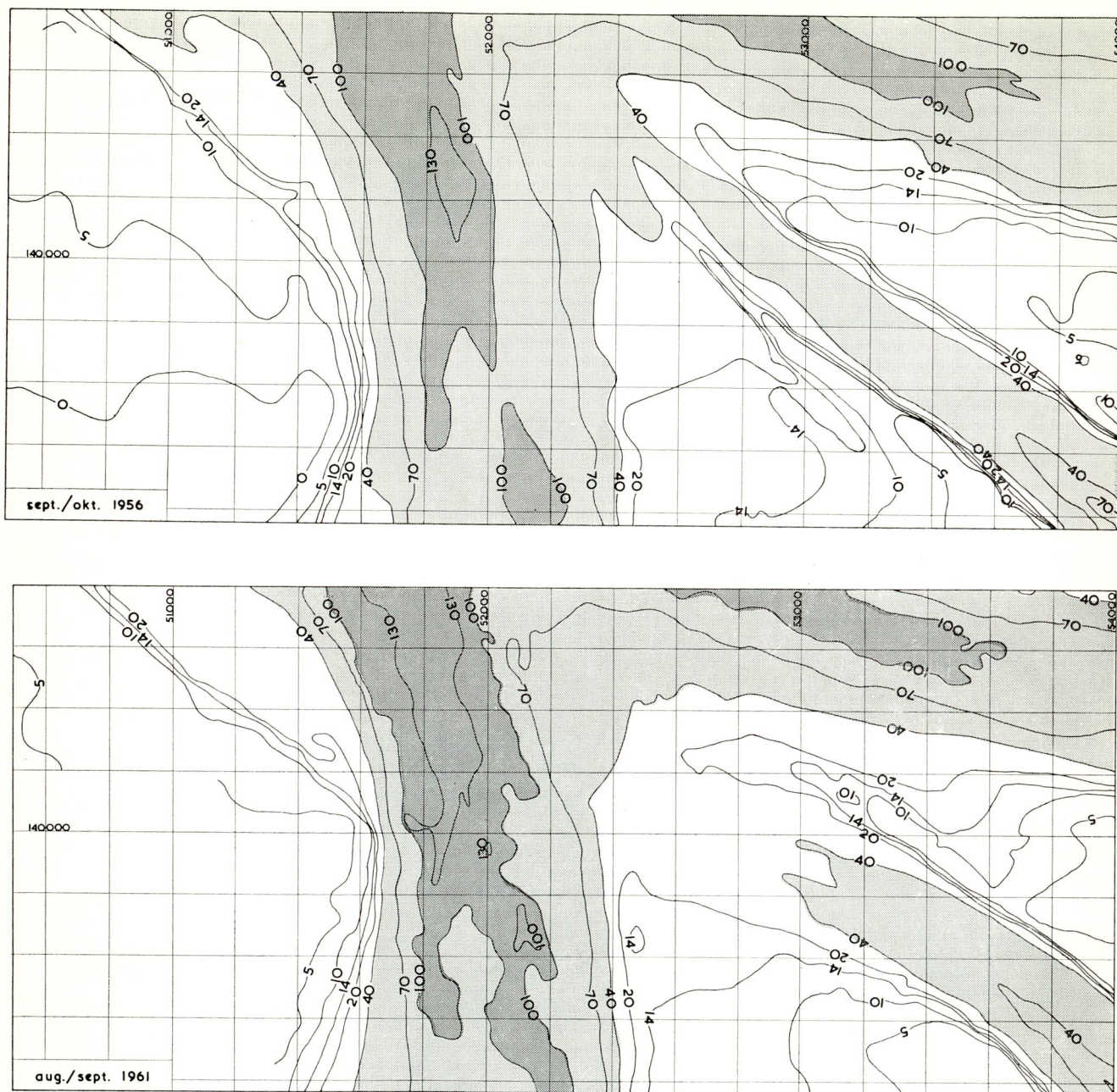
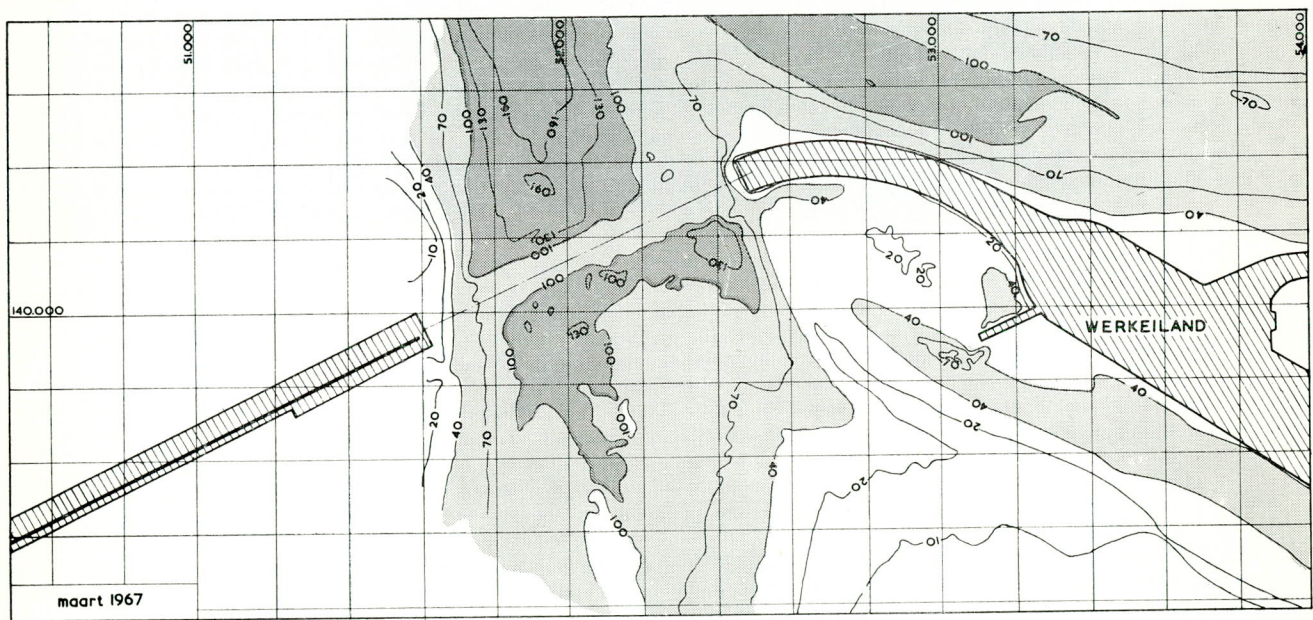
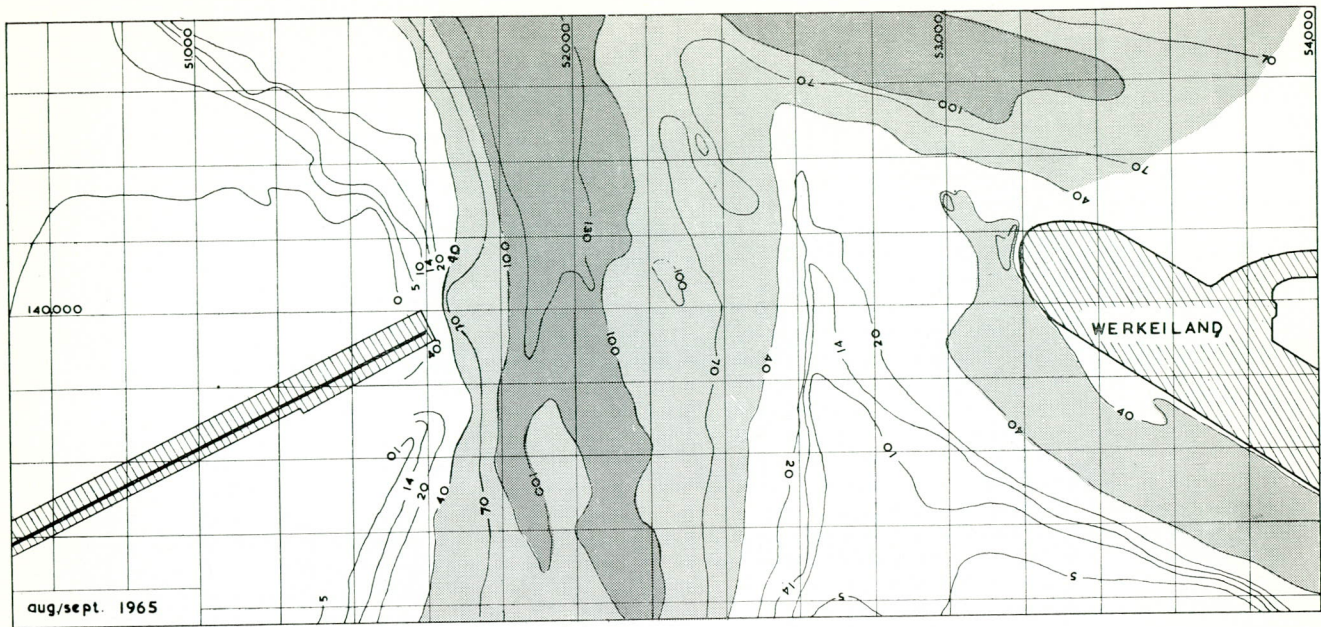


Fig. 15: De geulen bij het werkeiland, toch al beweeglijk van nature, werden sterk beïnvloed door de werken

van het Nieuwe Robbengat worden gekruist. Uit het modelonderzoek was duidelijk gebleken, dat de stroom ook hier langzamerhand moest worden op zij gedrongen door het uitbouwen van het dijkvak van het werkeiland af in westelijke richting.

Onderzoek van de stroombeelden in het overblijvende sluitgat had inmiddels uitgewezen, dat een grote toestroming alleen zou kunnen worden verkregen door

het bouwen van een stroomleidende dam dwars op het Nieuwe Robbengat. Deze dam nu werd tijdens de bouw van het dijkvak ten westen van het werkeiland met behulp van drijvende kranen opgestort van betonbrokken, afkomstig van oude Duitse startbanen van het vliegveld Leeuwarden. Een gunstige afleiding van de stroom ter plaatse van het te maken dijkvak was het gevolg. Een eveneens gunstig gevolg was het in



beweging brengen van grote massa's zand voor de kop van de leidam, die toevalligerwijze juist neersloegen in het gebied waar het dijkvak zou moeten worden gemaakt. Het spreekt vanzelf dat de hierdoor bereikte besparing van dijkmaterialen zeer welkom was. De overblijvende stroom over het dijkvak werd tenslotte gebroken door het snel uitbouwen van een keileemkade, die met behulp van kranen zolang werd in stand gehouden, tot deze over de gehele lengte door het opspuiten van zand tegen de noordzijde daarvan was beschermd. Het voltooien van dit dijkvak behoorde

tot de normale routine van de Lauwerszeewerken.

Samenvattend kan worden gesteld, dat het zelfs op een bewegelijke zandplaat mogelijk is waterbouwkundige werken te maken en in stand te houden, mits de bodemveranderingen in de onmiddellijke omgeving voortdurend worden gevolgd en ondermijning van het werk wordt voorkomen door het tijdig aanbrengen van bezinkingen. Dit alles geldt vanzelfsprekend voor de hier optredende stroomsnelheden, die in bijzondere gevallen tot ten hoogste 2 m per seconde oplopen.

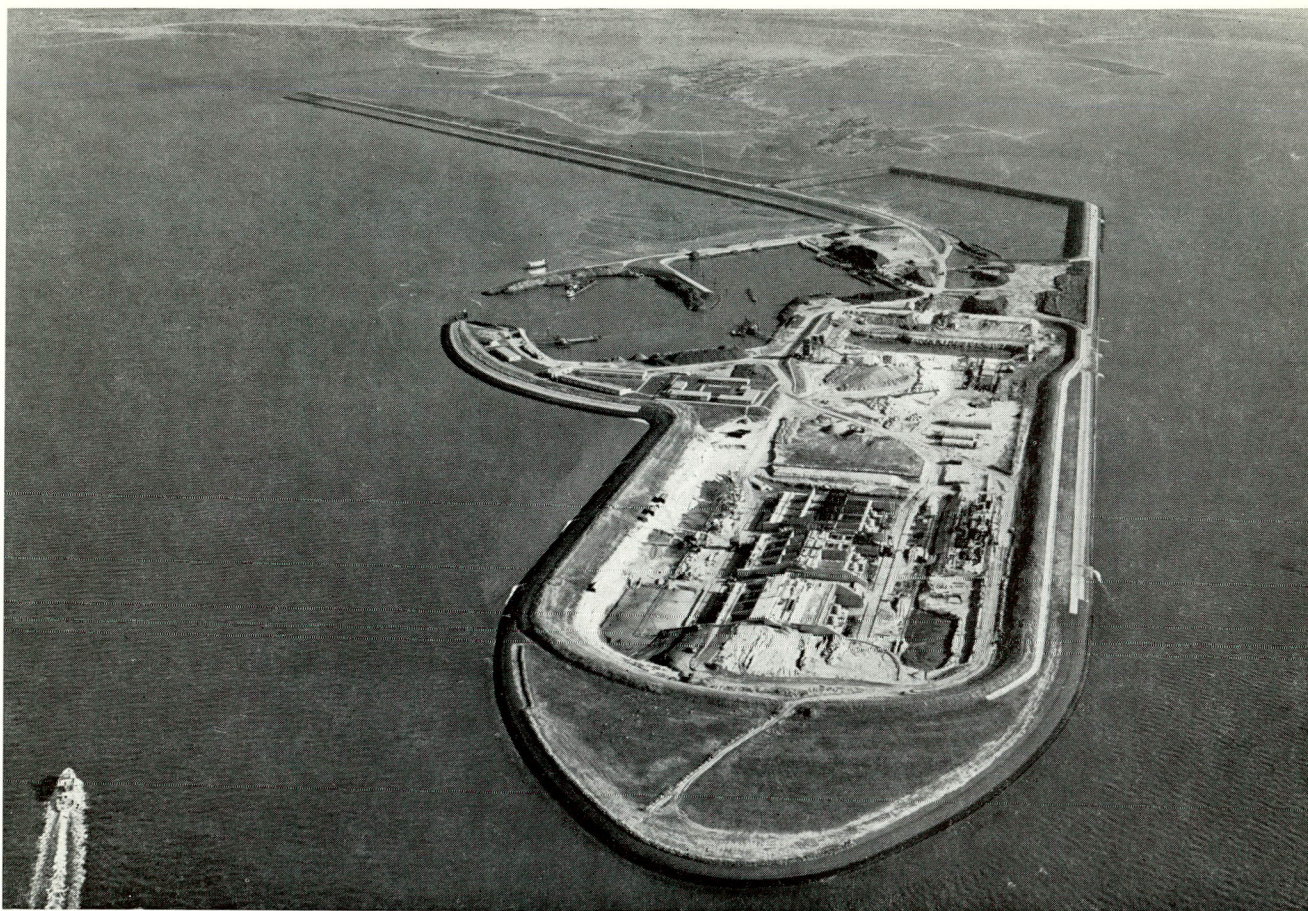


Fig. 16: Het werkeiland was het centrum bij alle activiteiten in de Lauwerszee

Foto Mastboom Vliegbedrijf N.V

In de loop van de jaren is het werkeiland uitgegroeid tot de grote basis van de Lauwerszeewerken. De kantoren van de direktie en de aannemer werden hier gevestigd. Het werkkamp „Lauwersoog” werd er gebouwd; hierin kunnen in totaal 150 à 200 man worden ondergebracht, in wooneenheden van 8 man. De havens, die al vrijwel geheel de vorm hebben gekregen van de toekomstige veer- en vissershavens, zijn zo spoedig mogelijk met alle definitieve voorzieningen ingericht, zoals havenlichten, een mistlamp en een misthoorn bij de havenmond, steigers en meerstoelen. Langs de vissershaven ligt een 200 m lange stalen kadewand, waarlangs nu met behulp van een havenkraan materialen en materieel voor de Lauwerszeewerken worden gelost en die in de toekomst zal dienen als loskade voor een visafslaggebouw. De ruime terreinen en de grote oeverlengte die het eiland biedt, zijn volop gebruikt voor het opslaan van materialen voor dijk- en kunstwerken.

Na veelvuldig overleg met de aannemer bleek het

wenselijk te zijn ook de bij de uiteindelijke sluiting te gebruiken doorlaatcaissons op het werkeiland te bouwen. Hiervoor werd op de Ballastplaat ten oosten van het eiland een kade aangebracht rondom een ruim 55 ha grote bouwput, waarna met behulp van het uit de bouwput ontgraven zand de ringdijk verder onder een voldoende zwaar profiel werd gebracht. Bij ontgravingen van bouwputten gelijk hier het geval is komen grote hoeveelheden zand vrij, die later weer voor aanaarding van kunstwerken en voor de definitieve vormgeving van het sluizen- en havencomplex moeten worden gebruikt. Een zandbalans werd daarom opgesteld, vooral met het doel zoveel mogelijk uitgegraven specie op de definitieve plaats van bestemming te deponeren, zonder daardoor andere werken of werkzaamheden onmogelijk te maken. Uiteindelijk levert het werkeiland een surplus aan zand op, hoofdzakelijk ten gevolge van de later ontworpen bouwput voor de caissons, welk zand echter volop zal kunnen worden gebruikt bij de aanleg van wegbanen in de afgesloten Lauwerszee.

Ook de concentratie van alle betonwerken op één punt heeft gunstig gewerkt. Alles wat nodig is voor de bereiding van het beton zoals cement, zand en grind, zoet water, installaties om deze materialen samen te brengen, te mengen, te vervoeren en te verwerken en niet te vergeten de arbeiders, zijn in een klein bestek bijeengebracht. Hetzelfde geldt voor het verwerken van wapeningsstaal en van in te betonneren delen en voorts voor het maken van bekistingen. Bij het maken zowel van de 3 geheel gelijke uitwateringssluizen als van de 26 gelijke doorlaatcaissons kan vanzelfsprekend veel profijt worden getrokken van het vele malen opnieuw gebruiken van hulpmaterialen en vooral ook van het verkrijgen van routine door het personeel.

Het brengen van zoet water en elektrische energie naar het werkeiland is opgelost door het leggen van een plastic zoetwaterleiding over het wad van de Ballastplaat naar de Groninger kust en van twee hoogspanningskabels naar de Friese kust via het Nieuwe Robbengat en het Vaarwater naar Oostmahorn. Het laatstgenoemde werk was een typische routine-opdracht voor het P.T.T.-kabelschip „Poolster”, dat het leggen van de beide kabels in korte tijd voltooide. Anders was dit gesteld met de plastic waterleiding over

het wad, deels met een diameter van 10 cm, deels met een van $12\frac{1}{2}$ cm. Teneinde beschadigen en stukvriezen van de leiding te voorkomen is deze ongeveer 70 cm onder de wadbodem gelegd. De met zoet water gevulde leiding heeft een laag s.g., zodat omhoog komen in het zoute en nabij de kust slikachtige milieu niet geheel uitgesloten moest worden geacht. Om dit te voorkomen is de leiding elke vijf meter verankerd aan een in de bodem geslagen perkoenpaal. Een gelukkige combinatie van twee aannemers – één gespecialiseerd in het leggen van leidingen, de ander bekend door zijn ingenieuze graafmachines voor de landaanwinning en zijn grote ervaring met het werken op de Waddenzee – heeft de 7 km lange leiding in enkele weken over het wad gelegd. Telkens bij laagwater werd door de graafmachines in het wad een sleuf gegraven en weer dicht gegooid, nadat de leiding daarin was neergelaten en verankerd. Hoewel aanvankelijk gevreesd werd, dat de leiding door verlegging van geulen plotseling zou komen bloot te liggen en daardoor zou worden beschadigd, is dit in de praktijk niet voorgekomen. De Ballastplaat ter plaatse van het tracé over de waterscheiding van het Nieuwe Robbengat en het Vierhuizer Gat bleek voldoende stabiel te zijn om hier de leiding veilig te leggen.

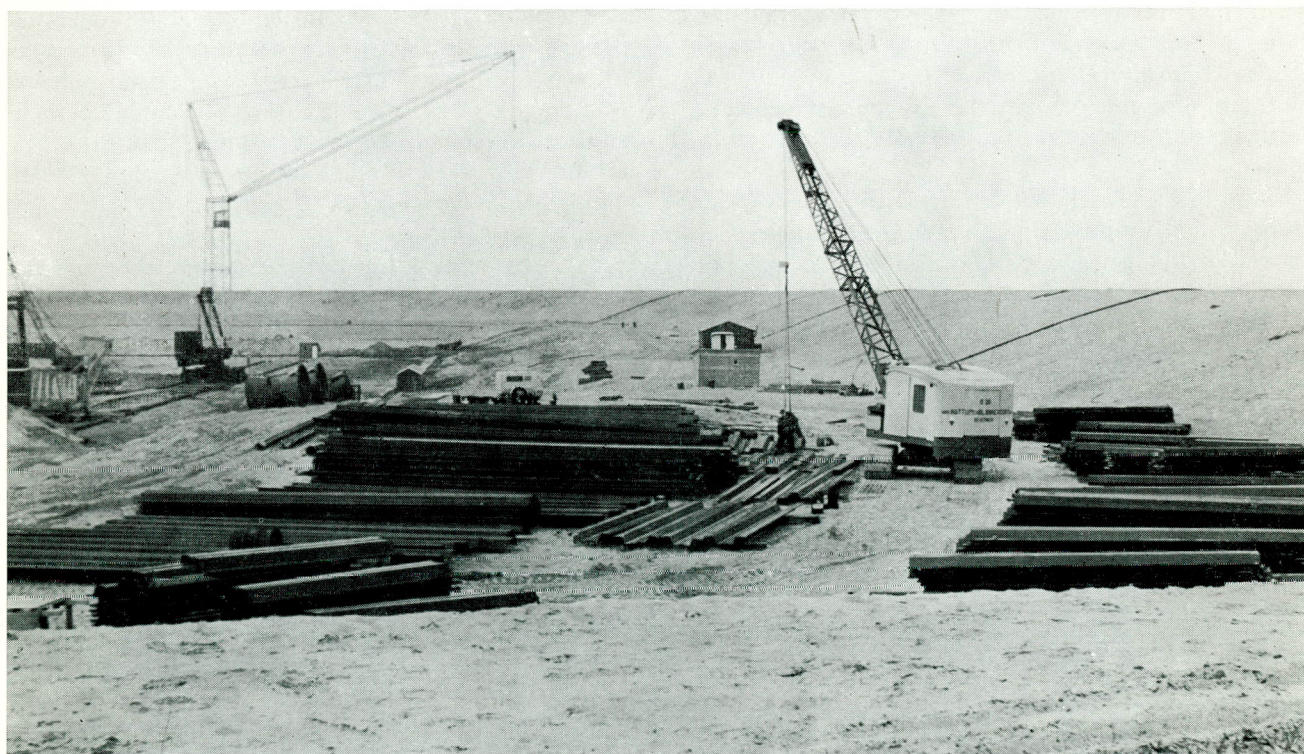


Fig. 17: Begin van de sluizenbouw op het werkeiland

VI. DE DIJKVAKKEN

Reeds Andries Vierlingh stelde dat „de meeste salichheit hangt aan de hoogte van eenen dijk”. Vierlingh wilde daarmee zeggen dat hoe hoger de dijk is, des te groter de zekerheid dat hij hevige stormvloed kan doorstaan. Hiermee is echter het vraagstuk van de uiteindelijke hoogte van een dijk, in dit geval de afsluitdijk in de Lauwerszee, nog niet opgelost. In de laatste jaren gaat men bij het ontwerpen van dijken ervan uit dat bij het optreden van een bepaalde, maatgevende waterstand niet meer dan één op de vijftig golven over de dijk zal slaan. Als maatgevende waterstand geldt het ontwerppeil, zoals dit voor elke plaats aan de kust door de Deltacommissie werd vastgesteld. Voor de Lauwerszee is dit peil N.A.P. + 5,45 m.

De eis van ten hoogste 2% golfoverslag is in zekere zin willekeurig en min of meer gebaseerd op de ervaring dat een normale dijk, met een goede grasmat bedekt, deze overslag kan doorstaan. Zou men de bekleding van de dijk een grotere erosiebestendigheid geven, met name ook aan de binnenzijde, dan zou een grotere golfoverslag kunnen worden toegelaten, zonder dat de veiligheid van de gehele konstruktie hierdoor kleiner zou worden. Zelfs zou men zich kunnen voorstellen, dat een dijk een zo laag gelegen kruin heeft, dat bij de hoogste te verwachten waterstand overloop optreedt, dus niet alleen overslag ten gevolge van de golven, maar een voortdurende overstroming met water zoals bij stuwdammen in rivieren. Ook dan kan de veiligheid door een geschikte konstruktie even groot gemaakt worden als bij een normaal dijkprofiel.

Het spreekt vanzelf dat het toelaten van overslag en/of van overloop alleen aanvaardbaar is wanneer het achter de dijk gelegen gebied geen schade van het binnendringende zeewater ondervindt. Dit zou bijvoorbeeld het geval kunnen zijn wanneer achter de dijk een meer ligt, dat als gevolg van een zeer grote berging weinig gevoelig is voor verzilting en dat omgeven is door voldoende sterke dijken in tweede linie. Door de lagere kruinshoogte bij een „overslagdijk” kan op de kosten van het grondwerk worden bezuinigd. Hier staat tegenover, dat de bekleding van een zwaardere en dus duurder uitvoering moet zijn dan bij een normale dijk en dat bijzondere maatregelen aan de hiel van de dijk noodzakelijk zijn.

In bepaalde gevallen zouden de kosten van een overslagdijk lager kunnen zijn dan van een dijk met een normaal profiel. Ook voor de afsluitdijk van de Lauwerszee, met daarachter een gebied van 9000 ha, is toepassing van een overslagdijk overwogen. Verschillende criteria werden opgesteld om na te gaan

welke overslag bij het voorkomen van de „Delta-stormvloed” nog aanvaardbaar zou zijn met het oog op:

- a. de veiligheid van de afsluitdijk zelf; hierbij speelt ondermeer een belangrijke rol de mate waarin bedreigde punten nog bereikbaar zullen zijn tijdens storm;
- b. de veiligheid van de bestaande zeekeringen, die slechts een waterstand van beperkte hoogte zullen kunnen weerstaan;
- c. de veiligheid van de eventuele bewoners van de ingedijkte Lauwerszee, die zich zo nodig tijdig in veiligheid moeten kunnen brengen;
- d. de verzilting van de Lauwerszeeboezem en van de gronden in de Lauwerszee.

Uit verschillende gegevens is bekend hoeveel water, bij een bepaalde hoogte van de kruin boven de waterstand en bij de dan optredende golven, over de dijk zal slaan. Met behulp hiervan kon een schatting worden gemaakt van de in totaal tijdens een stormvloed te verwachten overslaande watermassa's. Getoetst aan de hierboven genoemde criteria kon de toelaatbare kruinshoogte worden berekend. Hierbij bleek dat de dam theoretisch zelfs zo laag zou kunnen zijn dat overloop voorkomt. Een heel moeilijk probleem vormde echter de vaststelling van een dusdanig profiel, dat de dijk niet zou bezwijken wanneer een dergelijke grote overloop van water inderdaad zou plaats vinden. Met name de beschermingskonstruktie aan de binnenzijde mag niet zo kostbaar worden, dat de totale kosten van de dijk daardoor hoger zouden worden dan in een normaal geval.

De berekeningen, die voor de Lauwerszee zijn opgesteld leidden tenslotte tot de konklusie dat, rekening houdende met de potentiële waarde van de zoetwaterboezem en met de droogvallende gronden in de Lauwerszee, het maken van een overslag- of overloopdijk economisch minder aantrekkelijk zou zijn, zodat tenslotte ook voor deze dam het normale profiel werd gekozen. In algemene opzet onderscheidt het dwarsprofiel van de afsluitdam van de Lauwerszee zich dus niet van dat van andere dijken; een aantal details van het ontwerp zijn niettemin de moeite waard te vermelden.

De kruinshoogte van de dam werd, afhankelijk van de ligging ten opzichte van de meest gevaarlijke windrichting, in dit geval noordwest, bepaald op een peil variërend van N.A.P. + 7,20 tot + 8,85 m. De weg aan de binnenzijde langs de dijk werd, gelet op de situatie bij de uitvoering of bij doorbraak (water aan

weerszijden van de dijk), ontworpen op een relatief laag gelegen binnenberm (N.A.P. + 2,50 m; d.w.z. 1,50 m boven normaal hoog water). Langs het buitenbeloop werd eveneens een 3 m brede berm gemaakt. Deze berm heeft uitsluitend tot doel het buitenbeloop beter bereikbaar te maken voor het onderhoud. De ervaring, met name ook die met de afsluitdijk van het IJsselmeer, heeft geleerd, dat een goede toegankelijkheid van het buitenbeloop de onderhoudskosten aanzienlijk vermindert.

De verdediging van het onderste deel van het buiten- en van het binnenbeloop is onderwerp geweest van uitvoerige proefnemingen met behulp van een elektrisch model, verricht door de waterloopkundige afdeling van de Deltadienst. Het ontwerp, dat in de eerste instantie werd onderzocht, bestond uit een volledige bekleding met asfaltbeton. Deze bekleding bleek alleen stand te kunnen houden tegen opwaartse druk van het water in het dijklichaam, wanneer de laag zeer dik zou worden gemaakt. Een dergelijke constructie is echter zodanig duur, ook wanneer gebruik zou worden gemaakt van met gietasfalt gepenetreerde stortsteen, dat naar andere mogelijkheden werd omgezien.

Een meer doorlatende bekleding van blokken op een laag keileem werd als tweede mogelijkheid onderzocht. Omdat echter de laag keileem als ondoorlatend ten opzichte van het onderliggende zand moet worden beschouwd, weken de gemeten overdrukken in orde van grootte niet af van de eerder onderzochte constructie. Aan een constructie met behulp van keileem zouden bovendien enige bezwaren kleven ten aanzien van de uitvoering, te weten:

- a. de keileem, die in de Lauwerszee voorkomt bevat een hoog percentage zand; dit veroorzaakt een grote mate van uitspoeling en daardoor stagnatie;
- b. bij pas gebaggerde keileem kunnen wateroverdrukken onder de keileemlaag, veroorzaakt door de overmaat water afkomstig uit het zandstort, verschuivingen in de keileem veroorzaken;
- c. alle keileem zou, als gevolg van de gekozen werkwijze, per as langs het werk moeten worden getransporteerd; dit is bij pas gebaggerde keileem niet eenvoudig; eerst opslaan van de keileem om op te stijven brengt hogere kosten met zich mee, terwijl het materiaal moeilijker te verwerken wordt;
- d. de hoeveelheid in de Lauwerszee aanwezige keileem is helaas beperkt; deze voorraad moet zoveel mogelijk worden gereserveerd voor het sluitgat.

Om deze redenen werd besloten over te gaan tot toepassing van mijnsteen, die enigszins als een filter werkt in tegenstelling tot keileem. Een nieuw onder-

zoek wees uit, dat op deze wijze de overdrukken zeer aanzienlijk kunnen worden beperkt. Het bleek weinig verschil uit te maken of de mijnsteen als zeer doorlatend werd beschouwd of dat een gelijke doorlatendheid als voor zand werd verondersteld. Voor het binnenbeloop gelden analoge redeneringen. Op de hogere gedeelten van het beloop is het zandlichaam van de dijk afgedekt met klei, ontleend aan de bodem van de Lauwerszee nabij Oostmahorn.

Een groot probleem bij het maken van deze dijk was hoe het vervoer van de hiervoor benodigde materialen zou moeten geschieden. Het zand vormde geen probleem, want dat kon worden gespoten, maar voor het transport van de overige materialen kwamen slechts twee mogelijkheden in aanmerking: of het verlagen van de zandplaat buiten de buitenteen van de dijk waardoor dan het transport, in een werkgeul varende, zou kunnen geschieden, of verhoging van de zandplaat door middel van een opgespoten „zandpannekoek”, waarover zou kunnen worden gereden. De laatste oplossing is om verschillende redenen gekozen.

Een werkgeul kan aanleiding geven tot de vorming van een doorgaande geul langs de dijksteen met alle gevolgen daarvan, maar kan daarentegen ook zo snel aanzanden, dat een voortdurend onderhoudsbaggerwerk noodzakelijk zou zijn. De voortgang van de werkzaamheden zou hierdoor in hoge mate worden belemmerd. Bij een werkgeul moet bovendien onder de buitenteen een vrij grote verdediging tegen uitschuring en golfafslag worden aangebracht, terwijl na het aanbrengen van een zandpannekoek de teenconstructies aan binnen- en buitenzijde vrij hoog kunnen worden geplaatst. In het bijzonder de teen aan de Lauwerszeezijde ligt hoog, namelijk op het peil van N.A.P. + 1,50 m, waardoor aanmerkelijk op de tijdelijke glooiingsconstructie werd bespaard. Een werkgeul zou na afloop van de werken vermoedelijk weer geheel of gedeeltelijk moeten worden dichtgespoten om de buitenteen van de dijk te beschermen, zodat er uiteindelijk weinig „werk met werk” zou kunnen worden gemaakt. Tenslotte is de breedte van het buitenbeloop van de dijk te groot om de dijksbekledingen rechtstreeks van in een werkgeul varende materieel af op de dijktafsluiting te kunnen aanbrengen, zodat ook bij deze oplossing van rijdend transport gebruik zou moeten worden gemaakt.

In het voorgaande is reeds een en ander vermeld over de volgorde van uitvoering van verschillende dijkvakken. De omvang van de dijkvakken was vooral bepaald door de technische mogelijkheden van de uitvoering, het totale tijdschema van de Lauwerszee-

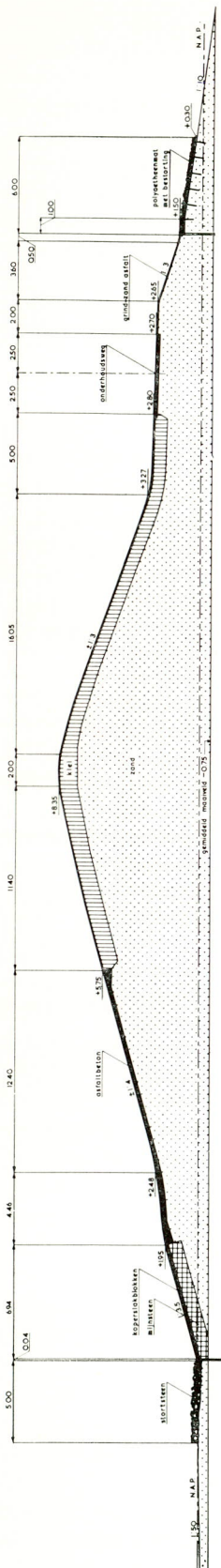


Fig. 18: Het dwarsprofiel van het Groninger dijkvak

werken en de waterloopkundige eis van een aanvaardbare stroming door de nog open vakken. Het is nu eenmaal zo, dat voor de bouw van een waterbouwkundig werk op zee een beperkt seizoen, stel van begin maart tot eind oktober, beschikbaar is. In de eerste en in de laatste maanden van het werkseizoen zijn heftige stormen mogelijk, die grote vernielingen aan het uitgevoerde werk kunnen veroorzaken. Zelfs in de zomer kunnen er stormen optreden, die hoge waterstanden veroorzaken. Het is dus zaak niet te vroeg te beginnen, het werk steeds snel tot een redelijk peil te beschermen en zo vroeg mogelijk in het najaar de voor wegspoelen vatbare materialen, zoals zand, klei en keileem volledig beschermd te hebben.

Het dijkvak ten oosten van het werkeiland werd vanzelfsprekend vanuit het eiland als basis aangelegd. In hetzelfde jaar 1963 werd een eilandje opgeworpen op de plaats, waar het dijktracé raakt aan een bocht van het Vierhuizer Gat. Ook hier weer het probleem – ook al bij het maken van het werkeiland naar voren gekomen – dat er geen zand kon worden gespoten voordat er voldoende perskaden lagen en dat de perskaden moeilijk konden worden aangebracht, omdat het maaiveld ter plaatse te laag lag om te berijden en te hoog om er over te varen. Op het werkeiland zijn de perskaden op de hogere delen van de zandplaat bij laag water uitgereden met behulp van een grondkar, speciaal bestemd voor slap terrein. Aan het Vierhuizer Gat is langs de geul met behulp van een drijvende kraan eerst een eilandje gestort van stortsteen en mijnsteen, waarop een dragline kon worden geplaatst en is vervolgens een kade opgestort van materiaal uitgereden met vrachtauto's, die zich zo goed en zo kwaad als het ging over het gemaakte werk voortbewogen.

Toen er eenmaal voldoende lengte perskade langs de waterkant was aangebracht, kon er zand achter worden gespoten, zonder dat dit weer in de geul terugvloeyde; daarna kon over het zand worden gereden. De te veel verwerkte mijnsteen in de betreffende perskade is in een later stadium van het werk opgenomen en elders weer verwerkt. Op deze wijze is in één werkseizoen de losplaats aan het Vierhuizer Gat ontstaan, waarbij de specie uit de hier gegraven havenkom in het gemaakte werk kon worden gestort. Een dam van tijdelijk hier in depot opgeslagen stortsteen beschermde de havenkom tegen golven uit westelijke en noordwestelijke richtingen. Zodra de haven na 1968 niet meer nodig was, werd voor de uitvoering van de werken het dijkprofiel ook hier volledig afgewerkt met behulp van zand, dat aanwezig was in het brede werkterrein aan de Lauwerszezijde.

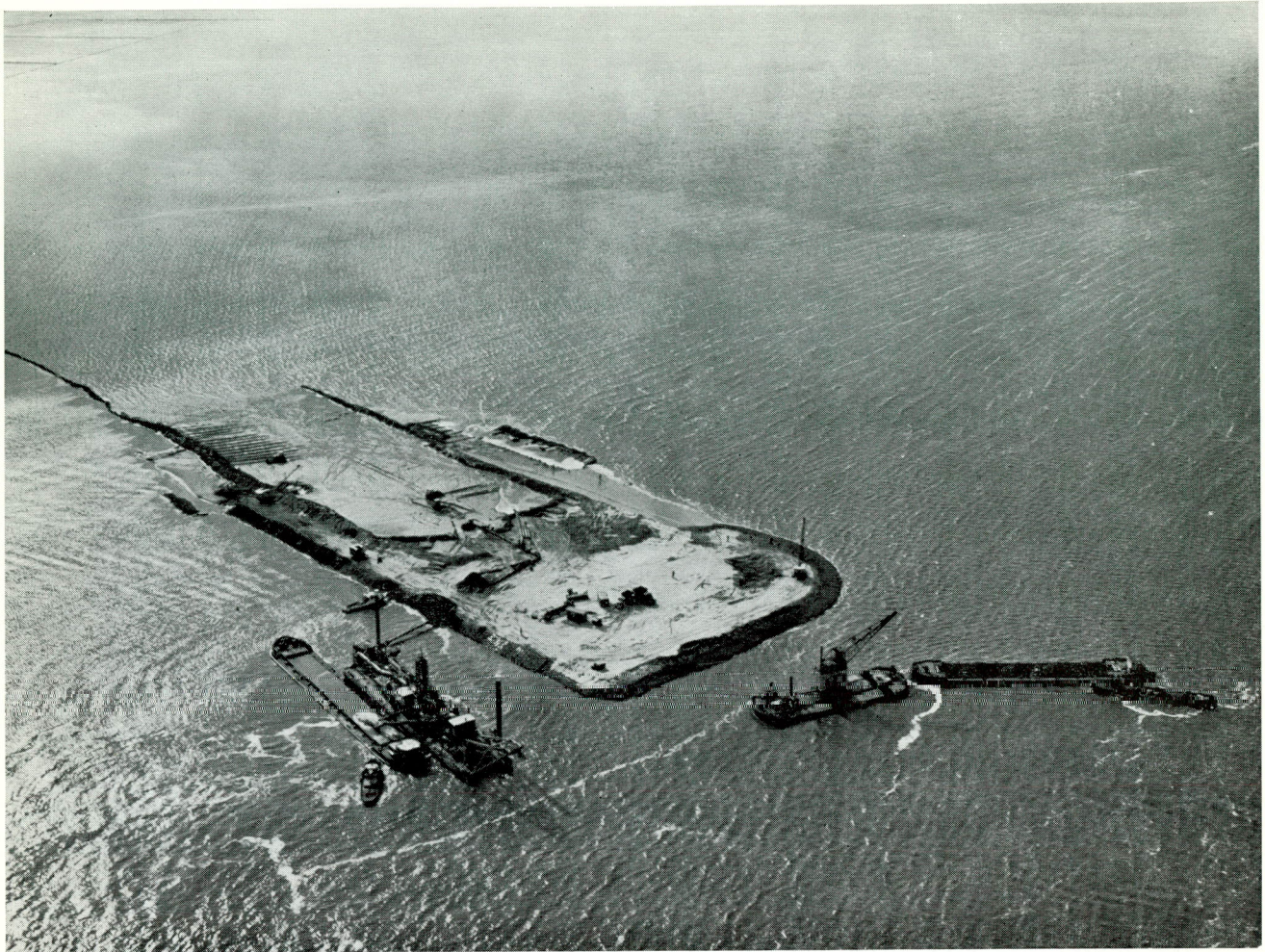


Fig. 19: De start van het Friese dijkvak op de geuloever was niet gemakkelijk

Foto Mastboom Vliegbedrijf N.V.

Op dezelfde wijze als het dijkvak ten oosten van het werkeiland werd in 1964 vlot het dijkvak van de losplaats aan het Vierhuizer Gat naar de Groninger kust gebouwd. Aannemers en directie, vertrouwd met het te maken dijkprofiel, ontmoetten vrijwel geen problemen meer bij het maken van dit bijna 3 km lange dijkvak.

In het jaar 1965 werd ineens de sprong gewaagd van de oever van het Vaarwater naar Oostmahorn uit naar de Friese kust. Eerst werd hier de losplaats op de Hoek van de Bant met de daarbij behorende havenkom aangelegd en nog in hetzelfde werkseizoen volgde de bouw van het dijkvak tot aan de bestaande dijk. Weer was de start moeilijk op het maagdelijke terrein vlak langs de geul. Een baggermolen begon hier snel een vrij lang en smal havenbekken in de oeverlijn uit te baggeren. Met drijvend materieel werden vervol-

gens een mijnsteenkade langs de noordelijke rand van het havenbekken en langs de oever van de geul opgestort. Ook hier stelde het getij duidelijke grenzen aan de voortgang van het werk. Toen eenmaal een behoorlijk zandplateau was opgespoten, waarop as-transport kon plaatsvinden en er voldoende oeverlengte beschikbaar was voor het lossen van materialen en materieel, ging ook de aanleg van dit dijkvak voor- spoedig. Enkele verzakkingen in de landaanwinningsvakken waren het gevolg van plaatselijke slappe kleilagen. Gelukkig kon, na enige doorpersing van de ondergrond en daarop volgende consolidatie, het werk worden voortgezet zodat tenslotte de stagnatie meeviel.

De aanleg van het dijkvak ten westen van het werkeiland vormt eigenlijk een onderdeel van de blokkering van het sluitgat. De wijze van uitvoering is in het vorige hoofdstuk reeds beschreven.

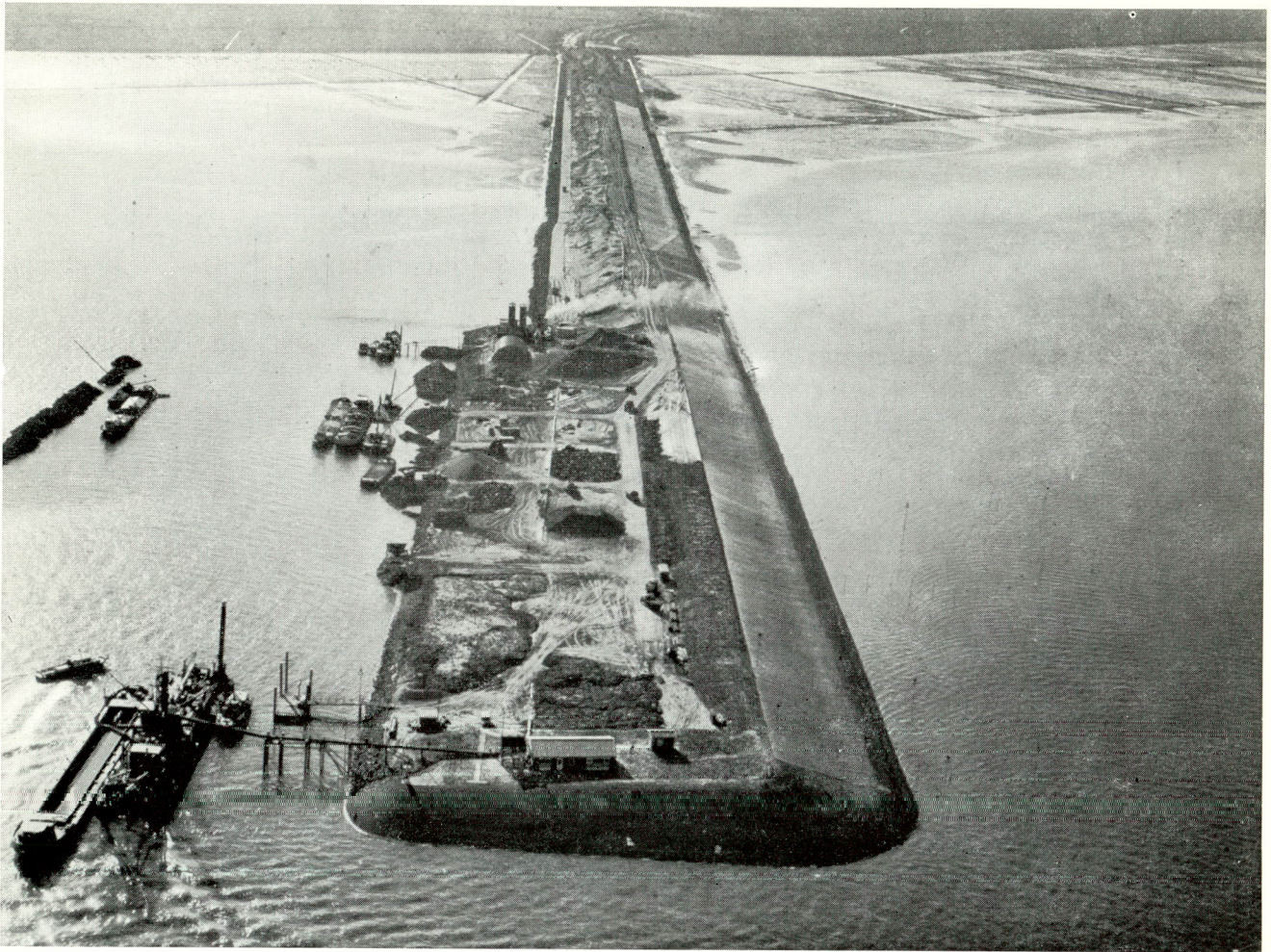


Fig. 20: Het Friese dijkvak kon in één werkseizoen worden voltooid

Foto Aero Camera

Het 3500 m lange dijkvak, dat nog op de Zuidwal moest worden aangelegd, was te lang om ineens te worden uitgevoerd. Dit vak werd tegelijkertijd zowel vanaf het werkeiland als van de losplaats van het Vierhuizer Gat aangelegd, waarbij de beide in uitvoering zijnde vakken elkaar ontmoetten op het hoogste gedeelte van het tracé. Dit dijkvak kon zonder al te grote moeilijkheden, tengevolge van het wegspoelen van zand in het sluitgat, worden gemaakt, vooral dank zij een grote productie van de drie ingeschakelde zandzuigers.

Naarmate een dijkvak later wordt aangelegd zal de bekleding aan de Lauwerszeezijde daarvan gedurende een kortere periode blootgesteld staan aan het geweld van de zee. Alleen de dijkgedeelten, die grenzen aan het Vaarwater naar Oostmahorn en aan

het Nieuwe Robbengat, zullen na de afsluiting door het water worden bespoeld, zij het dan ook tot een beperkte hoogte. Overigens valt het achterliggende gebied droog. De bekledingsconstructie is hier zoveel mogelijk aangepast aan de ligging ten opzichte van de hevigste golfslag en de duur van de aanval. Het Groninger dijkvak is evenals het eerder gemaakte dijkvak ten oosten van het werkeiland bekleed met koper-slakblokken op een kleilaag, met een tussenlaag van schelpen. Het Friese dijkvak, waarvan de Lauwerszeezijde erg beschut ligt, is afgedekt met klei met daarover een plasticfolie, verzaamd met stortsteen. Het in 1968 gemaakte dijkvak kreeg een hoge teenconstructie met een lichte afdekking van zandasfalt erboven en onder de teen een bodembescherming met een afdekking van stortsteen.

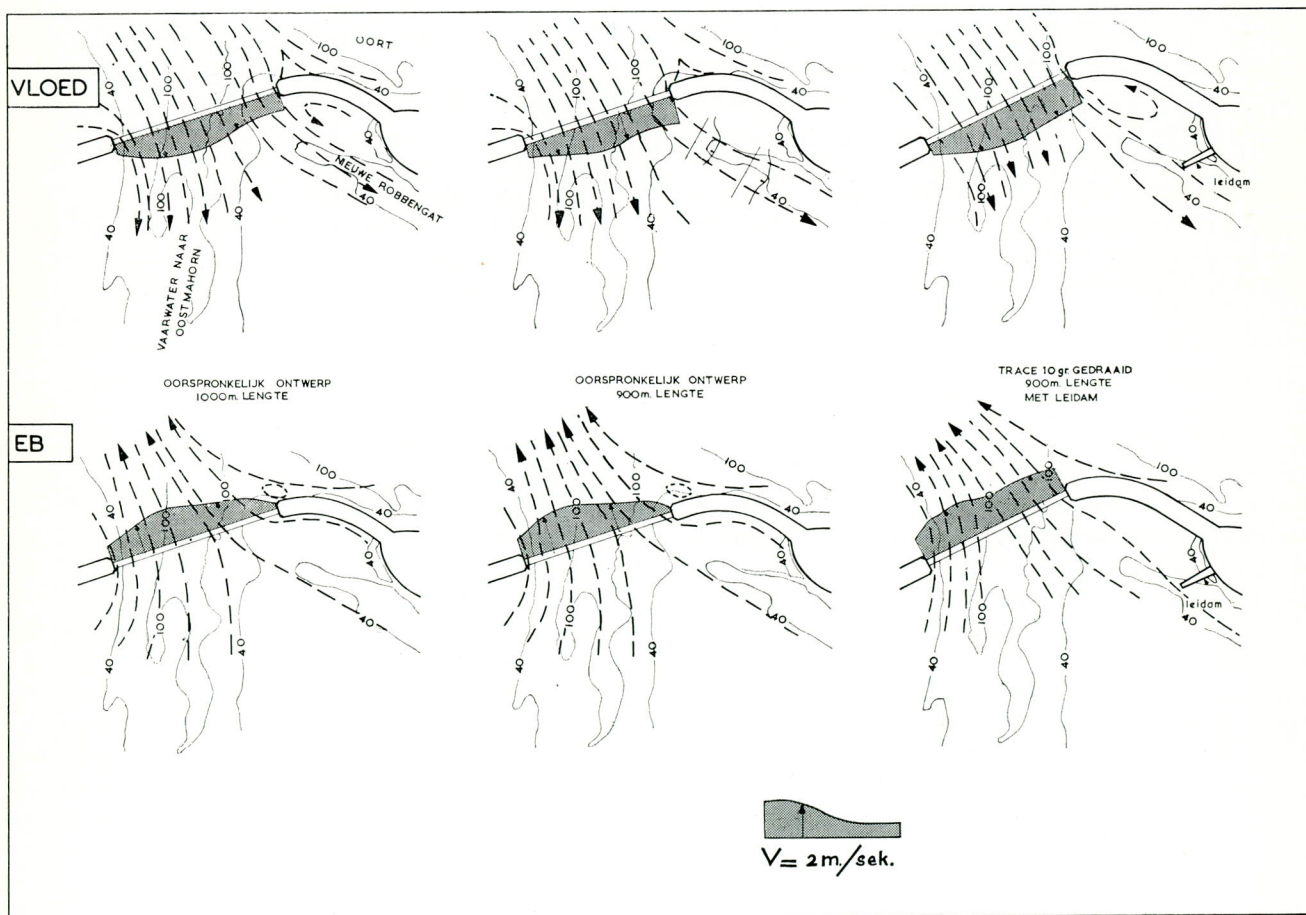
VII. HET SLUITGAT EN DE SLUITING IN 1969

Uiteindelijk werd de Lauwerszee ter plaatse van een sluitgat geblokkeerd. Het grote probleem bij de forming van dit gat was dat twee geulen, waarvan de assen een hoek van ongeveer 60° met elkaar maken, gelijktijdig moesten worden afgesloten.

Men zou in dit geval twee afzonderlijke sluitgaten kunnen maken, één voor elk van de geulen met daartussen een kort dijkvak, maar dit heeft bezwaren. Omdat de sluitingswerken niet in een enkel geschikt seizoen konden worden uitgevoerd diende ermee te worden overwinterd. Dit betekende, dat ook het dijkvak tussen de beide sluitgaten van kostbare verdedigde dijkkoppen zou moeten worden voorzien. Uit het waterloopkundig modelonderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium te De Voorst (N.O. Polder) bleek voorts, dat een dijk tussen de beide sluitgaten een ongunstig stroombeeld veroorzaken zou, met sterke dwarsstromen. Nog ongunstiger zou het stroombeeld worden zodra één van

de beide sluitgaten was afgesloten. Vooral bij eb zou dan een sterke dwarsstroom grote uitschuringen veroorzaken. Er is ook overwogen de beide sluitgaten gelijktijdig te dichten. Gezien echter het grote oppervlak, dat in totaal zou moeten worden afgesloten, was dit een riskante en moeilijk te verwezenlijken onderneming.

Om al deze redenen is er één enkel sluitgat ontworpen, waarbij de beide geulen tegelijkertijd werden afgesloten. De beste toestroming naar dit sluitgat werd verkregen wanneer het zo ver mogelijk naar het noorden kwam te liggen. De invloed van de scheiding tussen de beide geulen, gevormd door de zandplaat „de Rug”, was dan ook tot een minimum beperkt. Zoals uit vele modelproeven was gebleken vertoonde het water zowel bij vloed als bij eb een regelmatig stroombeeld, waardoor de kans op ontoelaatbare ontgroningen zo gering mogelijk werd. Het sluitgat moest een vrij grote



Hoogtematen in decimeters onder N.A.P.

Fig. 21: De juiste plaats en ligging van het sluitgat werden in het waterloopkundig model bepaald

lengte krijgen namelijk van 900 à 1000 m. Bij een nog langer sluitgat zouden tengevolge van onvoldoende toestroming de stroomsnelheden aan de zijanten lager zijn dan het gemiddelde. Een deel van het sluitgat zou dan niet ten volle worden benut.

Bij eb bleek de stroomverdeling boven de drempel volgens de waterloopkundige modelproeven minder gunstig te zijn. Langs de dijk aan de oostzijde van het sluitgat trok een vrij sterke stroom uit het Nieuwe Robbengat, die de hoofdstroom in het sluitgat vrijwel haaks in de flank trof en daardoor een zeer turbulent stroomgebied nabij het Groninger landhoofd veroorzaakte. Voor deze moeilijkheid vond men een oplossing door de stroom uit het Nieuwe Robbengat, die een ebvolume heeft van 14 miljoen m³ water, een iets andere loop te geven door middel van de reeds eerder genoemde leidam van 170 m lengte (zie fig. 15 en 21). Bovendien is het sluitgat nog enigszins tegen de wijzers van de klok in gedraaid teneinde juist bij felle ebstromen een regelmatig stroombeeld te verkrijgen.

Gezien de grote afmetingen van het sluitgat was het zonder een onevenredig grote krachtsinspanning niet mogelijk de bodembescherming door middel van zinkstukken – er moest ongeveer 20 ha bezonken worden – in één werkseizoen gereed te maken. In verband hiermede moest gedurende meer dan één stormseizoen worden overwinterd. De ervaring bij vorige sluitgaten in ons land heeft geleerd, dat de gemiddelde stroomsnelheden bij gemiddeld getij gedurende het overwinteringsstadium in het sluitgat bij voorkeur niet groter dienen te worden dan 1,75 m per seconde. Uit getijberekeningen bleek, dat het sluitgat dienovereenkomstig bij een lengte van 900 m een doorstroomprofiel moest hebben ter totale oppervlakte onder N.A.P. van ongeveer 5000 m².

Ook voor dit sluitgat gold, dat de afsluiting in theorie tot stand zou kunnen worden gebracht door een dam onder water steeds hoger op te werken, dus door middel van een geleidelijke sluiting, of door het plaatsen van doorlaatcaissons met schuiven of kleppen, waarmee een plotselinge sluiting wordt verkregen. Na een uitvoerige vergelijking van de beide methoden, waarbij tevens nog is nagegaan of een combinatie zou hebben, is tenslotte de keus gevallen op een sluiting met doorlaatcaissons, naar het voorbeeld van het Veerse Gat. Een belangrijke reden hiervoor was, dat het risico van mislukking onder de omstandigheden waarbij in de Lauwerszee moest worden gewerkt, bij een sluiting met doorlaatcaissons het kleinst werd geacht. De kosten van beide methoden liepen weinig uiteen. Ook de moeilijke bereikbaarheid van de Lauwerszee, waardoor het uitgesloten moest worden geacht snel de grote extra hoeveelheden materialen aan te voeren, die in noodgevallen bij een geleidelijke sluiting

nodig zijn, heeft tot deze beslissing bijgedragen.

De doorlaatcaissons zijn geplaatst op een horizontale drempel met een totale lengte van 900 m. Alle caissons konden dezelfde afmetingen hebben, waardoor seriebouw kon worden toegepast. Het plaatsen van alle caissons op een horizontale drempel leverde bovendien de minste moeilijkheden op. Om dezelfde reden heeft de drempel een rechte strekking gekregen.

Voor het maken van de drempel moest het onregelmatige dwarsprofiel van de stroomgeul ter plaatse van het sluitgat in een rechthoekig profiel worden veranderd. In de oevers van de geul werden door middel van uitbaggeren verdiepingen aangebracht, terwijl het diepste gedeelte van de geul werd opgehoogd. De te baggeren gedeelten moesten onmiddellijk na het gereedkomen met zinkstukken worden afgedekt om te voorkomen, dat de aldus gevormde vlakke bodem door uitschuring als gevolg van de totale vernauwing van de geul zou veranderen. De hoogte van de bovenkant van deze zinkstukken was N.A.P. –8,50 m. In tegenstelling tot het Veerse Gat zijn hier geen verdiepingen gebaggerd boven- en benedenstrooms van de drempel, omdat deze met de tijd vanzelf ontstaan.

In het diepere gedeelte van de geul kon een drempel van zand worden opgestort tussen kaden van keileem. Het zand is aan de bovenzijde afgedekt met een laag keileem, die vervolgens vlak werd afgebaggerd, waarna de dikte ten hoogste 1 m bedroeg. De drempel is aan beide zijden afgedekt met zinkstukken van 60 × 25 m, die elkaar op de kruin van het damlichaam niet overlappen. Hierdoor werd voorkomen, dat ter plaatse van een zijdelingse overlapping drie zinkstukken boven elkaar zouden komen te liggen, hetgeen een ontoelaatbare hoge bult in het bezonken gedeelte zou opleveren. De drie meter brede naad in de hartlijn van het sluitgat werd volgestort met grind. Deze constructie was toelaatbaar omdat over de gehele drempel, dus zowel op de ingegraven als op de opgehoogde gedeelten, op de kruin een steenfilter met een dikte van 2 m werd aangebracht, dat de naad afdekte. Dit steenfilter diende vooral om de bovenzijde van de drempel zo vlak mogelijk te maken; het ruwe grondwerk onder water en de daarop liggende zinkstukken zijn niet zonder meer geschikt om de caissons gelijkmatig te ondersteunen. Eerst werd een laag grind aangebracht met een ruime overmaat, die vervolgens zo zorgvuldig mogelijk tot een dikte van 1 m werd vlak gebaggerd. Om deze laag, tijdens de sluiting en na het plaatsen van de caissons, tegen wegspoelen te beschermen werd de laag met behulp van de steenstorter „Lauwerszee” met een gelijkmatige laag zware stortsteen, 10 tot 80 kg, afgedekt, zo goed als in de af en toe felle getijstromen op ruim 6 meter onder water maar mogelijk was. Bij de plaatsing is gebleken hoe goed een en ander was gelukt.

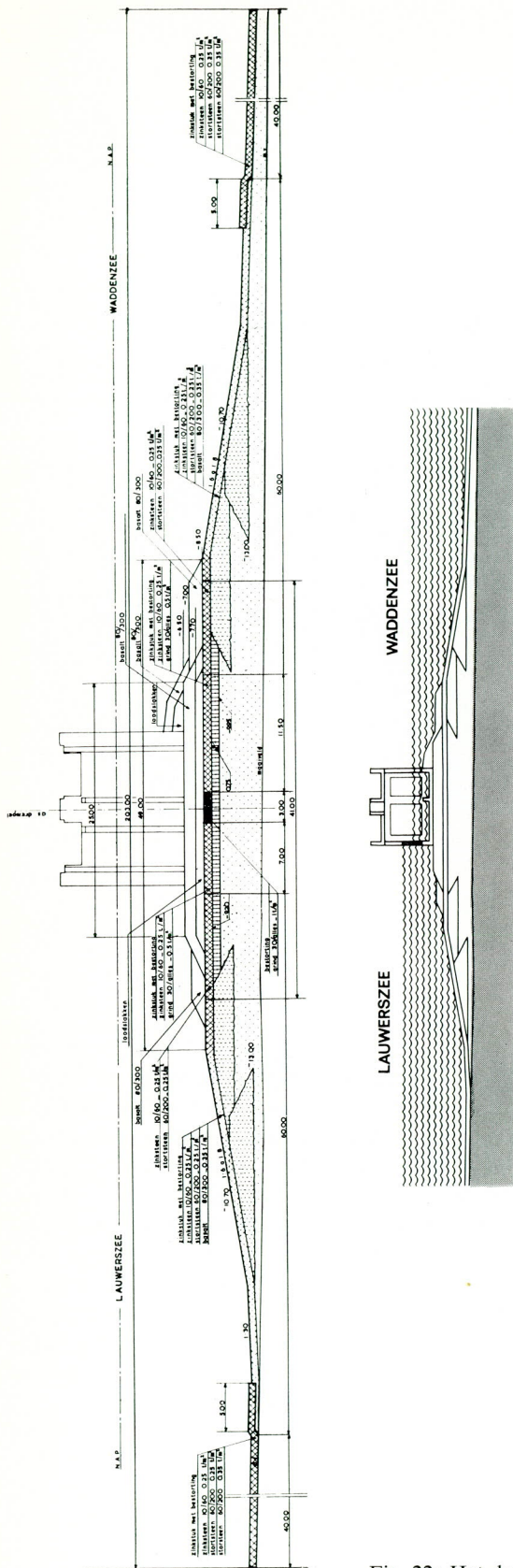


Fig. 22: Het dwarsprofiel ter plaatse van de drempel

De geplaatste doorlaatcaissons waren kleiner dan de caissons van het Veerse Gat ($1 \times b \times h = 33 \times 15 \times 12$ m tegenover $45,50 \times 20 \times 20$ m). Het aantal was veel groter in verband met de grote drempellengte (869 m tegenover 324 m), namelijk 25 in plaats van 7. De eigenlijke afsluiting geschiedde bij de Lauwerszee-caissons door het neerlaten van kleppen.

In de Lauwerszee zijn geen speciale landhoofdcaissons toegepast. Aan beide zijden van het sluitgat werden normale doorlaatcaissons geplaatst, die van een extra oplegkonstruktie voor de bruggen naar de wal en van een uitstekende wand waren voorzien. De laatste diende om een goede aansluiting tot stand te brengen met de stenen dam die de driehoekige opening tussen de caisson en de kop van het aansluitende dijkvak moest opvullen. Na de plaatsing van deze beide caissons waren al heel wat vragen beantwoord, die tijdens de voorbereidende besprekingen over het gedrag van de caissons telkens weer waren gesteld. Het varen door het Nieuwe Robbengat, om de caissons uit de bouwput naar het sluitgat te brengen, bleek over het algemeen bijzonder mee te vallen. De allereerste vaart was de moeilijkste, omdat deze 's nachts plaats vond en bij koud, regenachtig weer zonder veel zicht.

Meestal werd het sluitgat gepasseerd omstreeks het moment van hoogwater en vervolgens werd aan de noordzijde van het gat een parkeerplaats gezocht. Aanvankelijk had men nogal eens moeilijkheden met de vrij sterke ebstromen uit het sluitgat, maar later, toen er een groot aantal caissons in het sluitgat stonden, waren er benedenstreams van de geplaatste caissons rustige ligplaatsen beschikbaar.

Tot ongeveer een uur voor de laagwaterkentering werd gewacht en vervolgens trokken de sleepboten de caisson in de richting van het sluitgat. De beide landhoofdcaissons werden bij gebrek aan vaste punten nog geplaatst langs zij van een met ankerdraden in alle richtingen stevig vertuinde en van lieren voorziene ponton, die vervolgens met caisson en al in de juiste positie werd gedraaid, maar alle andere caissons werden steeds met een hoek naar de overeenkomstige hoek van de laatst gezonken caisson gebracht, daaraan met zware draden vastgemaakt en vervolgens als een grote deur aan het gevormde scharnierpunt ingedraaid.

Bewust was afgestapt van het systeem van een vaste parkeerdraad, zoals bij het Veerse Gat was toegepast. De caisson werd toen aan een lange staaldraad verbonden met het scharnierpunt, waarbij de sleepboten er

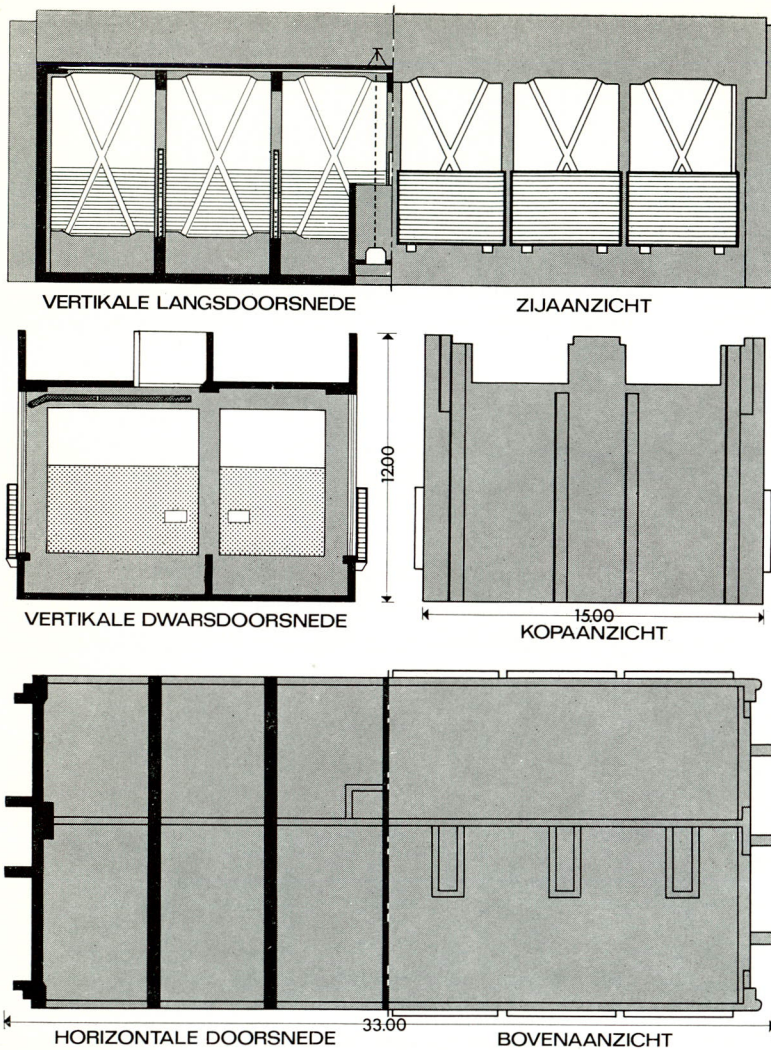


Fig. 23: Doorlaatcaisson Lauwerszee

voor moesten zorgen dat deze draad niet teveel onder spanning kwam. Dit vergde bijzonder veel oplettendheid van de sleepbootkapiteins en in enkele gevallen is de draad toch nog gebroken. Door middel van de voor de Volkerak-afsluiting speciaal aangeschafte lier met krachtbegrenzing kon toch het gestelde doel, het geleiden van de caisson naar het scharnierpunt, worden bereikt. Met behulp van werplijnen werd namelijk een staaldraad overgebracht van de op de reeds geplaatste caisson aanwezige lier naar de drijvende caisson en op het in het scharnier vallende hoekpunt vastgezet. In combinatie met de sleepboten trok deze lier vervolgens de hoeken van de caissons tegen elkaar, waarbij de aanvaarstoot steeds voortreffelijk werd opgevangen door een in de hoek opgehangen fender van hardhout, omwoeld met rubber en rijshout.

Tijdens het vormen van het scharnierpunt werden, met behulp van werplijnen, tevens nog twee kruisdraden

overgebracht, die de naad tussen de vaste en de drijvende caissons kruiselings overspanden en daarmee een goede steun leverden tegen eventueel dwarsuit wegdrijven van de caisson zodra deze in de as lag. Overigens werd deze beweging ook voorkomen door de gewapend betonribben tegen de eindwanden van de caissons, die zodanig werden ontworpen dat deze over en weer tussen elkaar vielen. Een hardhouten balk, tussen de eindwand van de éne en de buitenste ribben van de andere caisson, bleek een uitmuntend hulpmiddel te zijn om de juiste afstand tussen de caissons tijdens het zinken te handhaven.

Hoewel de caissons waren ontworpen voor het tot zinken brengen bij laagwater, bleek bij modelonderzoekingen en nader uitgewerkte getijberekeningen, dat het zinken bij hoogwater weliswaar een enkele minuten langere zinkduur tengevolge zou hebben, maar dat door de vorm van de getijkromme de voor het zinken be-

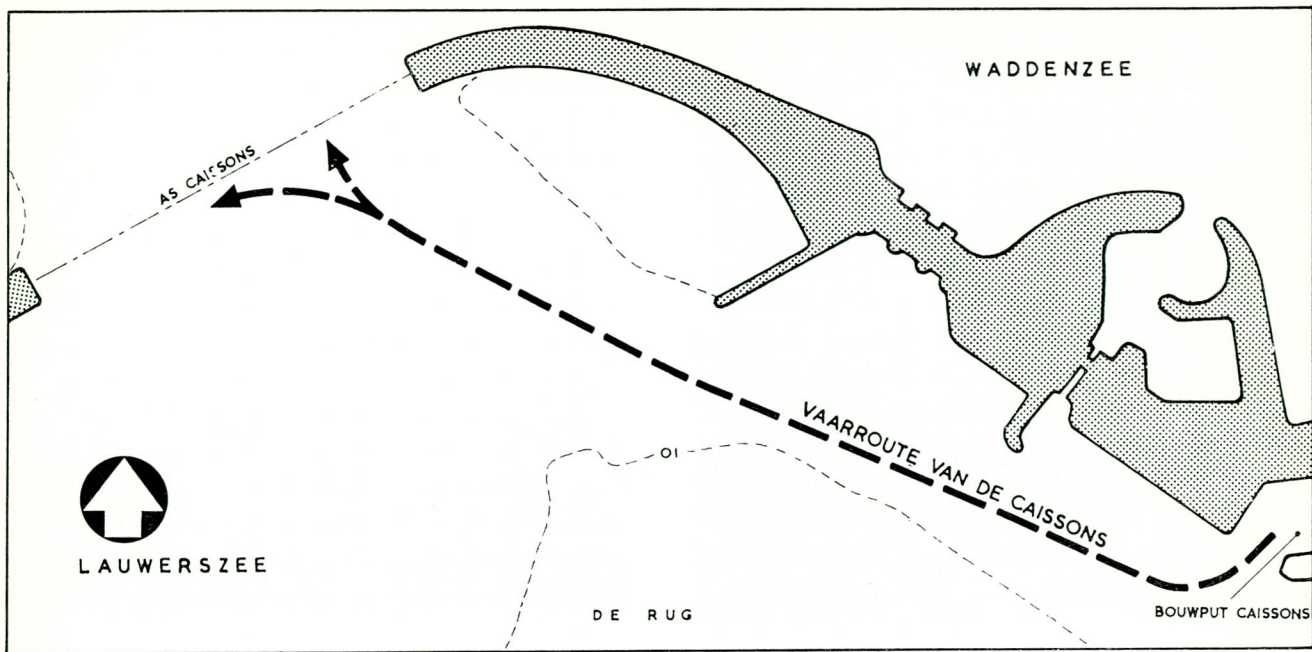


Fig. 24: Vaarroute

schikbare tijd vrij veel ruimer zou zijn. Dit was eveneens gebleken bij de afsluiting van het Volkerak. Uitvoerig zijn de voor- en nadelen van beide zinkwijzen tegen elkaar afgewogen en tenslotte is besloten een beperkt aantal caissons (7 normale en de reservecaisson) alsnog geschikt te maken voor het zinken bij hoogwater. De diepte waarover de caisson zou moeten zinken werd vergroot van ongeveer 1,5 m tot ongeveer 4 m. Dit betekende dat de caisson tijdens het zinken volslagen instabiel zou worden en dat het water al spoedig over de houten drijfschotten aan één zijde zou heenlopen en de caisson zou doen kenteren.

Voor het zinken bij hoogwater werden de drijfschotten met enkele meters verhoogd en in de lengteas van de caisson werd een wegneembaar schot aangebracht om te voorkomen, dat het ingelaten water van bakboord naar stuurboord en vice versa zou lopen en daarmee de stabiliteit in gevaar brengen. Bovendien werden in een aantal schotten aan weerszijden stalen inlaatkleppen aangebracht, waarmee de hoeveelheid in te laten water tijdens het zinken zowel aan de ene als aan de andere zijde kon worden geregeld, al naar gelang de caisson de neiging had enige helling te vertonen.

Algemeen werd tegen het plaatsen van de hoogwatercaissons opgezien, maar om in de laatste, moeilijke week alle mogelijkheden voor de plaatsing open te houden moest toch een proef worden gedaan. De eerste proef, op 7 mei met de 7e caisson, was een volslagen succes! Met name door het manipuleren met de

genoemde kleppen kon de hoek van dwarshelling van de caisson tijdens het zinken kleiner dan 2 graden worden gehouden. Hiermee werd de keuzevrijheid voor het programma van de laatste week een heel stuk vergroot.

Een tweede mogelijkheid wijzigingen in het programma aan te brengen was het toepassen van een gekoppelde eenheid van twee caissons. De eis was namelijk gesteld, dat de laatste opening door twee caissons tegelijk zou moeten worden gesloten, omdat het modelonderzoek had uitgewezen dat juist door een laatste opening van ongeveer 40 m een zo sterke stroom zou kunnen trekken, dat de zware basaltblokken van de drempel erdoor zouden worden meegesleurd. Hier was het zaak om de zee „bij verrassing te nemen” en dus een zo groot mogelijke opening, in dit geval van ongeveer 80 m, ineens te sluiten.

Voor het koppelsysteem waren vele oplossingen ontworpen, maar uiteindelijk werd het oorspronkelijke plan gekozen, dat in koppeldraden voorzag over de gehele lengte van de beide caissons. Allerlei voorzorgen waren getroffen om breuk van zo'n zware kabel te voorkomen, onder anderen het tussenschakelen van een zeer elastische nylonrekker, die het in noodgevallen als eerste zou begeven. Een tweede nylonrekker, parallel aan de eerste bevestigd maar niet onder spanning staande, zou de koppeldraden dan toch nog bij elkaar houden.

De praktijk overtrof alle verwachtingen: de caissons