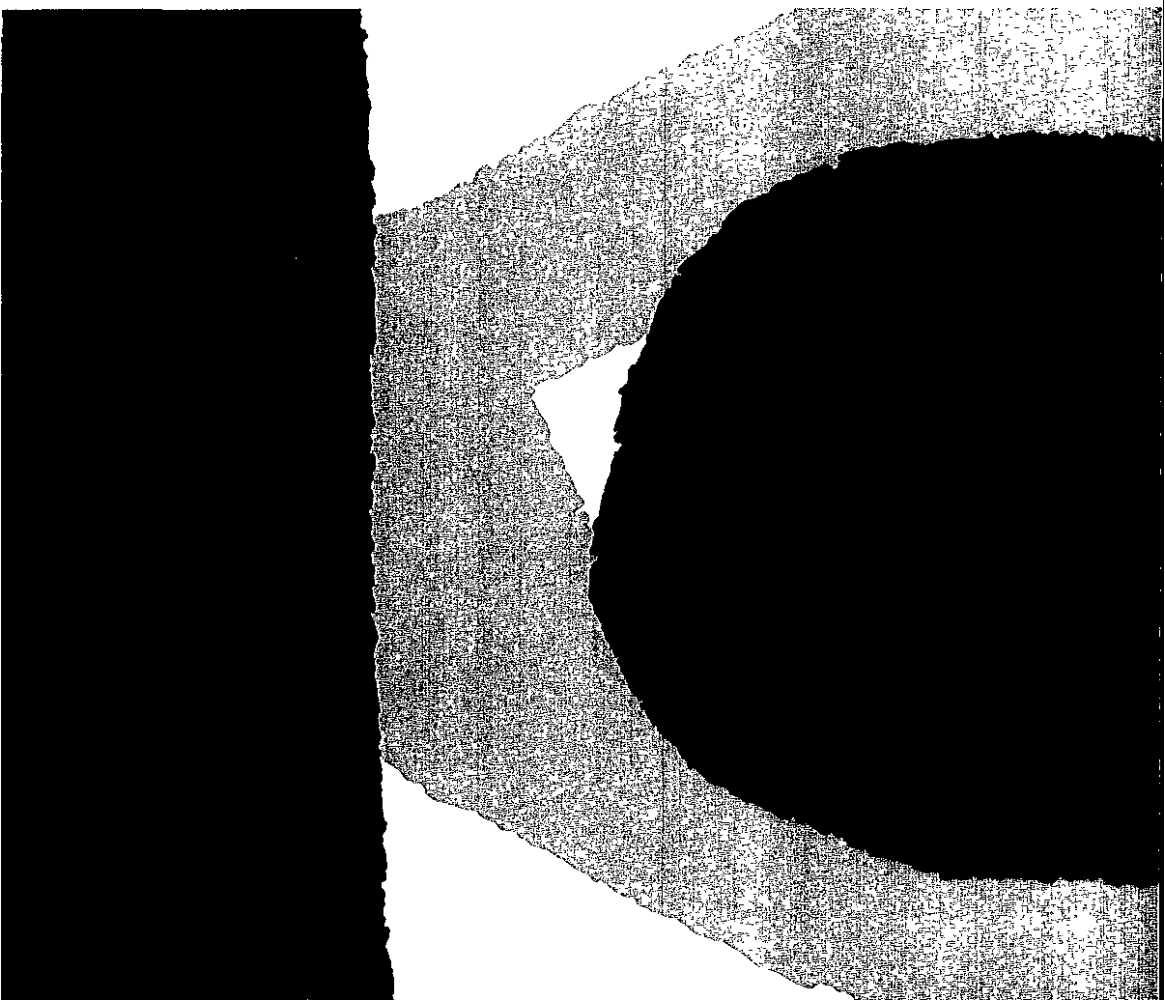


Drie maandelijks Bericht
nummer 60, mei 1972

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadeaan 400
's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr Plantijnstraat 1,
's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 12,- per jaar
of f 3,25 per nummer

Inhoud

Uitreiking van de Delta-zegel 495

A. De werken van het Deltaplan

De Brouwersdam opengesteld voor het
wegverkeer 496

De ontwikkeling van de modeltechniek, mede
onder invloed van de Deltawerken 498

Sedimentologisch onderzoek in het
Deltagebied 505

Zandverplaatsingen in de rivieren van het
noordelijk bekken na de afsluiting van het
Haringvliet 512

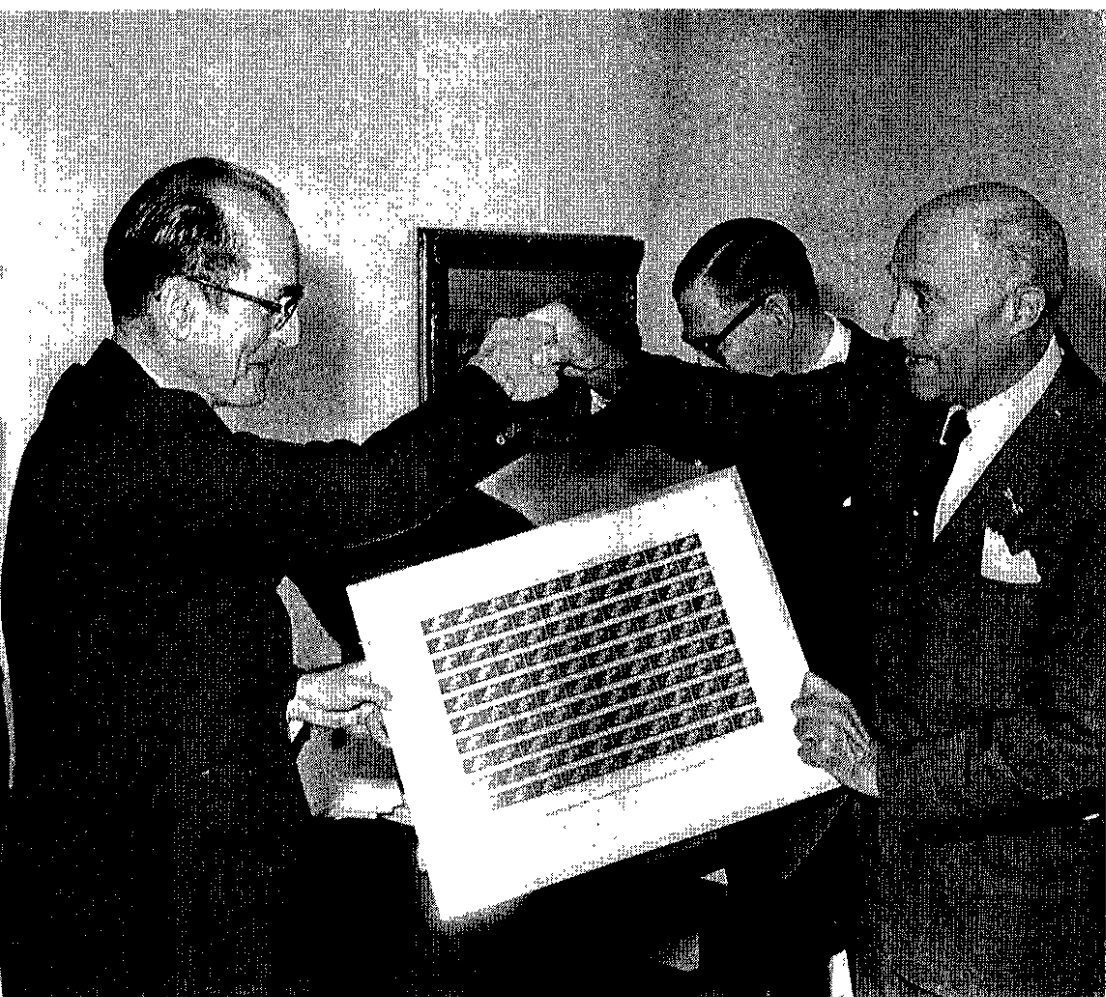
De bodemveranderingen aan weerszijden
van de Haringvlietsluizen 517

De verziltingstoestand op de wateren van het
noordelijk Deltabekken na de afsluiting van
het Haringvliet 521

D. De werken tot afsluiting van de Lauwerszee

De vissershaven Lauwersoog 534

Vorderingen 542



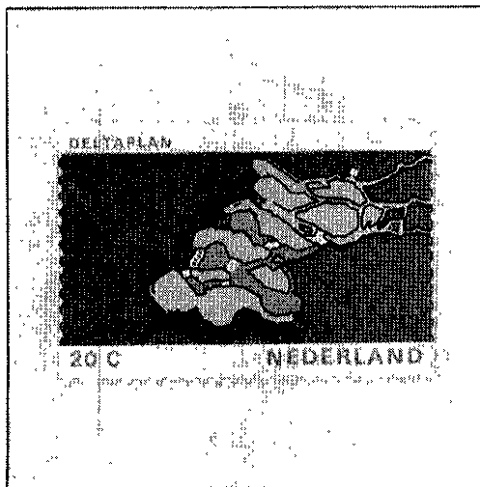
Uitreiking van de Delta-zegel

Op dinsdag 15 februari vond in de werkkamer van de minister van Verkeer en Waterstaat een kleine plechtigheid plaats ter viering van het verschijnen van de speciale Deltazegel die de Posterijen dit jaar hebben uitgebracht. In aanwezigheid van een aantal functionarissen van het Ministerie en van de Rijkswaterstaat werd de minister een rood carnet aangeboden waarin exemplaren waren opgenomen van na-oorlogse uitgaven van postzegels die verband houden met de Waterstaat, en een exemplaar van de zojuist uitgekomen Delta-zegel, voorzien van een eerstedag-afstempeling. Bovendien bood de directeur-generaal van de P.T.T. de minister een compleet vel Deltazegels aan met een speciale opdracht aan de Rijkswaterstaat, en deed daarbij het verzoek dit ingelijste vel postzegels een waardige plaats te verschaffen als wandversiering in een der Rijkswaterstaatskantoren.

Daarna kon de Delta-zegel, die hierbij enigszins vergroot wordt afgebeeld, zijn weg als frankeerzegel beginnen. Deze postzegel wordt slechts gedurende korte tijd uitgegeven, maar de geldigheidsduur is onbeperkt.

Aanvankelijk lag het in de bedoeling de zegel het licht te doen zien op 21 december, de dag dat de Koningin de dam door het Harlingvliet officieel in gebruik stelde, en een rit maakte over de Brouwersdam. Daarna trachtte men 1 februari te halen, herdenkdag voor de watersnood van 1953. Uiteindelijk werd het om geen andere dan praktische redenen 15 februari.

De postzegel geeft de kaart van het Delta-gebied te zien in meerkleurendruk. Het ontwerp is van R. J. Draijer te 's-Gravenhage.



De Brouwersdam opengesteld voor het wegverkeer





Toen op 15 november 1971 de Haringvlietdam officieel voor het verkeer werd opengesteld, maakte de Koningin – zoals men in de vorige aflevering heeft kunnen lezen – ook een autorit over de Brouwersdam. Dit wilde echter geenszins zeggen dat daarmee ook deze dam voor het openbaar verkeer was vrijgegeven. Zomin de toestand van de over de dam voerende, toen nog provisorische verbindingen – die in de eerste plaats als werkwegen moesten dienen – als die van de aansluitende wegverbindingen op de wederzijdse oevers maakte het verantwoord in dat stadium reeds het openbare verkeer toe te laten. Slechts de bij het werk aan de dam betrokkenen en de zogenaamde pendelaars tussen Goeree en Schouwen, aan wie een grote omweg kon worden bespaard, waren al eerder door middel van een pasjesregeling in de gelegenheid gesteld de dam als wegverbinding te gebruiken.

Inmiddels werd met voortvarendheid door-
gewerkt aan de totstandkoming van het
definitieve wegensstelsel, waarbij het werk-

schema erop gericht was zo snel mogelijk en reeds vóór de algehele voltooiing een verbinding te scheppen die het openbaar verkeer zou kunnen verwerken tot aan het begin van het zomerseizoen. Dan immers hoopt men – omstreeks 1 juli – alle op de dam ontworpen rijbanen gereed te hebben om de in de zomermaanden te verwachten piekbelastingen te verwerken. Men zal dan kunnen beschikken over een autoweg met twee rijstroken op het hoge gedeelte van de binnenberm, over twee parallelwegen – een op de lage binnenberm en een op de buitenberm – en over een parkeerplaats.

Juist voor de paasdagen, op donderdag 30 maart, kon een voorlopige, beperkte verbinding worden vrijgegeven door openstelling van de oostelijke parallelweg – bedoeld als weg voor langzaam verkeer – over het lage gedeelte van de binnenberm langs het Grevelingenmeer. Ook de aansluitende wegverbinding op Schouwen-Duiveland kon toen in gebruik worden genomen tot aan de provinciale weg Serooskerke-Renesse, zij het dat daarin nog enkele provisorische overgangen voorkomen. Hetzelfde gold voor de kop van Goeree, waar het gedeelte rijksweg vanaf de Westnieuwlandse dijk tot de aansluiting op de Brouwersdam voor het verkeer werd opengesteld. De openstelling ging gepaard met een bescheiden feestelijk vertoon in 'intieme' kring; behalve vertegenwoordigers van de Rijks- en de Provinciale Waterstaatsdiensten en de betrokken aannemersfirma's waren de burgemeester van Middenschouwen en Westerschouwen en de waarnemend burgemeester van Goedereede aanwezig; deze laatsten verrichtten ook de eigenlijke openingshandeling

De Brouwersdam op 29 maart 1972. Links de zeezijde. De gereedgekomen weg ligt aan de meerzijde

De ontwikkeling van de modeltechniek, mede onder invloed van de Deltawerken

In Bericht 58 (november 1971) werd een beschouwing gewijd aan de ontwikkeling die de waterbouwkundige techniek bij de af-damming van getijgeulen heeft ondergaan onder invloed van de grote afsluitingswerken van het Deltaplan. Ook voor de ontwikkeling van de modeltechniek betekenden de Deltawerken een belangrijke stimulans.

Bij de studies en onderzoeken die aan de aanpak van de afsluitingswerken voorafgaan en zonder welke de realisering van die werken onmogelijk moet worden geacht, is in het verleden en wordt ook nu nog in ruime mate gebruik gemaakt van laboratoriummodellen, vooral waar het waterloopkundig onderzoek betreft. Immers, de aanleg van de reeks van dammen die in het Deltaplan is voorzien, betekent telkens weer een verstoring van een dynamisch evenwicht in het complexe hydraulische systeem van het Deltagebied.

Deze verstoringen kunnen op hun beurt weer aanleiding geven tot veranderingen in de bodemfiguratie en tot ongewenste ontgroningen in de nog te sluiten gaten; in sommige gevallen zou zelfs de stabiliteit van de oevers erdoor kunnen worden bedreigd. Het is dan ook duidelijk dat aan het opstellen van het afsluitingsplan in zijn hoofdlijnen een diepgaande studie moest voorafgaan van de waterbeweging in het Deltagebied, veroorzaakt door het getij uit zee en in het noordelijk deel ervan door de interferentie van het getij met de stromen van Rijn en Maas. Wat de getijberekeningen betreft die hierbij te pas kwamen, kan worden voortgebouwd op de kennis die enige decennia tevoren was opgedaan, toen het plan tot afsluiting van de Zuiderzee de getijdeskundigen ertoe noopte hun specialistische kennis te verdiepen. In

het Deltagebied lag de zaak echter veel gecompliceerder door de ingewikkelde figuratie en de complicatie die hier wordt veroorzaakt door het oppervlaktewater van de rivieren. Lang voordat er gedacht werd aan de afsluiting der zeegaten was men al begonnen met de studie van de waterbeweging in het noordelijk Deltabekken, daartoe vooral gedreven door de hinder die men in de waterhuishouding ondervond van de toenemende verzilting vanuit zee. De verzilting hield verband met de steeds voortschrijdende verdieping van de Rotterdamse Waterweg naar zee, die nu juist 100 jaar geleden gereed kwam. De getijstudies werden aanvankelijk, evenals die voor de Zuiderzeewerken destijds, geheel 'met de hand' langs mathematische weg uitgevoerd, zonder dat daarbij nog over de hulp van de moderne rekenruimen kon worden beschikt. Men kwam er echter al spoedig toe de waterbeweging ook na te bootsen in hydraulische modellen, waarin men veel vlugger de invloed van variabelen zou kunnen bepalen. Door de grote oppervlakte van het noordelijk Deltabekken moest de schaal noodgedwongen vrij klein zijn; de horizontale schaal van het hydraulische model bedroeg 1 : 2400. Zou in verticale zin dezelfde schaal zijn toegepast, dan had men in het model niet voldoende waterdiepte kunnen verkrijgen voor betrouwbare waarnemingen. Daarom moest wel met een sterke schaalvertrekking gewerkt worden. Doordat men een verticale schaal van 1 : 64 toepaste bedroeg de vertrekking maar liefst 1 : 37,5. De bodemfiguratie wordt bij een dergelijke vertrekking wel zeer veel geweld aangedaan; het model wordt meer een karikatuur dan een getrouwe afbeelding, en het wordt twijfelachtig in hoeverre de gegevens van het

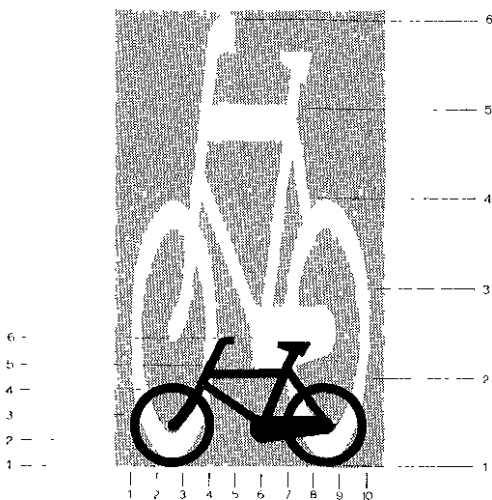
model dan nog waarde hebben voor de werkelijkheid. Het had dan ook eigenlijk weinig zin om, zoals is gebeurd, de profielen van de verschillende stroomtakken en de loop van hun tracés nauwkeurig in het model over te brengen; een sterke schematisering met rechtgetrokken stroomvakken en schematische bakprofielen met voldoende weerstand zou ook mogelijk zijn geweest.

Thans worden vertrekkingen van de orde 1 : 3 tot maximaal 1 : 10 toegepast. Het nut van een dergelijk sterk vertrokken hydraulisch model als hierboven beschreven werd, moet op grond van de tegenwoordige modeltechnische kennis worden betwijfeld.

Als pendant van het eerste hydraulische model heeft men thans een elektrisch analoog van het Deltagebied, de Deltar, een in

de tijd van zijn ontstaan zeer geavanceerd model, waarvan de ontwikkeling veel hoofdbrekens heeft gekost. Zou men bij de huidige ontwikkelingsfase van de computers opnieuw een model van dit gebied moeten maken, dan zou men waarschijnlijk aan een simulatie per computer de voorkeur geven. Daarbij moet echter niet worden vergeten dat dit alleen mogelijk is geworden doordat men middels de vele voorstudies nu een zodanig inzicht in de getijbeweging van dit gebied heeft verkregen, dat schematisering van de daarbij optredende verschijnselen mogelijk is geworden zonder de werkelijkheid teveel geweld aan te doen.

Het is thans ook mogelijk de meer ingewikkelde tweedimensionale getijbewegingen in het kustgebied te simuleren op een rekentui



Vertrokken 'model' van een fiets

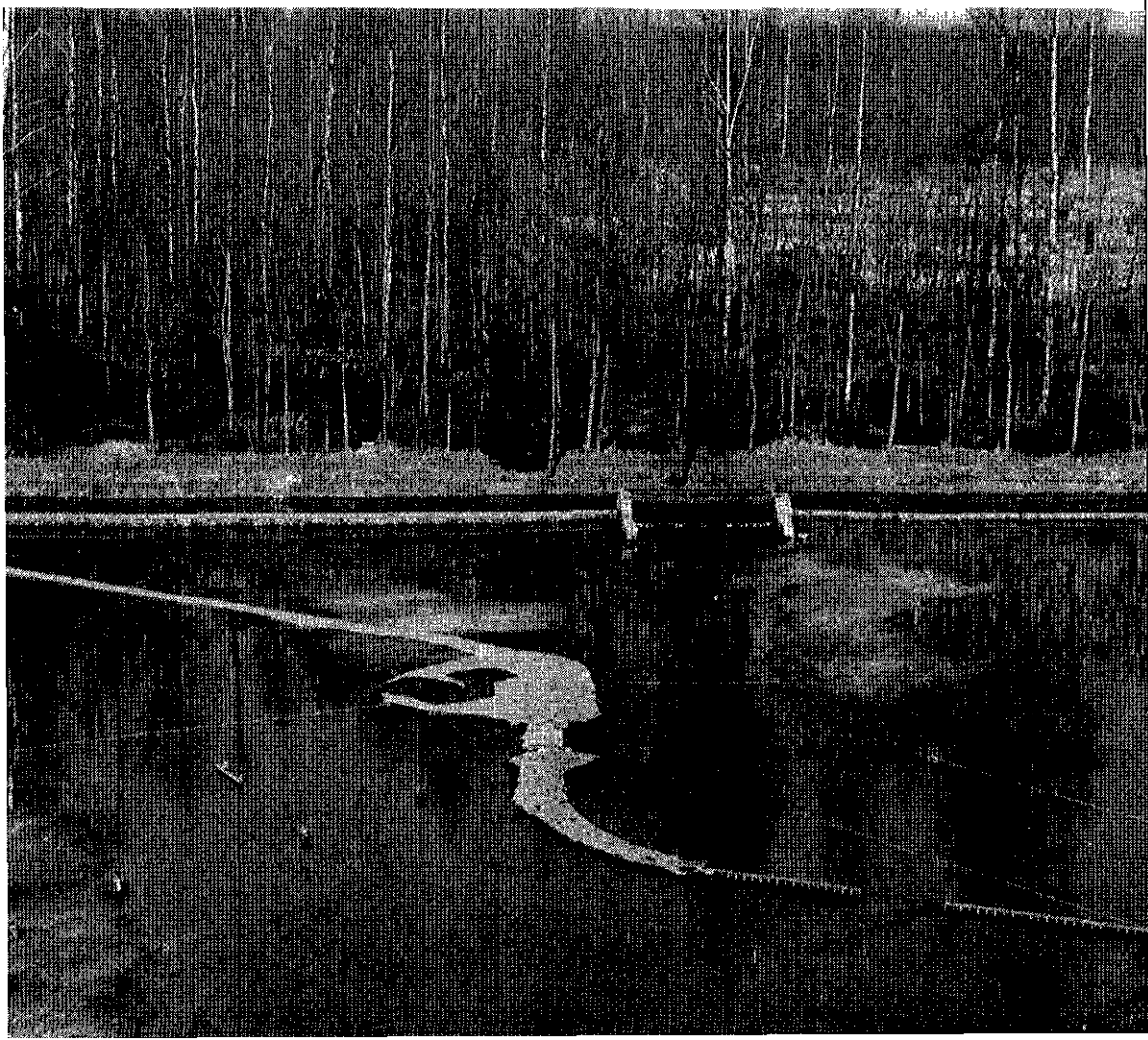


Overzichtsmodel van het noordelijk Deltabekken in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft.

De horizontale schaal is duidelijk een andere dan de verticale

en zodoende het effect van de afsluitingswerken op dit kustgebied te berekenen. De mogelijkheden die een groot hydraulisch model nog zou kunnen bieden worden door de moderne computer overtroffen, tenzij complexe situaties moeten worden beschouwd. Zo zijn bijvoorbeeld wervels en neren in een computer zeer moeilijk te simuleren. Met dat al kan men voor de Deltawerken het gebruik van betrekkelijk grote hydraulische modellen niet ontberen. Zij zijn nodig voor het ontwerpen van de afzonderlijke afsluitingen. Te onderscheiden vallen daarbij overzichtsmodellen en detailmodellen. De eerste omvatten een beperkt doch vrij omvangrijk onderdeel van het gebied dat onder duidelijke invloed van een bepaalde afsluiting staat en waarvan de begrenzingen zo worden getrokken, dat zonder te grote

Overzichtsmode! van de afsluiting van de Lauwerszee in het Waterloopkundig Laboratorium 'De Voorst', Noord-Oostpolder



fouten te maken kan worden aangenomen dat de snelheidsverdeling langs de randen van dit gebied niet noemenswaard door het afsluitingswerk in kwestie zal worden beïnvloed. In deze modellen wordt, afhankelijk van de gecompliceerdheid van de getijbeweging in de natuur, óf alleen de getijfase bij maximum vloed- en ebstroom óf het volledige verticale en horizontale getij weergegeven. Zo kan de algemene waterbeweging in het gebied worden bestudeerd en kan de uitwerking daarop van het betreffende afsluitingswerk worden waargenomen. Daarnaast worden detailmodellen gebouwd, waarvoor de randvoorwaarden uit het betreffende overzichtsmodel moeten worden verkregen. In deze detailmodellen, waarin in het algemeen geen getij wordt opgewekt, wordt de vormgeving van het sluitgat onderzocht en kunnen voorts tal van deel-

onderzoeken worden verricht zoals te verwachten ontgrondingen, de stroombestendigheid van een te ontwerpen drempel, de op caissons werkende krachten, de fasering bij de opbouw van een sluitkade, en dergelijke meer.

Het onderzoek geschiedt dus eigenlijk in drie stappen. Allereerst wordt gebruik gemaakt van een *mathematisch getijmodel* van een groot gebied, gesimuleerd op een computer of een analogon, waaruit gegevens kunnen worden afgeleid voor een hydraulisch overzichtsmodel van een wat beperkter gebied dat onder de invloed staat van één bepaalde afsluiting. Uit dit tweede model kunnen de plaats en vorm van deze afsluiting worden bepaald terwijl er tenslotte de randvoorwaarden uit kunnen worden afgeleid voor de hydraulische detailmodellen van de sluitgaten zelf. De drie stappen in dit concentrische onderzoek moeten echter niet gezien worden als afzonderlijke fasen die in opeenvolging worden afgesloten; zij blijven elkaar meestal gedurende het gehele onderzoek beïnvloeden en ondersteunen, en er is meestal een geregelde terugkoppeling van het ene model naar het andere van dezelfde serie. Het modelonderzoek gaat bovendien steeds gepaard met waarnemingen in de natuur, waarvoor een uitgebreide en goed geëquiperde meetdienst ter beschikking staat, zodat gedurig kan worden gecontroleerd of de simulaties voldoende natuurgetrouw zijn. Ook hier is van een geregelde terugkoppeling sprake. Simultane stroommetingen in een bepaald door een model te bestrijken gebied, waarbij soms tot in meer dan dertig punten tegelijk wordt gemeten, leveren de noodzakelijke gegevens uit de natuur.

In de loop der jaren – het eerste belangrijke *modelonderzoek* in deze zin betrof de afsluiting van het Veerse Gat tussen 1959 en 1960 – is met deze methode van werken een schat aan ervaring opgedaan. Met name is er een veel beter inzicht verkregen in de juiste schaalverhouding van hydraulische overzichts- en detailmodellen. Daarvoor moest echter veel onderzoek worden verricht. De ervaring heeft geleid tot de stelregel, dat bij overzichtsmodellen – wanneer daarin bijvoorbeeld geen zandverplaatsingen op juiste tijdschaal behoeven te worden gesimuleerd – bij een horizontale schaal van 1 : 300 à 1 : 400, een vertrekking van 1 : 3 à 1 : 4 nog aanvaardbaar is. Bij een sterkere vertrekking blijkt met name de reproductie van de waterbeweging in en aan weerszijden van de sluitgaten op grote moeilijkheden van modeltechnische aard te stuiten.



In eerste instantie zijn met name voor het Veerse Gat twee modellen gebouwd, die beide als detailmodel waren opgezet: een model met een horizontale schaal 1 : 150 en een verticale 1 : 50, dus met een vertrekking van 1 : 3, en daarnaast een model met verticale en horizontale schaal, beide 1 : 50, dus onvertrokken. In een later stadium heeft het samengetrokken model de functie van overzichtsmodel vervuld en het niet samengetrokken model de functie van detailmodel. Voor de volgende afsluitingen heeft men van het begin af een splitsing gemaakt tussen overzichts- en detailmodel.

Voor detailmodellen blijkt een vertrokken schaal niet aan te bevelen, omdat het juist bij het ontgrondingsonderzoek noodzakelijk is de horizontale en verticale waterbeweging op dezelfde schaal weer te geven. De schaal mag

Stroming door de openstaande caissons en het overgebleven sluitgat in het detailmodel van de Volkerak-afsluiting



daarbij uit meettechnische en modeltechnische overwegingen niet kleiner zijn dan 1 : 100.

Behalve het getij en de oppervlatafvoer der rivieren, waarvan in het voorafgaande in ... hoofdzak sprake was, is er nog een andere factor die de waterbeweging in het Delta-gebied beïnvloedt en waarvan de bestudering van belang is voor de totstandbrenging van de afsluitdampen. Gedacht wordt hier aan het effect dat golven, zowel wind- als deininggolven, kunnen hebben in het gebied der zeegaten, en waar bij de uitvoering der werken *terdege rekening mee dient te worden gehouden*. Zo bepalen de golven in hoge mate de werkbaarheid van het bij de afsluitingswerken gevestigde drijvende materieel. *Bovendien echter vormen zij een niet te verwaarlozen factor bij het onderzoek naar de afmetingen, de stabiliteit en de sterkte der te maken constructies, zowel in de opbouwfase als in de definitieve situatie.* Bij het bepalen van de ontwerphoogte van dijken en dammen bijvoorbeeld dient men rekening te houden met de te verwachten golfloop; een uit *betonblokken op te storten sluitkade moet de aanval kunnen weerstaan niet alleen van de stroom, maar ook van de golven; de dimensionering van een werk als de uitwaterings-sluizen in het Haringvliet werd in laatste instantie bepaald door de zwaarste te verwachten golfklap.*

Ook bij het onderzoek naar de optredende golfbewegingen en de krachten die stroom en golven tezamen uitoefenen op de eraan blootgestelde constructies, dienen waarnemingen in de natuur en modelonderzoek *hand in hand te gaan. Beide brengen hun specifieke problemen met zich.* Voor de natuurwaarnemingen wordt ten behoeve van de Deltawerken gebruik gemaakt van golfmeetpalen en van radar- of luchtfoto's. Het nadeel van de eerste is dat daarmee de verticale beweging van het water op slechts een enkel punt, zij het continu, wordt geregistreerd; *aan de foto's kleeft het tegenovergestelde bezwaar dat het golfpatroon weliswaar over een vrij groot gebied, doch slechts op een enkel moment wordt vastgelegd met een betrekkelijke nauwkeurigheid. Meer algemeen kan voorts nog gesteld worden dat het waarnemen van golven in de natuur juist wanneer daaraan het meest behoefte bestaat, bij zware storm, bemoeilijkt wordt door de dan heersende omstandigheden.*

In het Waterloopkundig Laboratorium wordt al sinds vele jaren onderzoek gedaan in golfgoten, waarin met behulp van een bewegend schot of met behulp van wind of een combi-

natie van beide op kunstmatige wijze golven worden opgewekt. Was het tot voort kort slechts mogelijk met deze schotten een regelmatige golf op te wekken, thans is het mogelijk met een hydraulisch systeem, dat elektronisch gestuurd wordt, een golfschot zodanig aan te drijven, dat binnen vrij wijde grenzen een willekeurige beweging van het wateroppervlak, zoals die in werkelijkheid is gemeten, gesimuleerd kan worden. Mede dank zij de toegenomen kennis van de golfbeweging in de natuur kan op deze wijze de waargenomen golfbeweging veel beter in het laboratorium gereproduceerd worden dan tot voor kort. De reproductie is echter zeker nog niet ideaal; in de goten plant de golf zich slechts in één richting voort, terwijl in de natuur, door meteorologische invloeden alsmede refractie, diffractie en dergelijke, de gemiddelde richting van de golven steeds verandert. De drie-dimensionale werkelijkheid kan dus slechts in een twee-dimensionaal beeld worden weergegeven. Het feit echter dat de onregelmatige golven, althans in twee-dimensionale zin, op bevredigende wijze gereproduceerd kunnen worden, heeft vooral bij het ontwerp en de uitvoering van de havendammen van de Europoort, die immers in open zee worden uitgebouwd, een grote bijdrage geleverd aan het inzicht in de problematiek.

Met name het gedrag van de betonkubussen waaruit de havendammen zijn opgebouwd, is gebleken sterk afhankelijk te zijn van de onregelmatigheden in de golfbeweging. Andere problemen waarbij de variabiliteit in de golfbeweging een grote, zo niet overheersende rol speelt, zijn onder meer de golfloop op dammen en dijken en de golfbelastingen op kunstwerken. Desondanks blijft het voor het onderzoek van zeer groot belang dat men ook kan beschikken over golfgoten waarin regelmatige golven kunnen worden opgewekt. Dit geldt met name voor die problemen waarbij de golfbeweging, terwille van het inzicht in gecompliceerde fysische afhankelijkheden, zo eenvoudig mogelijk gehouden moet worden. Gedacht kan hier worden aan het sedimenttransport onder invloed van golven. Hoewel het modelonderzoek – of dit nu geschiedt in hydraulische, mathematische of andere modellen – een zeer belangrijke plaats inneemt bij de voorbereiding en de begeleiding van grote waterbouwkundige werken, zijn de ontwerpers en uitvoerders niet volledig afhankelijk van de resultaten van dit onderzoek en hebben ze ook niet genoeg aan de resultaten van dit soort onderzoek alleen. Zoals in het voorgaande reeds duidelijk naar

voren is gebracht kunnen ook waarnemingen en metingen in de natuur niet worden gemist. Verder blijven ook de ervaringen bij vroegere werken opgedaan en de daarbij verkregen vertrouwde met de elementen een voorname rol spelen.

Het zijn overigens ook niet uitsluitend waterloopkundige omstandigheden, die bepalend zijn voor het ontwerp, overwegingen van een gans ander karakter kunnen mede een rol spelen en soms zelfs doorslaggevend zijn. Zij kunnen bijvoorbeeld van uitvoeringstechnische of financiële aard zijn.

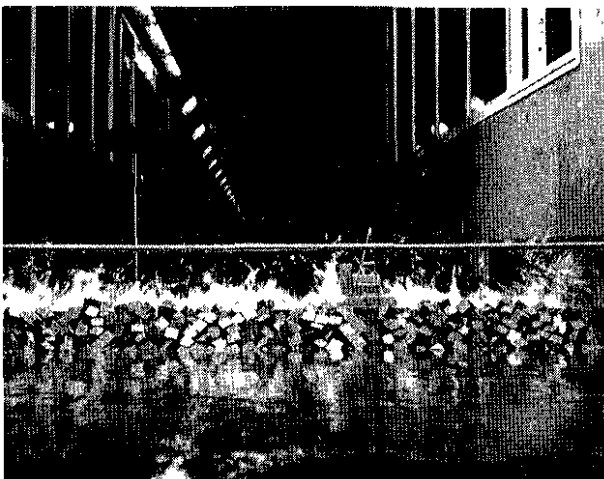
Niettemin heeft het modelonderzoek bij de

voorbereiding van grote waterbouwkundige werken een zeer sterke en toenemende invloed op het uiteindelijke ontwerp en vaak ook op de keuze van de toe te passen werkwijze. Dat het belang van dit soort onderzoek is toegenomen, vindt zijn verklaring in de vooruitgang der modeltechnieken, waardoor het mogelijk is geworden ingewikkelde hydraulische verschijnselen na te bootsen. Deze vooruitgang is eensdeels te danken aan de toegenomen ervaring bij het werken met modellen, anderzijds ook is zij het resultaat van diepgaand fundamenteel onderzoek en verbetering van het in de laboratoria gebruikte instrumentarium.

Door de sterk voortgeschreden ontwikkeling in de modeltechnieken – en dit geldt dan niet alleen voor de 'natte' laboratoriummodellen, doch in zeker niet mindere mate voor mathematische modellen en elektrische analogons – is bij de met het modelonderzoek belaste stafleden gaandeweg een sterke specialisatie ontstaan. Daarnaast vindt eveneens een toenemende specialisatie plaats bij de ontwerpers en uitvoerders van de waterbouwkundige werken, zij het dat hun specialisatie in de eerste plaats de uitvoeringstechnische kant van de natte waterbouw betreft.

Deze uiteenlopende specialisaties bergen het gevaar in zich dat de modelingenieur en de ontwerper en uitvoerder uit elkaar groeien, hetgeen afbreuk zou doen aan de zo noodzakelijke communicatie tussen model en prototype en aan de totstandkoming van een goed ontwerp en een goede uitvoering. Zo goed als de ontwerper de mogelijkheden en beperkingen van de modeltechniek moet kennen, zo goed moeten de modelingenieur voortdurend de eisen van de realiteit voor ogen staan. Geregeld contact met elkaars werk is dan ook uitermate gewenst. Verbindingsfunctionarissen, die zowel met het modelonderzoek als met het ontwerp en uitvoering van werken in voldoende mate vertrouwd zijn, zijn daarbij veelal onmisbaar om de onderzoeken in het model te begeleiden en de uitkomsten ervan te interpreteren op zodanige wijze dat zij de ontwerper en de uitvoerder van het werk concrete gegevens verschaffen.

In de loop der jaren is een innige samenwerking gegroeid tussen de hierbij betrokken specialisaties, in het bijzonder tussen de Deltadienst en het Waterloopkundig Laboratorium, die, ook in het buitenland, zijn weerga niet vindt. Zo is een symbiose ontstaan die zowel voor de aanleg van de Deltawerken als voor de ontwikkeling van de modeltechniek bijzonder nuttig is gebleken.



Het effect van een storm op een uit blokken gevormde afsluitdam wordt beproefd in de windtunnel van het Waterloopkundig Laboratorium te Delft

Bij de uitvoering van de Deltawerken is kennis van de bodemopbouw in de omgeving van de damtracés van groot belang om de stabiliteit van de dammen en de mogelijke ontgronding in de sluitgaten te kunnen berekenen. Op enige afstand van de tracés is kennis van de bodemsamenstelling noodzakelijk met het oog op bijvoorbeeld de vaststelling van zandwinplaatsen, en de bepaling van de zulgbaarheid van het bodemmateriaal. Daarom wordt in het Deltagebied op uitgebreide schaal bodemonderzoek verricht door middel van boringen en sonderingen.

Veelal bestaat dit onderzoek in de kartering van de bestaande grondeigenschappen, dus de interpretatie en classificatie van de booren sondeergegevens en het samenstellen van overzichtsprofielen. Inzicht in de mechanismen die bij de sedimentatie in de zeegaten een rol spelen, is daarbij onontbeerlijk. Maar dit inzicht opent ook de mogelijkheid, voorspellingen te doen omtrent de aard van het sedimentatiemateriaal, dat na de afsluiting der zeegaten in hun mondingsgebied zal worden afgezet. Immers, de veranderingen in het golf- en stromingsregime zeewaarts van de Deltadammen hebben veranderingen in de sedimentbeweging tot gevolg, die tot uitdrukking komen niet alleen in herschikking maar ook in de samenstelling van het bodemmateriaal. De uitkomst van deze processen bepaalt de mogelijke beslibbing van stranden, alsook de erodeerbaarheid van afzettingen in suatiegeulen en is van belang voor de bestemming van de buitendijkse gronden.

De sedimentbeweging wordt beheerst door de beweging van het water. In de getijwateren is die beweging voornamelijk bepaald door de getijbeweging, die onder meer wordt beïnvloed door de doortij-springtijvariatie en door op- en afwaaiing langs de kust. Daarnaast kunnen in gebieden met verschillen in zoutgehalte ook dichtheidsverschillen hun effect doen gevoelen. Door het samenspel van al deze factoren treden er grote verschillen op in de stroomsnelheid in een bepaald punt op enige hoogte boven de bodem. Het bodemsediment kan bovendien nog in beweging worden gebracht door waterbeweging onder invloed van golven. Bij sterke golfwerking kunnen de watersnelheden vlak boven de bodem hoge piekwaarden bereiken, waardoor veel zand in suspensie kan worden gebracht. Dat zand wordt dan veelal met de getijstromen

Sedimentologisch onderzoek in het Deltagebied

meegevoerd en op rustiger plaatsen weer afgezet.

De effecten van de waterbeweging zijn herkenbaar in de afgezette sedimenten. Het onderzoek daarvan kan bijdragen tot een beter begrip van de samenhang tussen water- en sedimentbeweging in het algemeen. Zulk sedimentologisch onderzoek is verricht op grond van grote aantallen gestoken boringen in de zeegaten en estuaria, en daarnaast vooral ook op grond van monsters uit de bouwputten in het Haringvliet, waar grote ontgravingen voorhanden waren van originele getijde-afzettingen. In beide gevallen beperkten zich tot afzettingen beneden L.W.

Men werkte bij dit onderzoek veel met lakprofielen. Op een verticaal afgestoken bodemprofiel wordt een laag lak aangebracht, die enige millimeters in het sediment doordringt, maar niet in alle sedimentsoorten even ver. De mate van indringing varieert overeenkomstig zeer kleine verschillen in het poriëngehalte van het sediment. Na harding wordt het lakprofiel van de onderzochte doorsnede verwijderd, en dan is de interne gelaagdheid van het sediment zichtbaar.

Men kan drie sedimenttypen onderscheiden; elk type treedt op bij een bepaalde snelheid van de waterbeweging op een halve meter boven de bodem, en wel zo:

type 1 treedt op bij stroomsnelheden van meer dan 1 m per seconde,

type 2 bij snelheden tussen 0,6 en 1 m/sec, en

type 3 bij snelheden kleiner dan 0,6 m/sec.

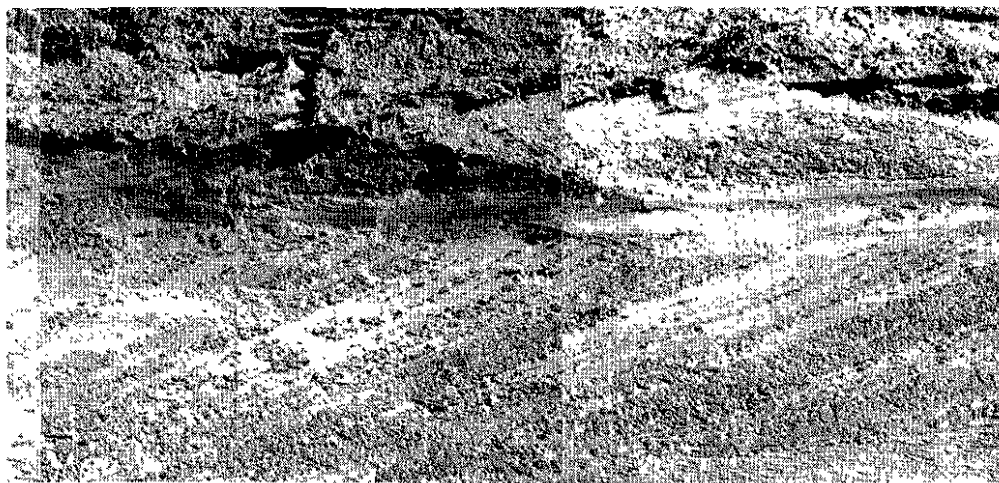
Op te merken valt, dat de uitwerking van de golfbeweging in de onderzochte sedimenten nauwelijks viel aan te tonen. De golven blijken het sediment alleen op te wervelen; de afzetting van dit opgewervelde materiaal geschiedt onder invloed van stromend water.

Sedimenttype 1 is gekarakteriseerd door relatief grof zand (gemiddelde korreldiameter: 200 à 500 μ), afgeronde kleibrokjes, veenbrokken en grove detritus van allerlei soort. De sedimentaire structuur, ofwel de interne gelaagdheid in het sediment, is van het grootschalige type. Dit betekent, dat de dikte van de sedimentaire eenheden tenminste 10 cm bedraagt. In dit type worden vooral scheefgelaagde structuren aangetroffen, ontstaan in perioden van massaal zandtransport bij de bodem waarbij grote stroomribbels werden gevormd (figuur 1). Uit de structuren kan worden opgemaakt, dat deze stroomribbels zowel rechte als gebogen kamlijnen kunnen hebben. Ook kunnen bestaande verdiepingen in de bodem door bewegende stroomribbels worden opgevuld, hetgeen kan worden vastgesteld aan een specifiek type

door een dun kleilaagje, dat op de scheve gelaagdheid is afgezet. De discontinuïteit in de sedimentatie komt soms ook tot uiting door de aanwezigheid van een erosievlak in de scheve gelaagdheid (figuur 3).

Sedimenttype 2 wordt gekarakteriseerd door matig tot fijn zand (gemiddelde korreldiameter 150-240 μ) met horizontale en scheefgelaagde structuren van enige centimeters hoogte.

De horizontale parallel-liggende zandlaagjes (figuur 4), ontstaan waarschijnlijk uit een suspensie waarin zowel zand als slib voorkomt; het zand bezinkt, maar het slib niet. Dit kan alleen als de turbulentie van het water zo hoog is, dat het slib niet kan bezinken. Zulke turbulenties kunnen niet door de waterstroming alleen ontstaan, maar slechts als daar-



interne gelaagdheid.

Uit de hellingsrichting van het sediment kan men de transportrichting van het sediment bepalen (figuur 2). In het getijgebied zou men verwachten dat met de wisselende richting van de getijstroom ook de bewegingsrichting van de bodemribbels zou veranderen. Men zou dan ook in één vlak scheve gelaagdheid zowel in eb- als inloedrichting verwachten. Dit werd echter bij geen van de onderzochte lakprofielen waargenomen. Het wijst erop, dat de sedimentatie in één bepaalde getijrichting sterk overheerst. Wel bleken vaak de manifestaties van eb- enloedtransportrichting boven elkaar voor te komen. Verder werden aanwijzingen gevonden voor onderbrekingen in de sedimentatie, die tijdens de stroomkenteringen moeten zijn opgetreden. Een kenteringsperiode manifesteert zich soms

Fig. 1. Sedimenttype 1, gekenmerkt door grofkorrelig materiaal en een grootschalige sedimentaire structuur

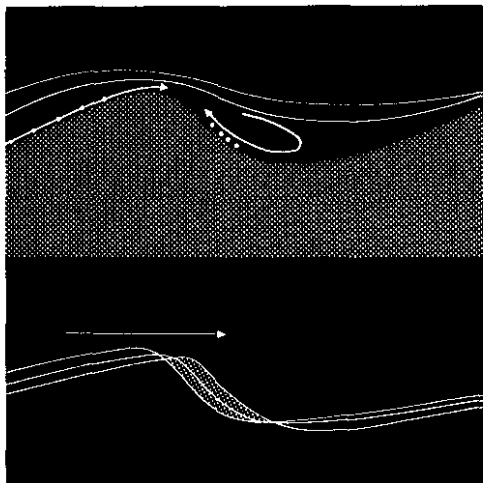


Fig. 2. Mechanisme van de vorming van zandribbels

Fig. 3. Erosievlak in een scheve laag

Fig. 4. Horizontale parallel liggende zandlaagjes, een verschijningsvorm van sedimenttype 2 bij sterke golfslag

naast ook sterke golfslag aanwezig is. Golfwerking heeft bovendien tot gevolg dat op hoger gelegen platen veel zand in suspensie gebracht wordt. Dit zand kan door de stromen naar andere gebieden gevoerd worden. De horizontale parallel liggende zandlaagjes zijn dan ook toe te schrijven aan een gecombineerde werking van golven en stromen.

Een andere structuur, die duidt op veel rustiger sedimentatiecondities, is het kleinschalig scheef gelaagd zand, al dan niet afgedekt met een dun kleilaagje (figuur 5).

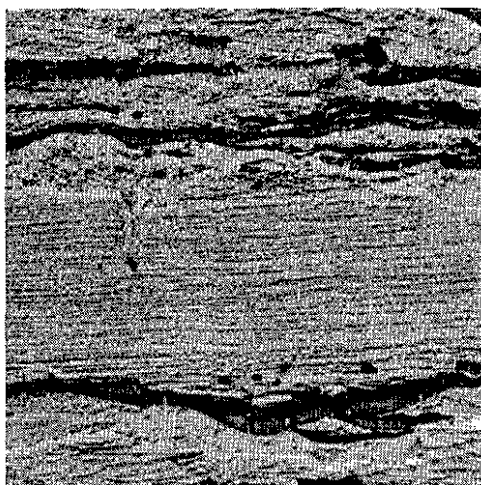
De scheve gelaagdheid wordt veroorzaakt door kleine ribbels van enige centimeters hoog, die in de stroomrichting bewogen hebben. Het kleilaagje is waarschijnlijk tijdens de kentering over de ribbel afgezet, maar later al dan niet geheel van de ribbelkam afgeërodeerd.

Bij de kleinschalige scheefgelaagde zanden kan veelal sedimentatie in eb- zowel als in vloedrichting worden aangetoond; boven elkaar, maar soms ook naast elkaar.

Sedimenttype 3 is gekenmerkt door fijn zand (gemiddelde korreldiameter: 75-180 μ m), en kleilagen. Als er sedimentaire structuren zijn vindt men een lenzenstructuur en een zand/klei-afwisseling.

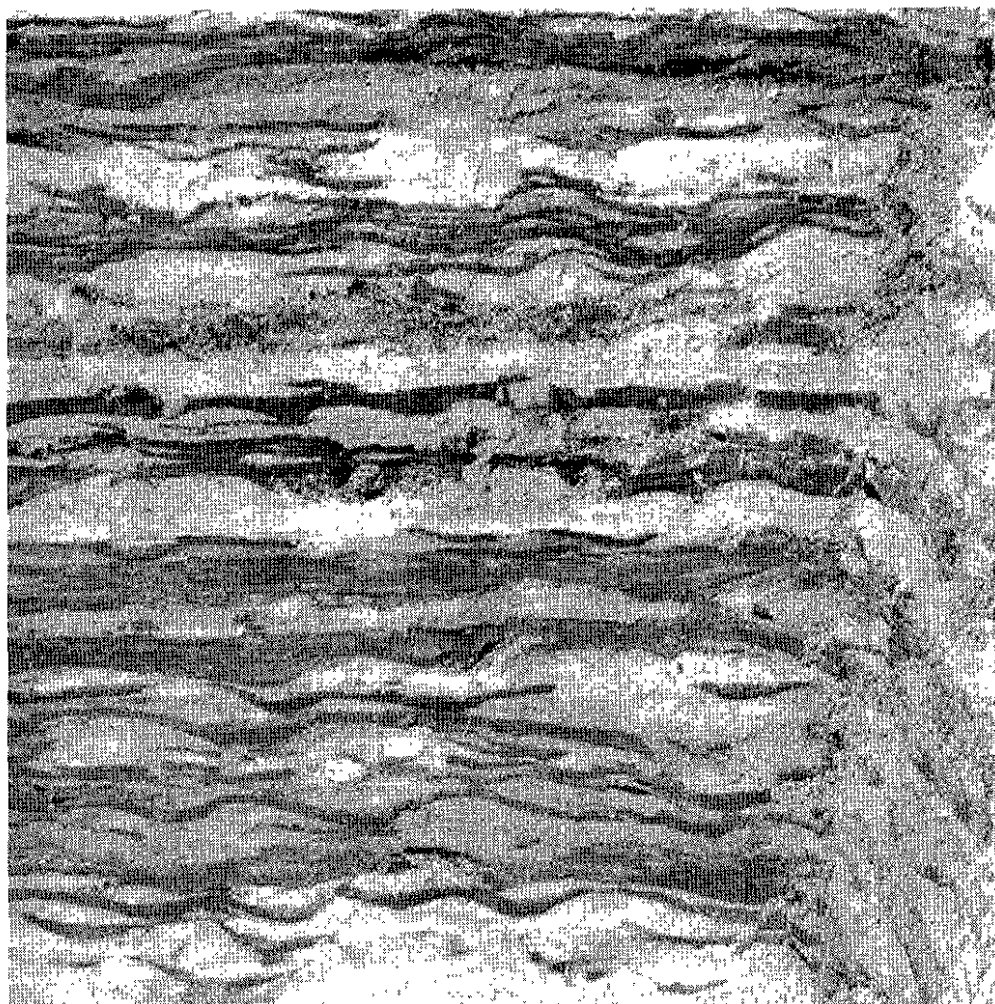
De lenzenstructuur bestaat uit zandlenzen van onregelmatige vorm, ingebed in klei (figuur 6). De zandlenzen zijn te danken aan geïsoleerde kleine ribbels die bewogen hebben over een kleibed, en die naderhand door klei zijn afgedekt. De grens tussen zand en klei is meestal zeer scherp.

De zand/klei-afwisseling bestaat uit horizontaal gelaagd scherp begrensde zand- en



kleilagen van 0,1-1 cm dikte (figuur 7). Aangezien sedimenten van het type 3 verwacht worden in de afvoergeul voor de Haringvlietstuizen, zijn er op vrij uitgebreide schaal laboratoriumproeven naar het ontstaan en de erosiegevoeligheid van deze afzettingen verricht (zie Bericht nr. 37, augustus 1966). Hierbij is gebleken dat gezien de gemeten slibconcentraties in het water, kleilaagjes van 0,1-1 cm dikte onmogelijk in één kenteringsperiode kunnen zijn afgezet. Er is een aantal getijden nodig om zo'n laagje te vormen. Uit de proeven kon verder worden afgeleid, dat de cohesie van vers afgezette sliblagen snel toeneemt. Enige uren na de afzetting is erosie van het slib al niet meer mogelijk zolang de stroomsnelheden op 0,5 m boven de bodem beneden ca 0,6 m/sec blijven. Dit kan, met name bij doodtij, op ver-

Fig. 5. Sedimentatie van het type 2 bij rustige omstandigheden



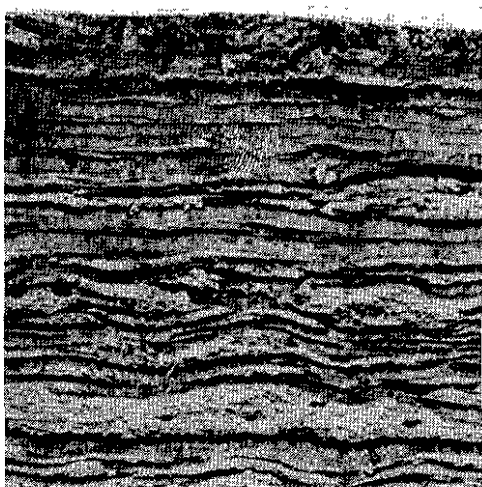


Fig. 6. Sedimentatietype 3: een onregelmatige lenzenstructuur van zand en klei

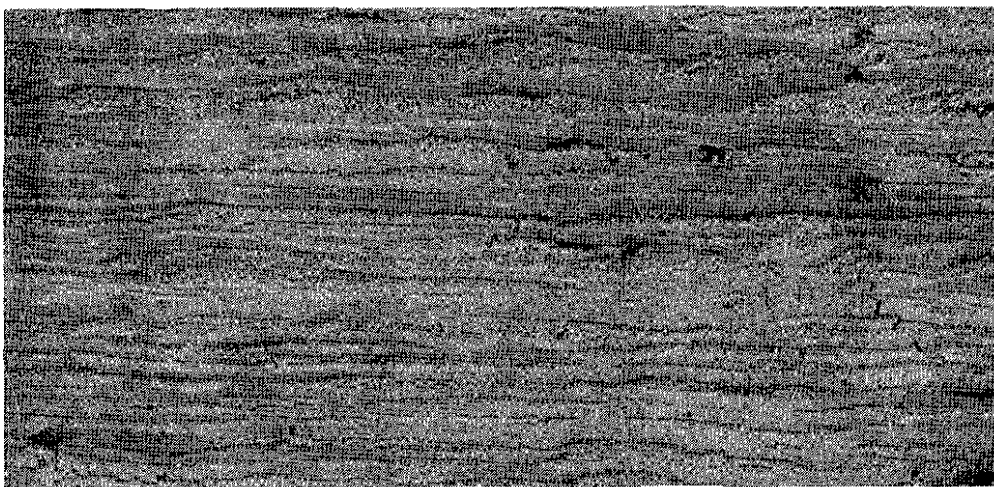


Fig. 7. Sedimentatietype 3 horizontale, scherp begrensde laagjes zand en klei

schillende plaatsen in de zeegaten en estuaria het geval zijn.

Is de klei goed geconsolideerd, dan is de erosiebestendigheid van de sedimenten van type 3 in orde van grootte vergelijkbaar met compacte kleilagen.

Het voorkomen van de sedimenttypen

Ongeveer 200 gestoken boringen vooral afkomstig uit de tracé-gebieden van de afsluitdammen werden op de bovengescreven sedimenttypen onderzocht. Alleen dat gedeelte werd beschouwd, dat in de 19e en 20e eeuw is afgezet, hetgeen werd vastgesteld met behulp van oude hydrografische kaarten. Nagegaan werd of de frequentie van optreden van een bepaald sedimenttype samenhang met de diepte waarop het voorkwam. Dit bleek niet het geval in de Oosterschelde en het

Brouwershavense Gat, maar wel in het Haringvliet. Hier vertoonde type 3 bij afnemende diepte een geleidelijke toename en type 2 een afname (figuur 8). Verder bleek in alle estuaria en op alle diepten dat type 2 het meest frequent voorkwam. Hieruit kan worden afgeleid dat de sedimentatie gewoonlijk plaatsvindt bij matige stroomwerking, en dat afzettingen gevormd bij hoge zowel als lage stroomwerking relatief weinig bijdragen tot de totale sedimentopbouw in de onderzochte gebieden.

Behalve bij de parallelle zandgelaagdheid werden nergens indicaties van golfwerking – in de vorm van een speciaal type scheve gelaagdheid – op de sedimentatie gevonden. Gebleken is, dat de afwisseling van de sedimenttypen zowel in horizontale als in verticale zin bijzonder groot is. Het is veelal onmogelijk

Fig. 8 (beneden). Voorkomen van sedimenttypen in relatie tot de diepte beneden N.A.P.

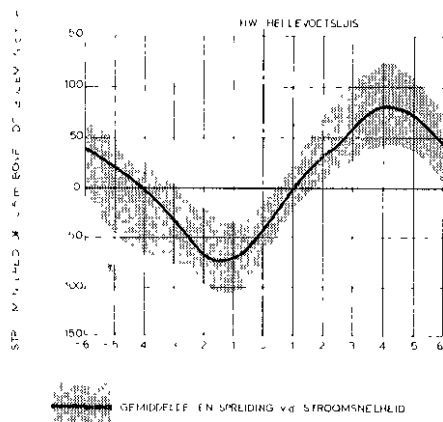
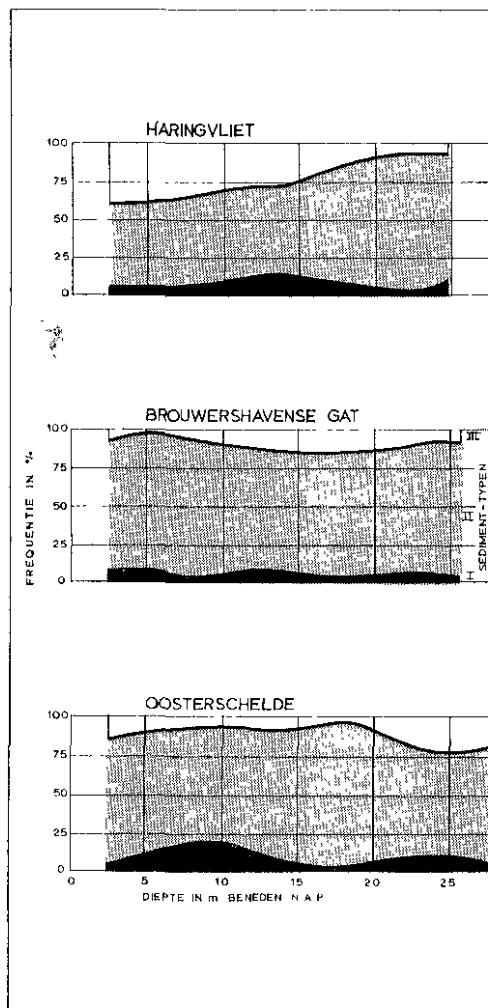


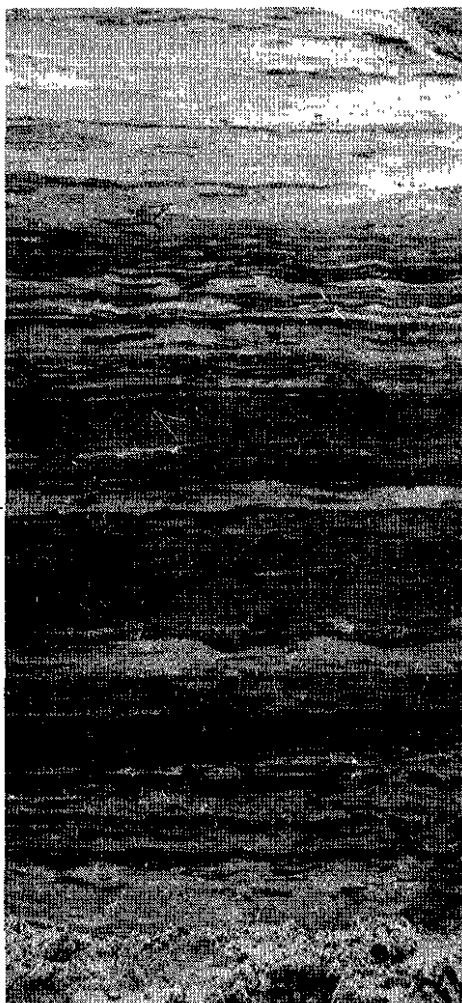
Fig. 9. Verloop van de grootste de kleinste en de gemiddelde stroomsnelheid op 0,5 m boven de bodem in een meetpunt in het Haringvliet



om een bepaalde laag in horizontale richting over meer dan een tiental meters te vervolgen. Dit moet worden toegeschreven aan de snelle en belangrijke verschillen in plaats en tijd van de stroomsnelheden bij de bodem.

We zagen reeds, dat uit laboratoriumonderzoek gebleken is, dat de maximale stroomsnelheid op een halve meter boven de bodem waarbij sedimenten van het type 3 kunnen worden gevormd, 0,6 à 0,7 m/sec bedraagt. Zijn de snelheden slechts weinig hoger dan deze waarden, dan zal reeds type 2 kunnen worden afgezet. In bepaalde gebieden werden tijdens springtij boven bewegende ribbels op 0,5 m boven de bodem stroomsnelheden van 0,8 à 1,0 m gemeten. Onder deze omstandigheden kunnen sedimenten van het type 1 verwacht worden.

Fig. 10. Opwaartse vergroving (bovenste helft) en opwaartse verfijning (benedenste helft) van de sedimentatie



Relatief kleine verschillen in de stroomsnelheden bij de bodem kunnen dus reeds een verschuiving in de sedimenttypen ten gevolge hebben. Normale doottij-springtij-variaties kunnen in dit opzicht al van belang zijn. Illustratief is in dit verband figuur 9, waarin de variatie in de stroomsnelheden op 0,5 m boven de bodem is aangegeven, gebaseerd op 36 stroommetingen in hetzelfde meetpunt in de mond van het Haringvliet.

Een opwaartse opeenvolging van sedimenttype 1 tot 3 in een bepaald profiel representeert een afname in de grootte van de sedimentbeweging – zowel wat de korrelgrootte als wat de grootte van de sedimentaire structuren betreft – en een toename in de sedimentatie van klei. De stromingsintensiteit is daar ter plaatse met de tijd kennelijk afgenomen. Het is echter ook mogelijk, dat op

een bepaalde plaats de stromingsintensiteit geleidelijk toeneemt. Dan is er een opwaarts vergroevende opeenvolging van sedimenttypen van type 3 naar type 1 mogelijk (figuur 10). Gebleken is, dat over alle zeegaten gerekend opwaarts verfijnende opeenvolging van sedimenttypen ongeveer even vaak voorkomt als opwaarts vergroevende. Was het hier beschreven onderzoek vooral beperkt tot de estuaria en zeegaten, thans worden ook de sedimenten op de onderwaterdelta in het onderzoek betrokken. Uit de sedimentaire structuren kunnen soms belangrijke conclusies worden getrokken over de invloed van stromen en golven op de sedimentbeweging. Hierdoor kan misschien worden vastgesteld of een bepaald gebied vooral onder stromings- dan wel onder golfinvloed staat, ofwel dat beide invloeden ongeveer in gelijke mate aanwezig zijn.

Zandverplaatsingen in de rivieren van het noordelijk bekken na de afsluiting van het Haringvliet

De sluiting van het Haringvliet en het intreden van het nieuwe regime liggen nu zo ver achter ons, dat over het eerste halfjaar na de afsluiting een overzicht kan worden gegeven van de opgetreden bodemveranderingen aan de hand van een zandbalans van het noordelijk bekken.

In een zeegat met zanderige bodem bepaalt het getijvolume — dat is de som van de hoeveelheden water die per getij worden af- en aangevoerd — de vorm en de grootte van het doorstroomprofiel. Ook voor meer naar binnen gelegen rivierstukken gaat dit groten-deels op. Daar het inwerkingstellen van de Haringvlietstuizen het hydraulische regime van het noordelijk bekken verregaand heeft veranderd, mag men verwachten dat dus ook de bodemfiguratie van het rivierenstelsel wijzigingen heeft ondergaan.

Bij de beoordeling van de te verwachten bodemveranderingen vormen de veranderingen van het getijvolume dan ook een belangrijke aanwijzing. Uit een vergelijking van de getijvolumes in het noordelijk bekken vóór de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet en dezelfde grootheden in de thans bestaande toestand (fig. 2), blijkt dat de getijvolumes aan de noord- en zuidrand van het noordelijk bekken zijn afgenomen; de vermindering is uiteraard het sterkst op het Haringvliet zelf. De getijvolumes van de rivieren in het centrale gedeelte van het noordelijk bekken zijn daarentegen toegenomen, zoals te zien is aan de gegevens van de Oude Maas, het Spui, de Kil en de Noord, met uitzondering van het gedeelte van de Oude Maas boven het Spui. Ook valt op dat het verloop van het getijvolume langs de riviertakken voorheen vrij groot was, en thans

gering is. De Deltacommissie heeft deze hydraulische veranderingen in haar rapport voorspeld, en op basis van die gegevens een prognose opgesteld van de te verwachten aanzandings- en erosieprocessen. Op de Nieuwe Waterweg, de Nieuwe Maas, het bovendeel van de Oude Maas, de Beneden Merwede, de Boven Merwede, de Nieuwe Merwede, het Hollands Diep en het Haringvliet, zo luidde de voorspelling, kunnen bij gemiddelde omstandigheden van getij en van rivierafvoer aanzandingen dan wel aanslibbingen worden verwacht. Op het Spui, de Dordtse Kil, de Noord en het benedendeel van de Oude Maas kunnen bij gemiddelde omstandigheden van getij en van rivierafvoer daarentegen uitschuringen worden verwacht. Zoals uit het vervolg zal blijken, zijn deze prognoses voor een groot deel door de opgetreden verschijnselen bevestigd. Ter wille van de vergelijking van de situaties voor en na de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet is een globale zandbalans over een periode van een half jaar vastgesteld, enerzijds zoals die gemiddeld is geweest in de periode 1960–1968, en aan de andere kant zoals die blijkt uit metingen in het eerste halfjaar na de afsluiting van het Haringvliet. We bespreken nu de methode die is gebruikt voor het opstellen van de zandbalansen, en geven een beschouwing over de gevonden resultaten.

De lodingen waarvan gebruik werd gemaakt voor de zandbalans 1960–1968 zijn in de meeste rivieren en getijwateren jaarlijks eenmaal uitgevoerd; alleen op het traject Nieuwe Maas–Rotterdamse Waterweg is tweemaal per jaar gelood, in het voorjaar en in het najaar. De opgegeven inhouden voor de

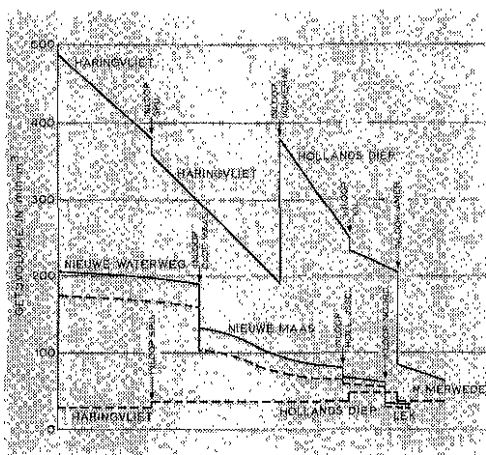
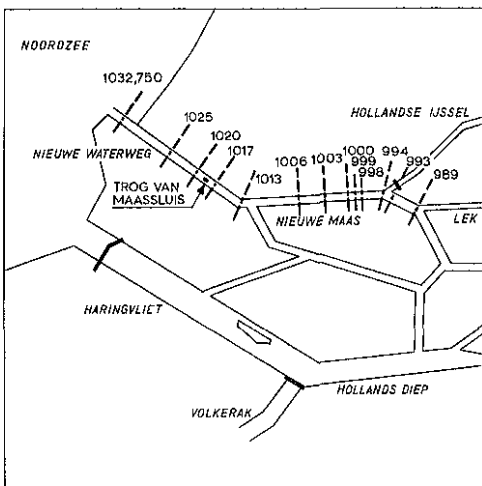
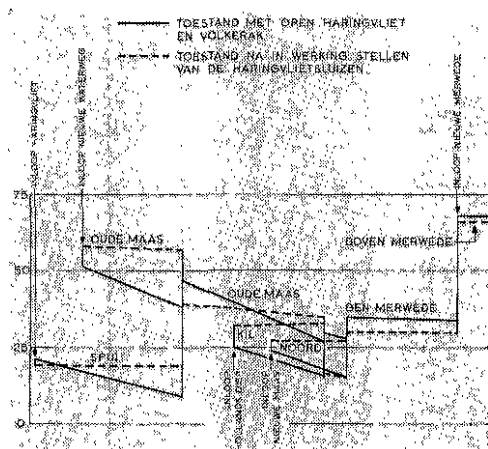


Fig. 1. Kilometerraaien op het traject Nieuwe Maas-Nieuwe Waterweg

Fig. 2. Verandering van de getijvolumes aan de noord- en zuidrand en in het centrale gedeelte van het noordelijk bekken

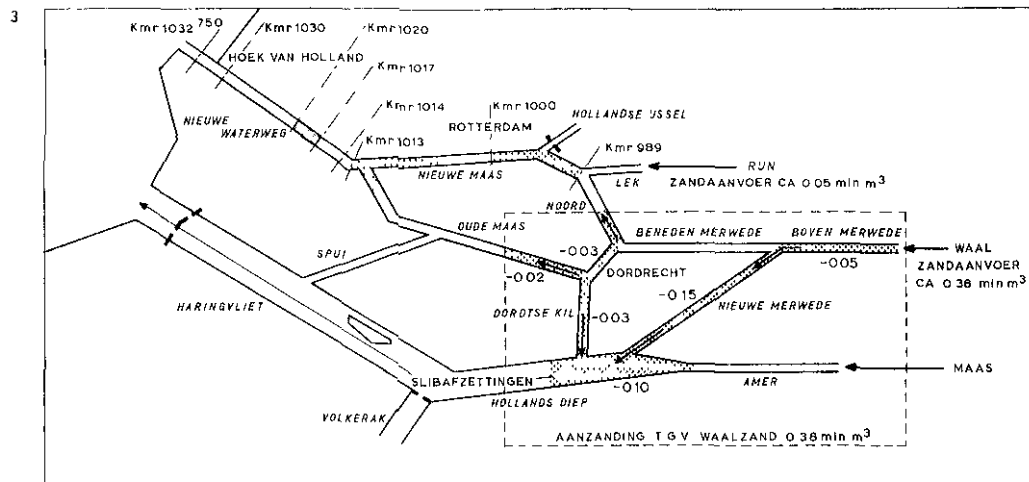


verschillende riviertakken en -vakken zijn alle berekend voor het profiel beneden N.A.P. De inhoudsverschillen tussen twee opeenvolgende metingen geven steeds de werkelijke registratie. Daaruit moet in bepaalde gevallen een hoeveelheid gestort of gezogen materiaal worden geëlimineerd, om een bij benadering juist beeld te verkrijgen van de natuurlijke inhoudsveranderingen. Van die gecorrigeerde cijfers is gebruik gemaakt voor het samenstellen van de zandbalans. Uit het aldus verkregen inzicht in het natuurlijk gedrag van de betrokken riviertakken en getijwateren gedurende de periode 1960-1968 is het gemiddelde gedrag gedurende een periode van een half jaar bepaald. Alle inhoudsveranderingen zijn opgegeven in miljoenen kubieke meters. Van de Lek blijkt in de periode 1960-1968

slechts weinig zand getransporteerd te zijn naar de Nieuwe Maas; daar werd jaarlijks minder dan 0,10 miljoen m³ afgezet. In de diepe kuilen op de trajecten kmr 993–999 en kmr 1003–1006, waar thans een kunstmatige bodemverhoging tot respectievelijk N.A.P. —8 en —12 m wordt uitgevoerd, hebben de laatste dertig jaren afzettingen van bodem-materiaal plaatsgevonden, op het eerstge-noemde traject vermoedelijk afkomstig van de Lek, terwijl in het andere traject vermoedelijk zeezand werd afgezet na perioden met lang-durige westerstorm.

Per half jaar kwam van de Waal gemiddeld 0,38 miljoen m³, gedistribueerd over de Boven Merwede (0,05 miljoen m³), de Nieuwe Merwede (0,15 miljoen m³), de Dordtse Kil, het zuidelijke deel van de Noord en het bovendee van de Oude Maas (totaal 0,08

Fig 3 Zandbalans over een ge-middeld halfjaar in de periode 1960–1968



miljoen m³), en ten slotte over het bovendee van het Hollands Diep en het aansluitende gebied van de Amer (0,10 miljoen m³). Op deze natuurlijke verdeling van het zandoverschot berustte in de jaren 1951–1970 in de hoofdzaak de verstrekking van vergunningen voor zandwinning, de zogenaamde zandcontingentering.

Het Spui en het gehele benedendeel van de Oude Maas zijn gedurende de periode 1960–1968 van nature stabiel gebleven; zuigwerk dat op de Oude Maas werd uitgevoerd terwille van de scheepvaart, is buiten beschouwing gelaten.

Wanneer men het grote traject Nieuwe Maas–Rotterdamse Waterweg – kmr 989–1032 – als één geheel beschouwt, is het in de periode 1960–1968 vrijwel in evenwicht gebleven. Het zeezand dat bij langdurige westerstormen in

de Waterweg werd afgezet, werd er in het algemeen bij hoge rivierafvoeren weer uit verwijderd. Wel zijn binnen het traject plaatselijk vrij grote zandverplaatsingen opgetreden. Op het nauwe riviergedeelte van kmr 1017 tot 1020, waar toen nog de 'trog van Maassluis' lag, zijn sterke uitschuringen opgetreden; het van dat gedeelte meegevoerde zand werd in hoofdzaak weer afgezet op de Waterweg, onmiddellijk boven het splitsingspunt Oude Maas, en in het benedendeel van de Oude Maas. Door kunstmatige herverdeling van het bodemmateriaal is dit verschijnsel stelselmatig tegengegaan, totdat de uitschuring werd bedwongen met tussen 1964 en 1967 uitgevoerde kribbinkortingen, die een beter evenwicht op de rivier waarborgden. De halfjaarlijkse periode na de afsluiting van het Haringvliet waarover thans metingen

beschikbaar zijn, loopt van 2 november 1970 tot 1 mei 1971. De lodingen werden in deze periode uitgevoerd met een frequentie van eenmaal per drie maanden. Op het Haringvliet en het Hollands Diep werd maar één keer per jaar gelood, omdat op deze rivieren geen bodemveranderingen van enige betekenis werden verwacht.

Het Waalzand is in deze periode grotendeels afgezet in de Nieuwe Merwede: de stroom-snelheden in de benedenmond van de Nieuwe Merwede zijn dusdanig afgenomen, dat er bij de vrij lage Bovenrijnafvoeren die gedurende de beschouwde periode zijn opgetreden, vrijwel geen Waalzand meer over was om in het Hollands Diep te worden afgezet. De hoeveelheid op de Nieuwe Merwede afgezet bodemmateriaal bedraagt nu een veelvoud van wat er vroeger tot sedimentering

kwam. Behalve zand wordt er thans in de Nieuwe Merwede ook veel slib afgezet, dat vroeger naar het Hollands Diep werd gevoerd, en ook nog tot ver in het Haringvliet en het zeeget van Goeree. Uit de lodingen volgt voor de Nieuwe Merwede een inhoudsvermindering van niet minder dan 1,7 miljoen m^3 . Men bestudeert met het oog op deze ontwikkeling thans ook nog afzonderlijk het aan de Boven Merwede grenzende gedeelte van de Waal; bij volgende zandbalansen zal dat rivierstuk mede in de beschouwingen kunnen worden betrokken.

De Boven en Beneden Merwede, die vroeger duidelijke getijrivieren waren, hebben na de afsluiting van het Haringvliet meer het karakter van een bovenrivier gekregen. De gemiddelde maximale ebstromen zijn weliswaar afgenomen, maar de stroom loopt nu

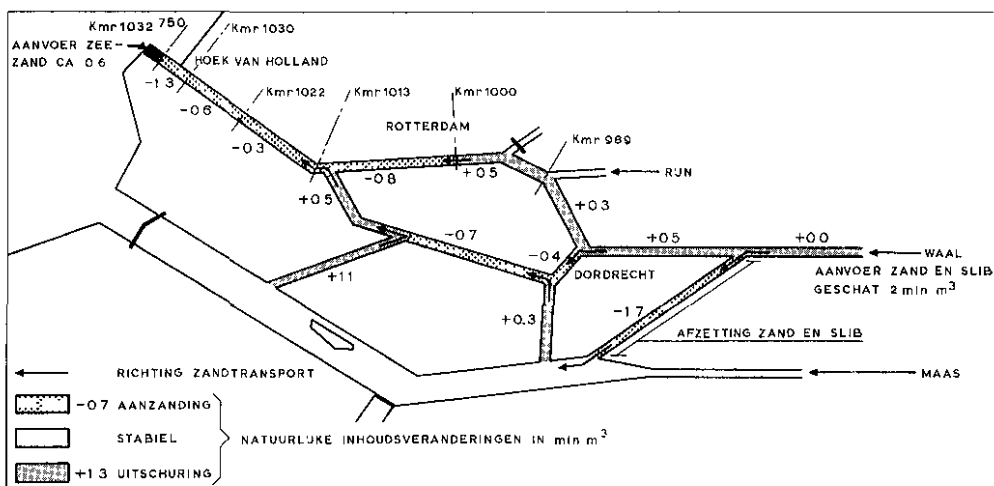


Fig. 4. Zandbalansen over de periode 2 november 1970– 1 mei 1971

vrijwel uitsluitend in de ebrichting. Aanvankelijk is er, in de periode november 1970–februari 1971, uitschuring opgetreden, oplopend van 0,2 tot 0,6 miljoen m^3 zandverlies. Dit proces van uitschuring was trouwens al op gang gekomen na de afsluiting van het Volkerak in 1969. Inmiddels is blijkens lodingen in de maanden april en mei 1971 de aanvankelijke uitschuring gevolgd door enige aanzanding van 0,1 à 0,2 miljoen m^3 . Te verwachten valt dat van nu af aan weer evenals voorheen een klein deel van het Waalzand op de Boven en Beneden Merwede zal worden afgezet. Over het gehele halfjaar is de Beneden Merwede met 0,5 miljoen m^3 uitgeschuurd, terwijl de resulterende verandering van de Boven Merwede verwaarloosbaar klein is gebleken.

De natuurlijke uitschuring van de Dordtse Kil

heeft in het beschouwde tijdperk 0,3 miljoen m³ bedragen. De grootste uitschuring is opgetreden in de eerste periode na de afsluiting, van november 1970 tot januari 1971. De rivierafvoeren hadden namelijk in de maanden november en december 1970 gemiddelde waarden; de Bovenrijnafvoer bij Lobith bedroeg 2100 m³/sec. Daarna is de Rijnafvoer steeds laag geweest: in januari, februari, maart en april bedroeg hij bij Lobith respectievelijk gemiddeld 1550, 1970, 1480 en 1494 m³. In die periode kwam de uitschuring van de Kil tot stilstand. Het van de Boven en Beneden Merwede en van de Dordtse Kil afkomstige zand is vermoedelijk grotendeels afgezet in het gebied van de Oude Maas, van Dordrecht tot aan het splitsingspunt met het Spui; over dat riviergedeelte is totaal 1,1 miljoen m³ aanzanding gemeten. Het grootst was de aanzanding per lengte-eenheid op het vrij korte traject van Dordrecht tot aan het splitsingspunt met de Krabbegeul; onder invloed van de nieuwe omstandigheden zijn de stroomsnelheden daar in aanzienlijke mate afgenomen.

De uitschuring van de Noord heeft 0,3 miljoen m³ bedragen; ook daar zijn de grootste uitschuringen opgetreden in de periode november 1970–januari 1971 en gevolgd door vrijwel algehele stabiliteit in de periode januari–mei 1971. Het traject van de Nieuwe Maas tussen kmr 989 en 1000, waar vroeger enig zand van de Lek werd afgezet, vertoont nu een zandverlies van 0,5 miljoen m³.

Verantwoordelijk voor dit verschijnsel is wel de bodemophoging in het traject kmr 994–998, waar de diepe geulen zijn verondiept tot N.A.P. — 8 m. Dat deed de stroom toenemen, en bracht de erosie op gang.

Het ligt voor de hand aan te nemen dat het zand van de Noord en dat van het traject kmr 989–1000 van de Nieuwe Maas grotendeels is afgezet op een gedeelte van de Nieuwe Maas, namelijk op het traject kmr 1000–1013, dat loopt van Rotterdam tot aan het Splitsingspunt Oude Maas. Bij gemiddelde Bovenrijnafvoer is het getijvolume hier 15 % minder groot dan voor de afsluiting van het Haringvliet. In het Spui is een natuurlijke uitschuring geconstateerd ter grootte van 1,1 miljoen m³, ontstaan in de eerste maanden na de afsluiting. Het benedendeel van de Oude Maas, tussen Spui en Rotterdamse Waterweg, is uitgeschuurd met 0,5 miljoen m³, als gevolg van de bij gemiddelde omstandigheden toegenomen ebstroom. Van de beide trajecten samen is dus 1,6 miljoen m³ bodemmateriaal meegevoerd.

Vermoedelijk is het grotendeels afgezet in de

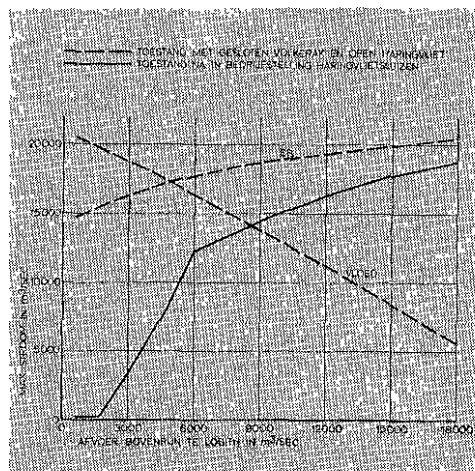
Rotterdamse Waterweg tussen kmr 1013 – het splitsingspunt Oude Maas – en kmr 1032,750, de kop van het oude Noorderhoofd te Hoek van Holland. Op dit traject is het getijvolume namelijk bij gemiddelde bovenrijnafvoeren 10 % minder groot dan voorheen. In dat traject is een aanzanding opgetreden van 2,2 miljoen m³; 0,6 miljoen m³ daarvan is vermoedelijk vanuit zee aangevoerd.

Afzetting van zeezand vindt in het gebied van de Rotterdamse Waterweg plaats bij langdurige westerstorm, en in de beschouwde periode is zo'n storm na november 1970 niet meer voorgekomen. Als gevolg van massaal zandzuigwerk voor de mond kan de Nieuwe Waterweg tussen km 1032,750 en kmr 1025 verschijnselen van terugschrijdende erosie gaan vertonen. In het halve jaar november 1970–mei 1971 is het bovengeschetste algemene beeld van het zandtransport echter slechts in geringe mate beïnvloed door afzettingen van zeezand bij stormen of door zuigwerken buitengaats.

Wat nu de prognoses voor de toekomst betreft, kan het volgende worden gesteld: in de rivieren Noord, Kil, Spui en in het benedendeel van de Oude Maas kan verdere uitschuring worden verwacht bij bovenrijnafvoeren van 1700 tot 3000 m³/sec. te Lobith. Het traject Rotterdamse Waterweg–Nieuwe Maas kan in de toekomst zand toegevoerd krijgen uit de zich verdiepende rivieren Noord, Spui en uit het benedendeel van de Oude Maas en misschien ook vanuit zee. Uit vroegere studie is gebleken dat zeezand door westerstorm ver rivieropwaarts kan worden gevoerd. Nu echter door de bedijking van de Maasvlakte een belangrijk leverantiegebied van bodemmateriaal buiten het bereik der stromen is gebracht, valt het te bezien of de aanvoer van zeezand in gelijke mate zal voortduren. Voorheen is dit bij westerstorm aangevoerde bodemmateriaal bij hoge rivierafvoeren altijd wel geërodeerd en weer afgevoerd uit het traject Waterweg–Nieuwe Maas. Nu bij toenemende rivierafvoer door het inwerkingstellen van de Haringvlietstuizen geleidelijk meer water door het Haringvliet naar zee zal worden afgevoerd, en daardoor de ebstromen op de Nieuwe Waterweg bij toenemende rivierafvoeren vrijwel dezelfde zullen blijven, kan dat eroderingsproces niet meer worden verwacht.

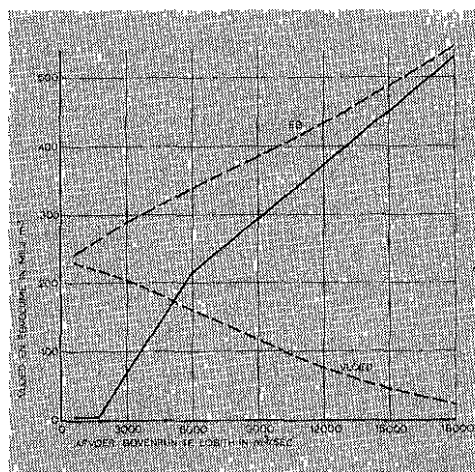
De bodemveranderingen aan weerszijden van de Haringvliet-sluizen

Toen op 1 oktober 1968 de uitwaterings-sluizen in het Haringvliet geopend werden, nadat voor die tijd de bouwput was opgeruimd en de bodemverdediging aan weerszijden van de sluizen was voltooid, werd het doorstroom-profiel van het Haringvliet, dat tevoren door de aanwezigheid van het werkelland sterk was beperkt, aanzienlijk vergroot, namelijk tot 21 300 m². Dit was meer dan toen met de afsluitingswerken begonnen werd, hetgeen be-grijpelijk wordt als men bedenkt dat de sluis-vloer aanzienlijk lager werd aangelegd dan de oorspronkelijk ter plaatse aanwezige ondiepte, terwijl bovendien de bodem tijdens de aan- wezigheid van de bouwput daarbuiten plaatse- lijk sterk was uitgeschuurd. Na oktober 1968 volgden de afsluiting van het Noord Pampus, zuidelijk van de uitwateringssluizen, en de vorming van het wintersluitgat in het Rak van



1a

Fig. 1a. Eb- enloedvolume bij gemiddeld getij ter plaatse van de Haringvliet-sluizen voor en na de afsluiting



1b

Fig. 1b. Maximale eb- enloed-debeten bij gemiddeld getij ter plaatse van de Haringvliet-sluizen voor en na de afsluiting

Scheelhoek ten noorden van de sluisen. Het doorstroomprofiel werd hiermede verkleind tot 14 100 m²; 5300 m² in de sluisen en 8800 m² in het sluitgat. Onder deze omstandigheden ging ongeveer 35% van het maximum eb- en vloeddebiet door de Haringvlietsluizen; het resterend gedeelte ging door het Rak van Scheelhoek. Onder gemiddelde omstandigheden van getij en afvoer van de Bovenrijn bedragen deze maximale eb- en vloeddebieten respectievelijk 16 000 m³/sec en 20 000 m³/sec.

In de eerste vier maanden van 1970 is in het Rak van Scheelhoek een sluitkade opgestort uit betonblokken. De eb- en vloedstromen verlegden zich toen geleidelijk naar de uitwateringssluizen. In Bericht nr. 53 (augustus 1970) is hierover geschreven. Tenslotte werd in april 1970 een toestand bereikt waarbij de getijstromen nog slechts via de uitwateringsluizen op het Haringvliet en het Hollands Diep konden doordringen. Deze situatie heeft geduurd tot 2 november 1970, toen de Haringvlietsluizen in bedrijf werden gesteld.

Vanaf dat moment wordt nog slechts tijdens laagwater een hoeveelheid water naar zee afgevoerd afhankelijk van het toen ingestelde normale lozingsprogramma. De in de verschillende toestanden onder gemiddelde getij-omstandigheden optredende eb- en vloedvolumes en de maximale eb- en vloeddebieten zijn aangegeven op de figuren 1a en 1b. De grootheden zijn hier gegeven als functie van de afvoer van de Bovenrijn te Lobith. Duidelijk is te zien dat de ebstroom door de uitwateringsluizen groter is geweest in de periode tussen het gereedkomen van de blokkendam en de inbedrijfsstelling van de sluisen dan hij daarna onder overigens dezelfde omstandigheden zal zijn. In deze periode, toen de Bovenrijnafvoer varieerde tussen 1500 en 7300 m³/sec, konden ook de grootste ontgrondingen ter weerszijden van de Haringvlietsluizen verwacht worden.

Het verloop van deze ontgrondingen is door zeer regelmatig peilen gevolgd, opdat de verwachtingen die hieromtrent door de uitkomsten van modelonderzoek waren gewekt, aan de werkelijkheid konden worden getoetst. Het modelonderzoek naar de ontgrondingen is uitgevoerd in een twee-dimensionaal model, waarin voor de middelste openingen van het sluisencomplex de ontgrondingen bekeken werden, en in een drie-dimensionaal model, waarin de invloed van de twee landhoofden erbij betrokken werd. Als criterium voor dit onderzoek is aangehouden, dat de ontgrondingen in de nabijheid van de landhoofden niet veel groter mochten zijn dan de ontgron-

dingen achter de middelste openingen van het sluisencomplex, die als twee-dimensionaal mochten worden beschouwd. In verband hiermee bleek het nodig extra ruwheid in de vorm van tetraëders aan te brengen op de bodemverdediging nabij de landhoofden. Zo kon de ontgroning vooral nabij het noordelijk landhoofd voor de eb en vooral voor de vloed beperkt worden, hoewel de verdiepingen daar door de wijze van aanstroming toch nog groter zouden worden dan elders aan de randen van de stortebedden. De omvang en diepte van de ontgrondingskuilen die in de werkelijkheid zijn geconstateerd, stemmen goed overeen met wat op grond van de modelresultaten verwacht mocht worden. Vooral de verdieping aan de rivierzijde nabij het noordelijk landhoofd, veroorzaakt door de vloedstroom, is ook in de natuur gevonden.

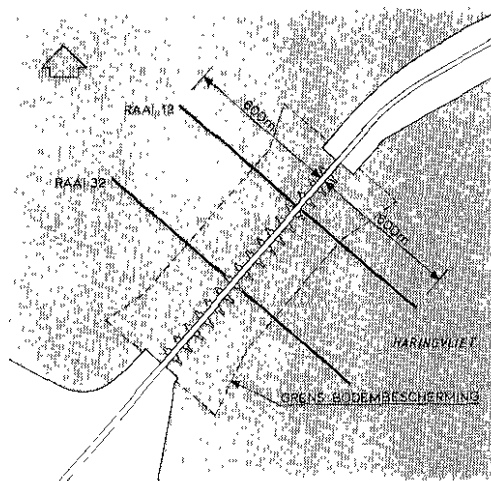


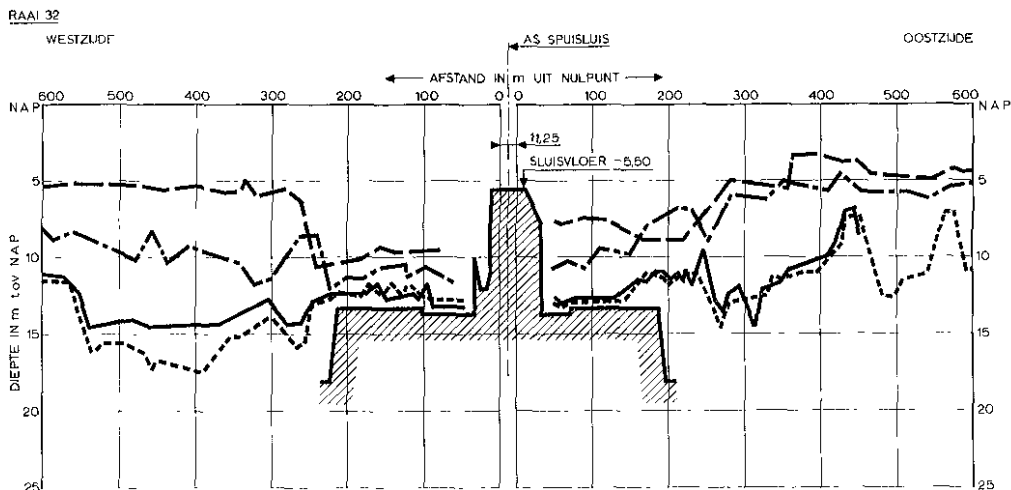
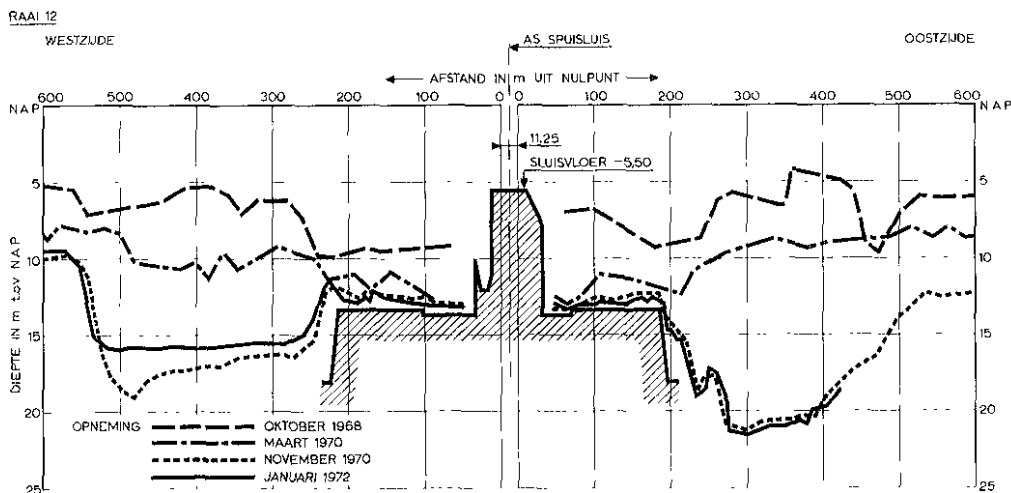
Fig. 2 Lodingen in de raaien 12 en 32 loodrecht op de as van de Haringvlietsluizen

Een indruk hiervan geven de dwarsprofielen van figuur 2. De grootste gepeilde diepte aan de rivierzijde van de sluizen bedraagt ongeveer N.A.P. - 24 m. Omdat de vloedstroom door de sluizen na het in bedrijf stellen onder normale omstandigheden geheel is komen te vervallen, hoeft hier niet gevreesd te worden voor verdere verdiepingen.

De ebstroom heeft tijdens de overgangstoestand met geopende Haringvlietsluizen en afgesloten Rak van Schoelhoek aan de zeezijde belangrijk geringere ontgrondingen opgeleverd. Hier werd de grootste diepte eveneens nabij het noordelijk landhoofd gevonden: N.A.P. - 19 m. Na de inbedrijfsstelling van de sluizen zullen de ebdebieten pas bij zeer hoge Bovenrijnafvoeren dezelfde orde van grootte bereiken als tijdens de overgangsfase is opgetreden. Aangezien sinds met het

lozingsprogramma begonnen is, de oppervlaktewaterafvoer vrijwel steeds laag is geweest, zijn aan de zeezijde van de sluizen nog slechts aanzandingen geconstateerd. Toch mag men in de loop der jaren hier nog een verdere verdieping verwachten. Deze verdieping zal van dezelfde omvang zijn als geconstateerd is tijdens de overgangssituatie, namelijk 6 à 8 m.

Tenslotte kunnen nog enige getallen gegeven worden voor de totale uitschuring in het gebied in het verlengde van de uitwateringsluizen. Zeewaarts is in dit gebied tot 500 m uit de sluizen 3,2 miljoen m³ uitgeschuurd in de periode tussen juli 1969 en september 1970. Tot op een afstand van 1000 m zeewaarts van de sluizen bedroeg de totale uitschuring 5 miljoen m³ en tot 2000 m 6,3 miljoen m³. Nog verder zeewaarts is de bodem





stabiel gebleven. De genoemde uitschuringen vonden in hoofdzaak plaats in 1970; vóór die tijd zijn de natuurlijke uitschuringen slechts gering geweest. Aan de rivierzijde van de sluizen heeft de uitschuring tot op een afstand van 500 m eveneens 3,2 miljoen m³ bedragen; over het traject tot 1000 m rivierwaarts is totaal 4,8 miljoen m³ uitgeschuurd en tot 1500 m 5,1 miljoen m³. Verder rivierwaarts zijn geen uitschuringen meer geconstateerd. Uit de peilingen is verder gebleken, dat veel bodemmateriaal is afgezet ten noorden van het beschouwde ontgrondingsgebied, dat gelegen was in het verlengde van de uitwateringssluizen.

De verziltingstoestand op de wateren van het noordelijk Deltabekken na de afsluiting van het Haringvliet

Sedert de ingebruikstelling van de uitwateringssluizen in het Haringvliet in november 1970 is het nog slechts in beperkte mate mogelijk geweest de betekenis en functie van deze sluizen in de werkelijkheid te vergelijken met de voorspellingen die daaromtrent zijn gedaan. De onmogelijkheid om de voorspellingen op ruime schaal te toetsen aan de realiteit is te wijten aan de exceptioneel lage Rijnafvoeren die sedert het midden van 1971 voortdurend zijn opgetreden (zie fig. 1), en die er de oorzaak van zijn geweest dat de sluizen, anders dan bij normale afvoeren het geval zou zijn geweest, vrijwel doorlopend nagenoeg gesloten moesten worden gehouden. Een enkel aspect kan daarentegen door de bijzondere situatie juist zeer goed worden onderzocht, namelijk de betekenis van de Haringvlietafsluiting voor de vanuit zee in het benedenrivierengebied doordringende verzilting. Juist bij lage Rijnafvoeren immers reikt die zoutpenetratie het verst.

Daar het middenwesten van ons land voor zijn watervoorziening in hoofdzaak is aangewezen op de Hollandse IJssel, zal het zoutgehalte op de Nieuwe Maas bij de mond van de Hollandse IJssel gehanteerd worden als maat voor de zoutpenetratie vanuit zee in het noordelijk Deltabekken. In concreto zal worden nagegaan onder welke omstandigheden het zoutgehalte van het water ter hoogte van de Van Brienenoordbrug bij gemiddeld getij tijdens de H.W.-kentering nog juist geen verhoging ondergaat ten gevolge van de zee-inval. Volgens het eindrapport van de Deltacommissie zou dit bij de huidige overgangstoestand – nog geen watervoorziening van het zuidelijk Deltabekken en nog maar een beperkte rivierwateronttrekking – het

geval zijn wanneer de Rijnafvoer 1300 tot 1350 m³/sec bedraagt en de Haringvliet-sluizen nagenoeg gesloten zijn. In de jaren waarin het betreffende deel van het eindrapport werd samengesteld, was de zee-inval op dezelfde plaats tijdens de H.W.-kentering al merkbaar bij 2200 m³/sec Rijnafvoer. Volgens de verwachtingen zou de overgangstoestand dus al een belangrijke verbetering betekenen, zeker als men bedenkt dat ook een afvoervermindering moest worden gecompenseerd die optrad tengevolge van de Rijn-kanalisatie.

Men kan zich echter afvragen of toetsing van de genoemde voorspelling wel zin heeft. In de jaren '60 zijn immers belangrijke veranderingen opgetreden in het profiel van de Nieuwe Waterweg. Naast omvangrijke rivierverbreidings- en verdiepingswerken ten behoeve van de scheepvaart kwamen een *nieuwe toeleidingsgeul vanuit de Noordzee* en een verdieping van de mond bij Hoek van Holland tot stand, en tengevolge van deze laatste werken trad bovendien nog achterwaartse erosie op. De verziltingstoestand op Oude en Nieuwe Maas verslechterde daardoor aanzienlijk. Het Maaswater ter hoogte van de Van Brienenoordbrug bleef in 1966 bij de H.W.-kentering alleen nog vrij van zee-inval bij Rijnafvoeren van 2750 m³/sec en meer; in 1969 was deze kritieke waarde al opgelopen tot 3500 m³/sec.

Daar staat echter tegenover dat sinds 1968, tegelijk met de aanleg van de oliegeul, werd overgegaan tot kunstmatige verondieping van de Rotterdamse Waterweg opdat van de door het Deltaplan mogelijk geworden verbetering van de verziltingstoestand op de Oude en Nieuwe Maas zo min mogelijk verloren zou

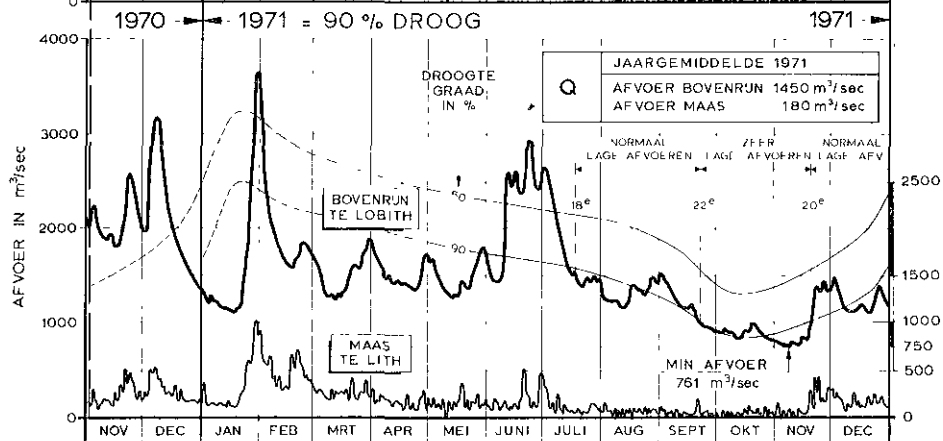
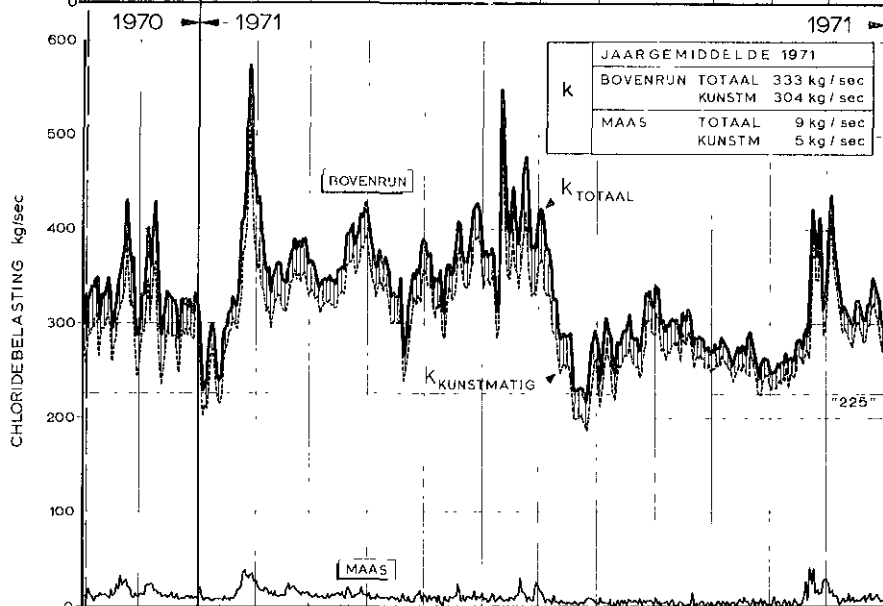
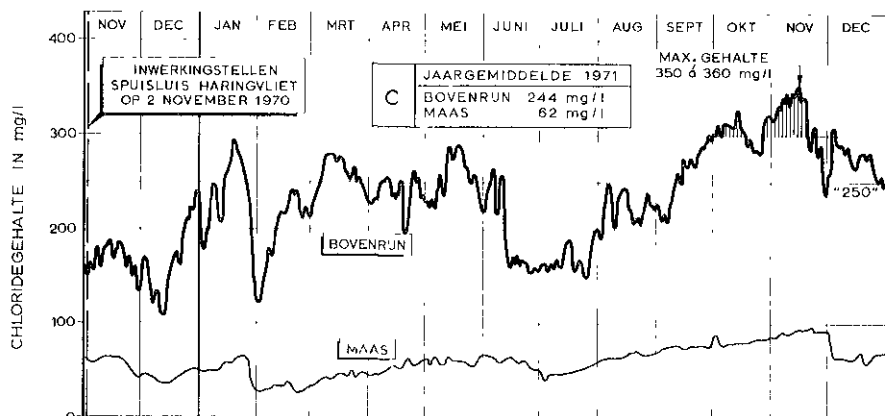


Fig. 1. Verloop van het zoutgehalte (c), de zoutbelasting (k) en de afvoer (q) op de Bovenrijn en de Maas in de periode november 1970–december 1971

gaan. Berekeningen volgens een recentelijk ontwikkelde empirische methode wijzen uit dat bij verondieping van de Rotterdamse Waterweg conform de in de Rijkswaterstaatsnota 'De Waterhuishouding van Nederland' (1968) aangegeven trapjeslijn, een Rijnafvoer van 1200 à 1250 m³/sec al voldoende zou zijn om de Nieuwe Maas bij de Van Brienenoordbrug tijdens de H.W.-kentering te vrijwaren van zee-invloed.

Vergelijking met het einde van de jaren '60

Met behulp van de genoemde empirische methode is berekend tot waar de zoutpenetratie uit zee onder gemiddelde getijomstandigheden langs de Nieuwe en Oude Maas thans tijdens de H.W.- en L.W.-stroomkentering zou doordringen bij een Rijnafvoer van 1000 en 1500 m³/sec en nagenoeg gesloten Haringvlietsluizen. De uitkomst is aan de onderzijde van fig. 2 weergegeven. Daarboven ziet men de gemiddelde longitudinale gradiënten van het zoutgehalte die op een diepte van N.A.P.-2,50 m door een groot aantal continu registrerende zoutmeetstations gemiddeld over zowel de H.W.- als de L.W.-stroomkentering bij Rijnafvoeren rond 1000 en 1500 m³/sec zijn gemeten. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de volgende waterstaatkundige toestanden:

- T_0 = toestand vóór de afsluiting van het Volkerak op 28 april 1969;
 T_1 = toestand ná de afsluiting van het Volkerak en vóór het inwerkingstellen van de Haringvlietsluizen (28 april 1969 – 2 november 1970);
 T_D = toestand ná het inwerkingstellen van de Haringvlietsluizen op 2 november 1970 bij gedeeltelijk voltooide bodemverhoging op de Rotterdamse Waterweg en in werking gestelde Rijnkanalisatie.

De aandacht wordt erop gevestigd dat de gradiënten in fig. 2 betrekking hebben op gemiddelde getijomstandigheden. In werkelijkheid doen zich van getij tot getij grote positieve en negatieve afwijkingen voor.

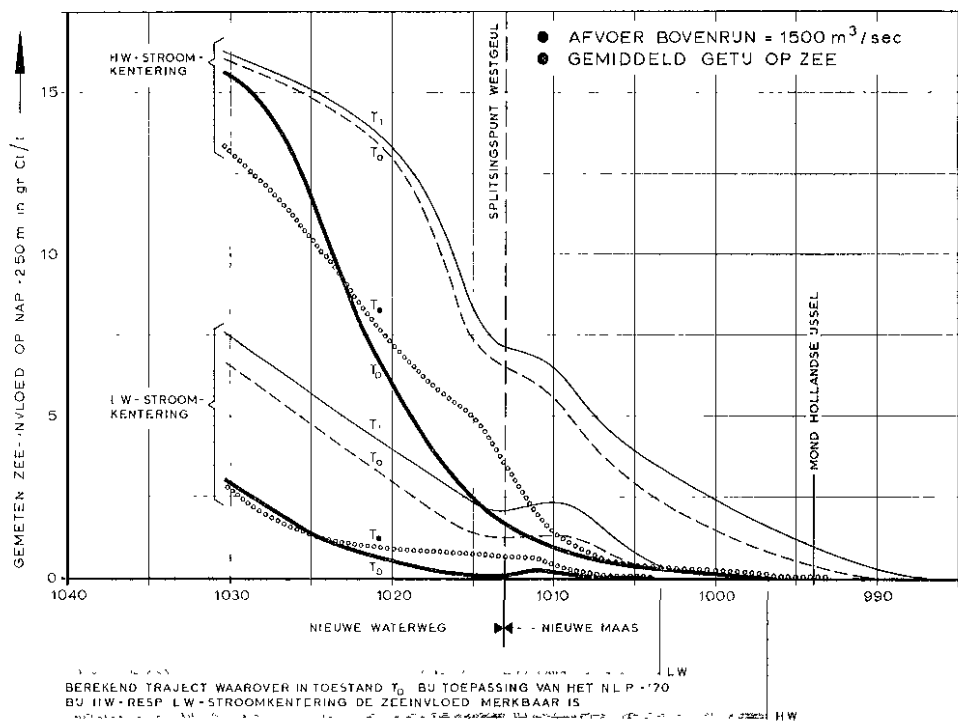
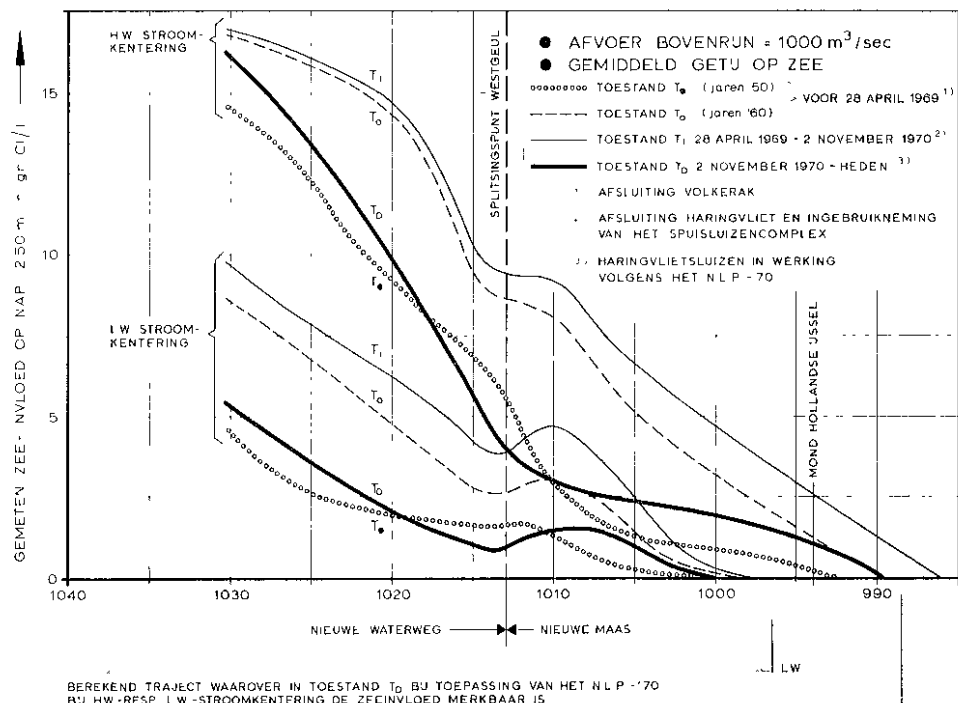
Aangezien de verticale gradiënten in het zoutgehalte op de riviergedeelten waar de verziltende invloed van de zee merkbaar begint te worden, te verwaarlozen zijn, geven in fig. 2 de punten van de X-as waar de op N.A.P.-2,50 m gemeten zee-invloed nul is, de km-raaien aan tot waar de zoutpenetratie uit zee tijdens de H.W.- en L.W.-stroomkentering gemiddeld is doorgedrongen. De overeenkomst tussen berekening en meting blijkt bevredigend. Uit een vergelijking van de verschillende op N.A.P.-2,50 m gemeten gradiënten blijkt dat de verziltende invloed van de zee thans minder ver langs de Oude en Nieuwe Maas doordringt dan omstreeks 1968 (tabel 1). Verder blijkt, dat het zoutgehalte in de mond van de Nieuwe Waterweg bij beide Rijnafvoeren vooral tijdens de L.W.-stroomkentering is afgenomen, dat de longitudinale gradiënt in het bijzonder tijdens de H.W.-stroomkentering is toegenomen. Dat betekent een aanzienlijke verlaging van de zee-invloed op N.A.P.-2,50 m op het rivierenknooppunt bij Vlaardingen (tabel 2).

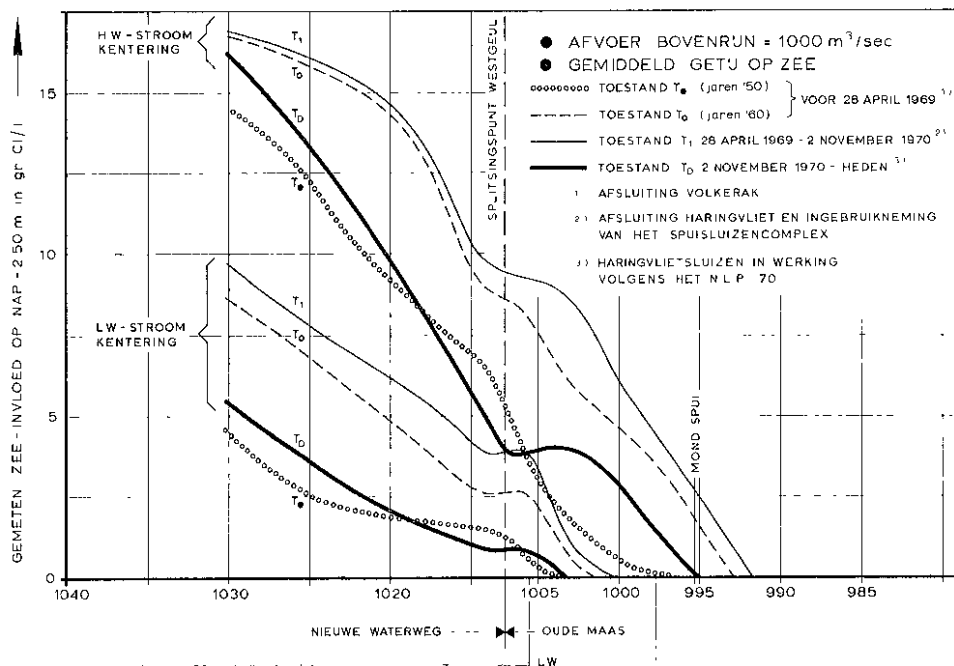
Tabel 1. Afstand in km waarover de zoutpenetratie uit zee thans minder ver doordringt dan op het einde van de jaren '60

Rijnafvoer te Lobith	1000 m ³ /sec	1500 m ³ /sec		
Stroomkentering	H.W.	L.W.	H.W.	L.W.
Nieuwe Maas	0	1	4	4
Oude Maas	2	2	5	4,5

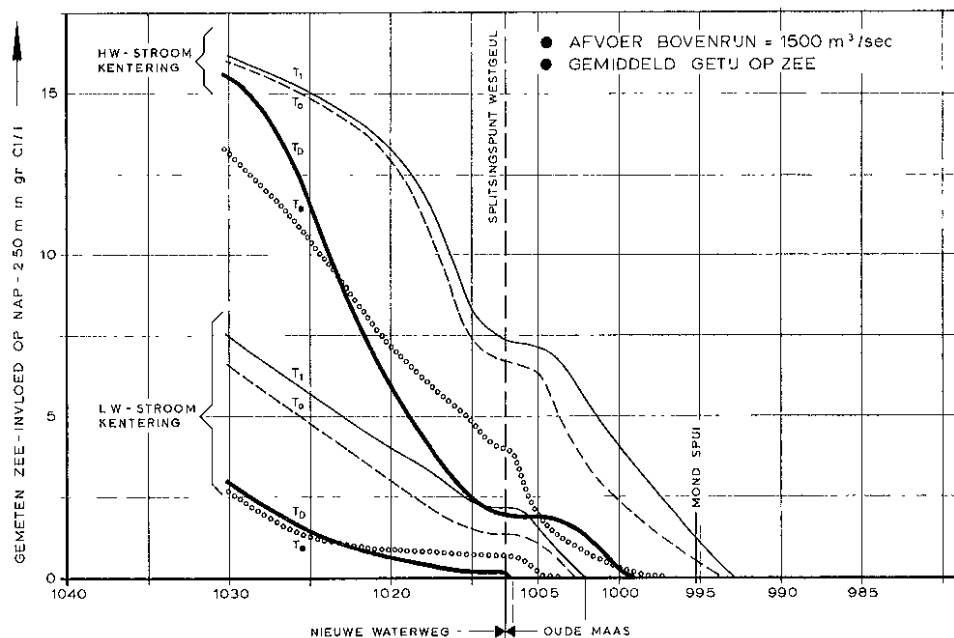
Tabel 2. De op N.A.P. – 2,50 m gemeten zee-invloed in mg Cl/l op het rivierenknooppunt bij Vlaardingen: T_D t.o.v. T_0 .

Rijnafvoer in m ³ /sec	H.W.-stroomkentering		L.W.-stroomkentering	
Toestand	T_0	T_D	T_0	T_D
1000	8500	4000	2700	1000
1500	6500	1700	1300	200





BEREKEND TRAJECT WAAROVER IN TOESTAND T₀ BIJ TOEPASSING VAN HET N.L.P. '70 BIJ HW-RESP LW-STROOMKENTERING DE ZEE-INVLOED MERKBAAR IS



BEREKEND TRAJECT WAAROVER IN TOESTAND T₀ BIJ TOEPASSING VAN HET N.L.P. '70 BIJ HW-RESP LW-STROOMKENTERING DE ZEE-INVLOED MERKBAAR IS

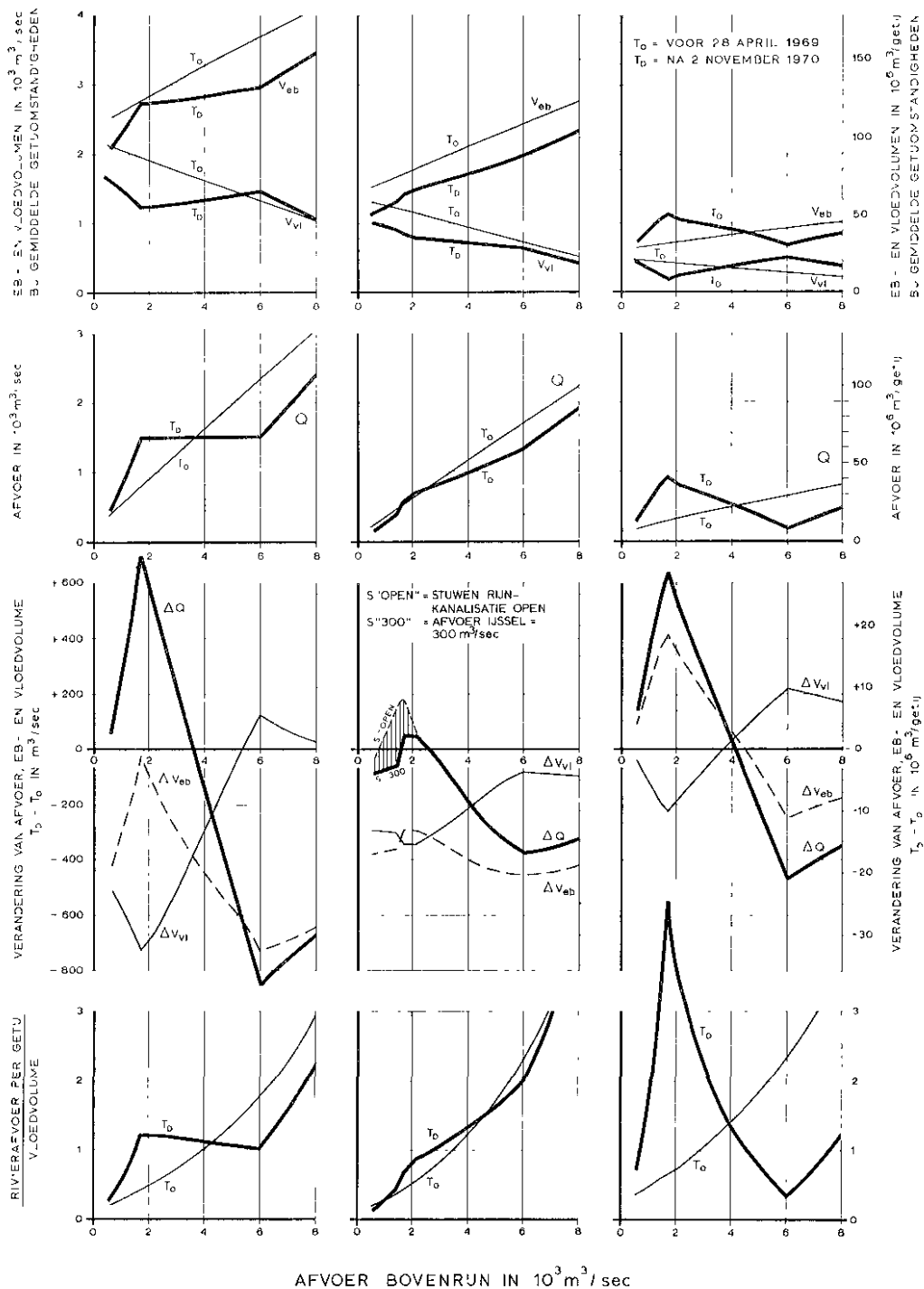
a NIEUWE WATERWEG
kmr 1032b NIEUWE MAAS
kmr 1013c OUDE MAAS
kmr 1007

Fig. 2. Grafieken op p. 524 resp. 525:

Relatie tussen de afvoer van de Bovenrijn en de zee-invoerd op de trajecten Nieuwe Waterweg–Nieuwe Maas (links) en Nieuwe Waterweg–Oude Maas (rechts) bij verschillende waterstaatkundige toestanden

Fig. 3. Eb- en vloedvolumes en oppervlatafvoeren op de Nieuwe Waterweg, de Nieuwe Maas en de Oude Maas; vergelijking van toestand T_0 met toestand T_D

De oorzaak van deze aanzienlijke verbetering van de verziltingstoestand op de Nieuwe Waterweg is gelegen in het feit dat door het bij de lagere rivierafvoeren nagenoeg gesloten houden van de Haringvlietsluizen de vloedvolumina op deze rivier aanzienlijk meer zijn afgenomen dan de ebvolumina. Dit betekent een grotere afvoer van oppervlatafvoer en een gunstiger verhouding tussen afvoer en vloedvolumen dan op het einde van de jaren '60. Fig. 3 geeft hiervan een beeld. Daar het zoutgehalte op het rivierenknooppunt bij Vlaardingen kan worden beschouwd als randvoorwaarde voor de verziltingstoestand op de Oude en Nieuwe Maas, doet de verbetering in de verziltingstoestand zich in principe ook op beide laatstgenoemde riviertakken gelden (fig. 4).

Een nadere beschouwing van de figuren 2 laat echter zien dat de Nieuwe Maas bij lage afvoeren anders reageert dan de Oude Maas. De gemiddelde zoutgehalten zijn op beide riviertakken weliswaar aanzienlijk verlaagd, de longitudinale gradiënt is echter op de Nieuwe Maas afgenomen en op de Oude Maas toegenomen. Hierdoor dringt bij een Rijnafoer van $1000 \text{ m}^3/\text{sec}$ de verziltende invloed van de zee op de Oude Maas in vergelijking met het einde van de jaren '60 ongeveer 2 km minder ver door, terwijl deze invloed op de Nieuwe Maas tijdens de H.W.-stroomkentering even ver en tijdens de L.W.-stroomkentering bijna even ver merkbaar is als toen. Op de benedenloop van de Oude Maas is de oorzaak van de verbetering gelegen in het feit, dat de nagenoeg gesloten Haringvlietsluizen bij lagere rivierafvoeren een vermindering veroorzaken van de vloedvolumina en een aanzienlijke vergroting van de

ebvolumina resulterend in een grotere afvoer van oppervlatafvoer en een gunstiger verhouding tussen afvoer en vloedvolumen. De afvoer-vermeerdering langs de Nieuwe Waterweg blijkt vrijwel geheel afkomstig van de Oude Maas. Als gevolg van de op de Oude Maas afgenomen vloedvolumina is de verhouding tussen afvoer en vloedvolumen op deze rivier thans ruim driemaal zo groot als die op de Nieuwe Waterweg. Op het einde van de jaren '60 was diezelfde verhouding op de Oude Maas anderhalf á tweemaal zo groot als die op de Nieuwe Waterweg.

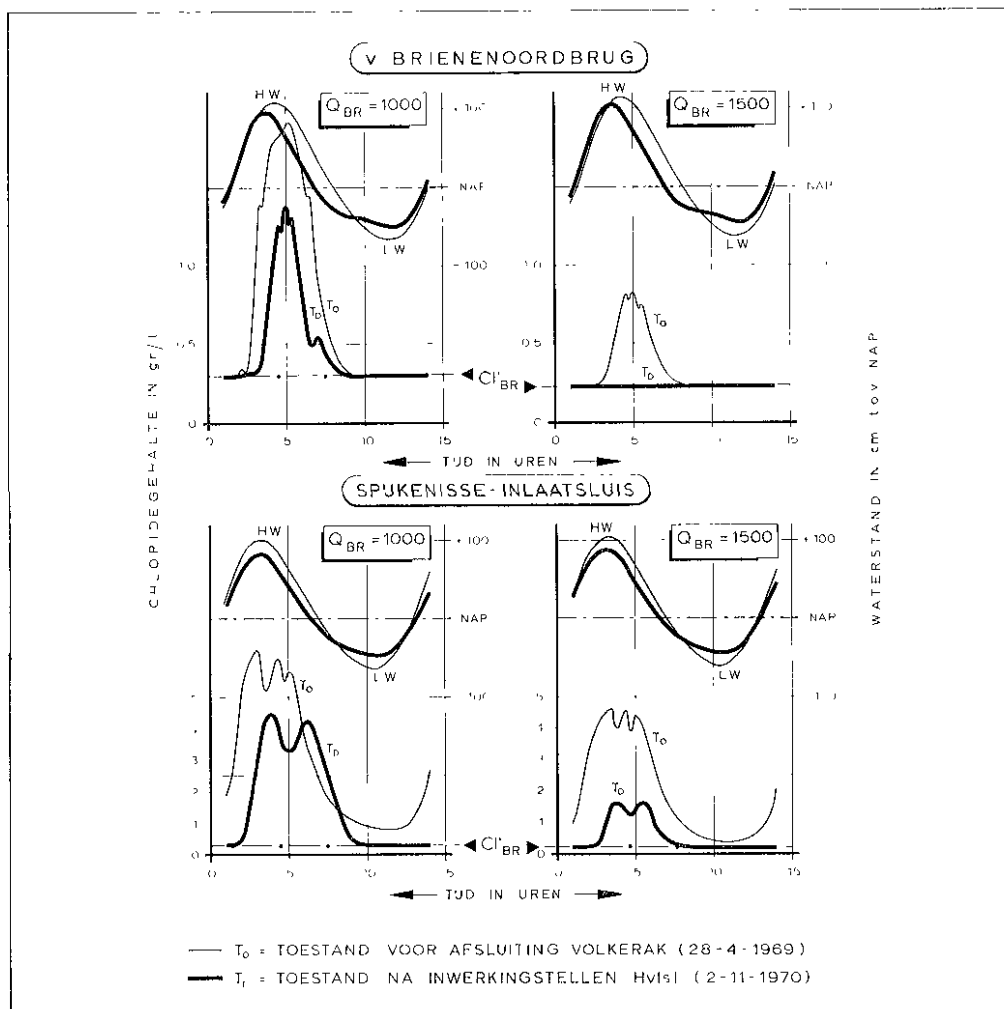
Ondanks het nagenoeg gesloten houden van de Haringvlietsluizen, is de vermindering van de vloedvolumina op de Nieuwe Maas tijdens normale Rijnafoeren slechts weinig groter en tijdens lage Rijnafoeren ($< 1500 \text{ m}^3/\text{sec}$) zelfs kleiner dan die van de ebvolumina. Als gevolg hiervan nemen tijdens normale Rijnafoeren de afvoer van oppervlatafvoer en de verhouding tussen afvoer en vloedvolumen op de Nieuwe Maas ten opzichte van het einde van de jaren '60 slechts weinig toe en nemen zij tijdens de lagere afvoeren van de Rijn zelfs af. De overgang van toe- naar afnemend geschiedt voor wat betreft de oppervlatafvoer vrij abrupt bij Rijnafoeren van 1400 à $1500 \text{ m}^3/\text{sec}$; en voor wat betreft de verhouding tussen afvoer en vloedvolumen meer geleidelijk (fig. 3). Het afwijkende gedrag van de Nieuwe Maas wordt voornamelijk veroorzaakt door het stuwprogramma dat op de gekanaliseerde Nederrijn en Lek terwille van het handhaven van een voldoende vaardiepte op de Gelderse IJssel moet worden toegepast (zie ook figuur 6). Beneden een Bovenrijnafoer van 2100 à $2200 \text{ m}^3/\text{sec}$ wordt volgens het stuwprogramma S '300' de afvoer van de IJssel namelijk zolang op $300 \text{ m}^3/\text{sec}$ gestabiliseerd, tot als gevolg hiervan de afvoer van de Nederrijn via de stuw te Driel tot $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ is gedaald. Beneden een Rijnafoer van 1400 à $1500 \text{ m}^3/\text{sec}$ wordt vervolgens de afvoer van de Nederrijn met behulp van de stuw te Driel op $50 \text{ m}^3/\text{sec}$ gestabiliseerd. Zonder de Rijnkanalisatie zou de afvoer langs de Nieuwe Maas niet alleen tijdens de normale, maar ook tijdens de lagere Rijnafoeren zijn toegenomen. In dit verband moet worden opgemerkt dat in de periode van 22 september t/m 20 november 1970, toen de Rijnafoer kleiner was dan $1000 \text{ m}^3/\text{sec}$, in feite geen 50 maar 25 à $35 \text{ m}^3/\text{sec}$ via de stuw te Driel werd afgevoerd en dat dit zich heeft herhaald in de periode na 7 december 1971, toen de Rijnafoer groter was en varieerde tussen 1100 en $1400 \text{ m}^3/\text{sec}$. Deze relatief sterkere stuwung van oppervlatafvoer via de IJssel naar het IJsselmeer heeft even-

wel geen gevolgen van betekenis gehad voor de zoutbestrijding op de Rotterdamse Waterweg. De vermindering van de afvoer via de stuw te Driel gaat namelijk niet geheel ten koste van de aanvoer van oppervlaktewater naar de noordrand van het noordelijk deltabekken. Het 'knippen' van de stuw te Driel immers doet niet alleen de afvoer langs de IJssel, maar ook die langs de Waal toenemen. Overigens komt de afvoervermeerdering van de Waal meer de Oude dan de Nieuwe Maas ten goede.

Vergelijking met de jaren '50

De door het inwerkingstellen van de Haringvlietsluizen op 2 november 1970 ontstane nieuwe toestand is eveneens vergeleken met die van de jaren '50. Ofschoon dit onderzoek

Fig. 4. Verbetering van het zoutgehalte bij de Van Brienenoordbrug en de Inlaatsluis Spijkensisse onder invloed van de inwerkingstelling der Haringvlietsluizen.



nog niet is afgerond, kunnen nu al wel enige algemene conclusies worden getrokken. De belangrijkste zijn, dat na 2 november 1970 de verziltingsstoestand ten opzichte van die van de jaren '50 tijdens gemiddelde getijomstandigheden op de Oude en Nieuwe Maas bij Rijnafvoeren gelijk aan of groter dan $1500 \text{ m}^3/\text{sec}$ is verbeterd, bij kleinere rivierafvoeren tijdens de L.W.-stroomkentering ten naaste bij gelijk gebleven en tijdens de H.W.-stroomkentering iets ongunstiger geworden is (zie fig. 2).

Gegeven de rivierconfiguratie van de jaren '50 zou, volgens het Eindrapport van de Deltacommissie, in de periode direct volgend op het inwerkingstellen van de Haringvliet-sluizen de verziltende invloed van de zee pas bij een Rijnafvoer van 1300 à $1350 \text{ m}^3/\text{sec}$ op de Nieuwe Maas bij de mond van de Hollandse IJssel tijdens de H.W.-stroomkentering en gemiddeld getij op zee merkbaar zijn. Gegeven de rivierconfiguratie aan het einde van de jaren '60 en een verondieping van de Rotterdamse Waterweg volgens de zogenaamde trapjeslijn uit de Rijkswaterstaatsnota 'De Waterhuishouding van Nederland', zou voor hetzelfde resultaat kunnen worden volstaan met een Rijnafvoer van 1200 à $1250 \text{ m}^3/\text{sec}$. Bij de rivierconfiguratie van de jaren '50 en zonder Haringvliet-sluizen was daar een Rijnafvoer voor nodig van $2200 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Uit de sinds 2 november 1970 uitgevoerde natuurmetingen blijkt, dat de verziltende invloed van de zee thans bij Rijnafvoeren van $1500 \text{ m}^3/\text{sec}$ tijdens de H.W.-stroomkentering ter plaatse bij gemiddeld getij merkbaar wordt. Daar de verondiepingen werken op de Rotterdamse Waterweg voor wat betreft de Nieuwe Maas zo goed als gereed zijn, maar op de Nieuwe Waterweg nog niet, ligt het in de lijn der verwachtingen dat na het gereedkomen van ook dat laatste deel van de verondiepingen werken een Rijnafvoer van $1250 \text{ m}^3/\text{sec}$ bij gemiddelde getijomstandigheden zeker voldoende zal zijn voor het weren van de zee-invoerd bij de H.W.-kentering ter plaatse van de Hollandse IJsselmond. Daarmee zal dan de in de jaren '50 en '60 voor de thans bestaande overgangstoestand in het vooruitzicht gestelde verbetering van de zoutbestrijding werkelijkheid zijn geworden. Dat houdt tevens in dat de gunstige invloed van het Deltaplan zich ook bij extreem lage afvoeren nog doet gelden. Immers de ongunstige invloed van de door de Rijnkanalisatie veroorzaakte afvoer-vermindering van de Lek die reeds bij Rijnafvoeren van $2200 \text{ m}^3/\text{sec}$ begint en bij een afvoer van $1500 \text{ m}^3/\text{sec}$ zijn maximum bereikt, neemt bij lagere Rijnafvoeren slechts zeer ge-

leidelijk af, zonder geheel te verdwijnen (zie ook fig. 6). Dit betekent tevens dat bij lage Rijnafvoeren thans mede dank zij het gereedgekomen gedeelte van de verondiepingen werken de nadelige gevolgen van de Rijnkanalisatie voor het overgrote deel door het Deltaplan worden gecompenseerd, en na het gereedkomen van de verondieping van de Nieuwe Waterweg conform de voorspellingen geheel zullen worden gecompenseerd.

Inlaatmogelijkheden van zoet water op het noordelijk Deltabekken

Bij een Rijnafvoer van $1000 \text{ m}^3/\text{sec}$ reikte de zee-invoerd tijdens de H.W.-stroomkentering op de Nieuwe Maas gemiddeld tot op het splitsingspunt Krimpen a/d Lek en op de Oude Maas gemiddeld tot op het splitsingspunt Berenplaat, dus tot voorbij de belangrijkste punten voor de onttrekking van rivierwater, de Hollandse IJssel, de inlaatsluis van de Brielse Maasboezem bij Spijkenisse en de prise d'eau van de Rotterdamse Drinkwatermaatschappij op de Berenplaat. Dit wil echter niet zeggen dat bij een Rijnafvoer van $1000 \text{ m}^3/\text{sec}$ de inlaat van rivierwater bij de inlaatsluis bij Spijkenisse en het gemaal bij Gouda ten allen tijde moet worden gestaakt.

Bij Spijkenisse wordt ingelaten tijdens de L.W.-periode, zolang het zoutgehalte van de Oude Maas daar nog niet door de zee is verhoogd. Bij de genoemde Rijnafvoer is ter plaatse tijdens de L.W.-periode gemiddeld nog geen zee-invoerd merkbaar (zie fig. 4), zodat bij een Rijnafvoer van $1000 \text{ m}^3/\text{sec}$ via de Spijkenisser Inlaatsluis en dus ook bij de Berenplaat nog steeds niet door de zee beïnvloed rivierwater kan worden ingelaten; zulks afgezien van getijafwijkingen.

De inlaatmogelijkheden bij Gouda hangen onder meer af van de vraag of de Hollandse IJssel al of niet verzilt onder invloed van de zoutpenetratie uit zee. Evenals bij Spijkenisse is dus ook hier uitgegaan van de veronderstelling dat het zoutgehalte van het oppervlak zonder meer wordt geaccepteerd, ook al stijgt het boven de 300 mg/l -grens. Daar de Hollandse IJssel bij gemiddelde getijomstandigheden in de hier bedoelde zin verzilt als de zoutpenetratie uit zee bij de Van Brienenoordbrug rond het tijdstip van laagwater merkbaar is – en dat gebeurt nog niet bij een Rijnafvoer van $1000 \text{ m}^3/\text{sec}$ (zie fig. 4) – kan worden gesteld dat bij deze Rijnafvoer en gemiddeld getij bij Gouda nog niet door de zee beïnvloed rivierwater kan worden ingenomen; wederom afgezien van getij-afwijkingen.

Tijdens de droge periode van 1971 uitgevoerde natuurmetingen wijzen uit dat de

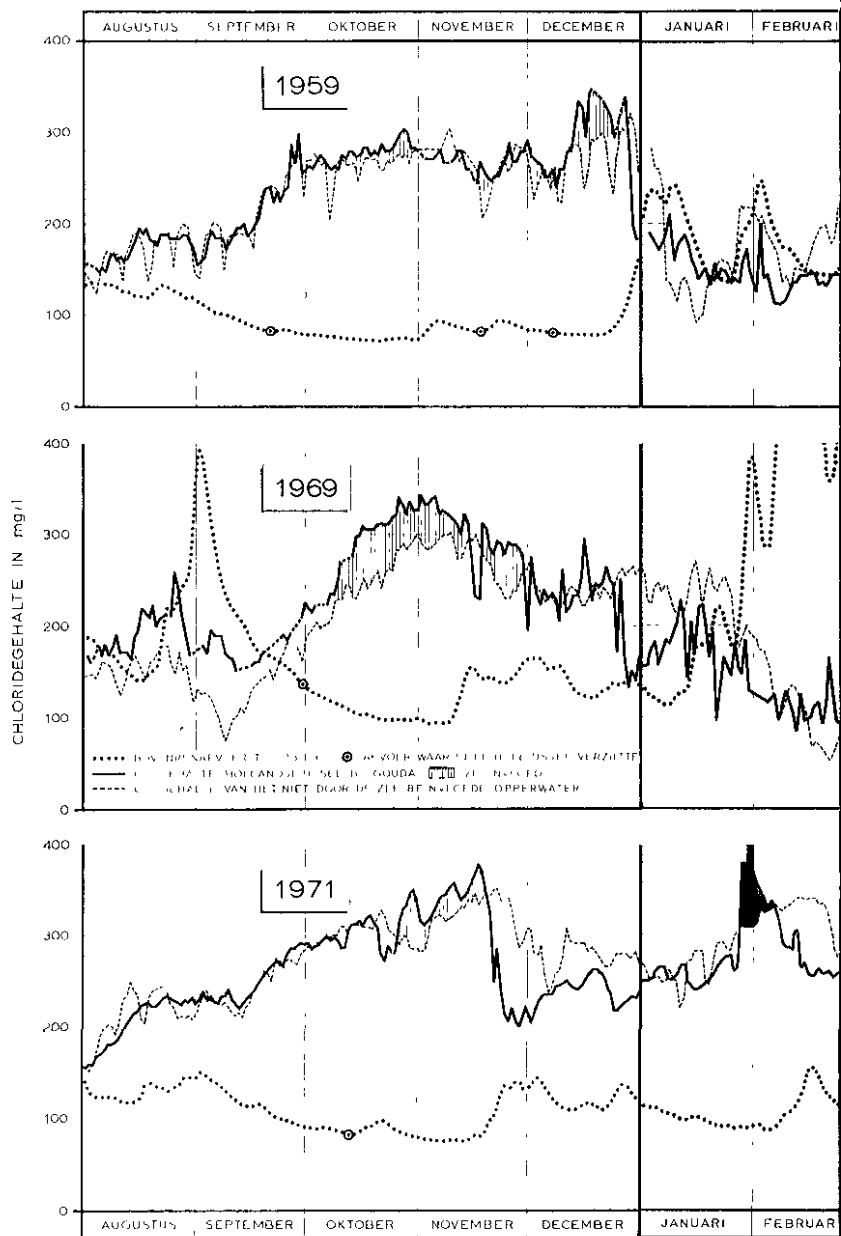
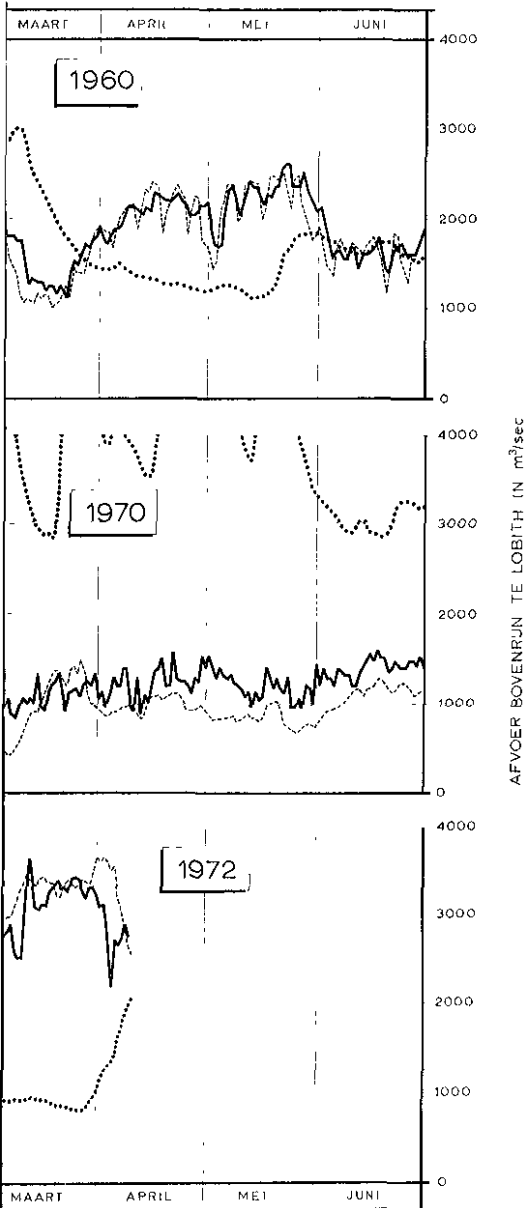


Fig. 5. Verzilting van de Hollandse IJssel bij de lage Rijnafvoeren van 1959, 1969 en 1971 onder invloed van de zee (verticaal gearceerd) en van de lozing van Rijnland (zwart).



Hollandse IJssel thans onder gemiddelde getijomstandigheden en bij een dalende Rijnafvoer verzilt in hetzelfde afvoerinterval als in de jaren '50, namelijk dat van 850 tot 800 m³/sec; en dat het dan door de bufferwerking van de Hollandse IJssel ongeveer 4 dagen duurt eer de verzilting bij Gouda merkbaar is (zie fig. 4). Met betrekking tot de inlaatsluis van de Brielse-Maasboezem kan op grond van dezelfde natuurmetingen worden gesteld, dat de zee-invloed onder genoemde omstandigheden in het afvoerinterval van 950 à 900 m³/sec tijdens de L.W.-periode op de Oude Maas bij Spijkenisse merkbaar is. In de jaren '50 was dit reeds het geval bij een bijna 2x, en op het einde van de jaren '60 bij een 3x zo grote Rijnafvoer.

Uit een oogpunt van watervoorziening betekent dit dat in beide gevallen een aanzienlijke verbetering is bereikt in vergelijking met het einde van de jaren '60 en voorzover het de Spijkenisser Inlaatsluis betreft ook ten opzichte van de jaren '50. De Deltawerken hebben in het noordelijk Deltabekken kunnen voorkomen dat bij lage Rijnafvoeren de inlaatsmogelijkheden bij Gouda uit de Hollandse IJssel ten opzichte van die in de jaren '50 als gevolg van de Rijnkanalisatie zouden zijn verminderd.

Om dit te illustreren zijn in fig. 5 het verloop van de daggemiddelden van het zoutgehalte van de Hollandse IJssel bij Gouda en dat van het Rijnwater tijdens de in de jaren 1959, 1969 en 1971 voorgekomen perioden met lage Rijnafvoeren met elkaar vergeleken. Evenals in 1959 verziltte de Hollandse IJssel in 1971 in het voor deze rivierarm kritieke afvoerinterval van de Rijn van 850 tot 800 m³/sec, terwijl de gemiddelde zoutgehalten bij Gouda werden

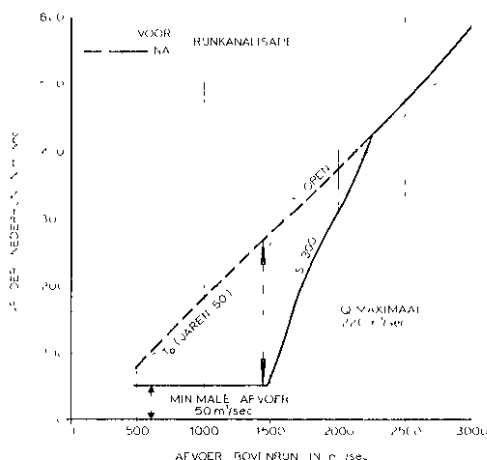


Fig. 6. Verandering in de verdeling van de Bovenrijnafvoer ten gevolge van de Rijnkanaalisatie, volgens stuwprogramma S '300'

verhoogd met dezelfde waarde als toen, namelijk met ongeveer 50 mg Cl/l. In dit verband mag het niet onvermeld blijven dat het zoutgehalte van het bij Lobith binnenstromende Rijnwater sedert deze vergelijkingsjaren ondanks het internationale overleg verder is toegenomen. Was in 1959 een gehalte van 300 mg Cl/l nog een grenswaarde, thans zijn ter plaatse al maxima gemeten van 360 mg Cl/l.

De in 1969 voorgekomen periode met lage Rijnafoeren geeft enigszins een indruk van de niet onaanzienlijke mate waarin de verziltingsstoestand tijdens de droge periode van 1971 ten opzichte van de jaren '50 zou zijn verslechterd, als men nog niet had kunnen werken met het door de Deltawerken mogelijk geworden waterbeheersingssysteem op het noordelijk Deltabekken. De Hollandse IJssel verziltte in 1969 namelijk reeds in het afvoerinterval van 1350 tot 1400 m³/sec. De twee situaties zijn in dit opzicht evenwel niet helemaal met elkaar te vergelijken. De door de Volkerakafsluiting veroorzaakte afvoer-vermindering langs de noordrand van het noordelijk Deltabekken werd immers voor slechts 16% gecompenseerd door de afvoer-vermeerdering langs de Lek, zoals die bij de toen nog geopende stuwen van de Rijnkanaalisatie optrad. Vergelijk hiertoe in figuur 6 de toestand S 'OPEN' met T₀. Was de bodemligging van de Nieuw Waterweg in 1971 zo goed als gelijk aan die van 1969, op het gedeelte van de Nieuwe Maas tussen de Van Brienenoordbrug en Vlaardingen waren in 1969 de verondiepingswerken pas in hun beginstadium, terwijl zij in 1971 bijna gereed waren. Door deze factoren zal de droge periode van 1969 in de hiervoor bedoelde

hypothetische vergelijking met de droge periode van '1971 zonder Deltaplan' een te ongunstig beeld geven. Daar staat echter weer tegenover dat in 1971 de Rijnafoeren veel lager waren dan in 1969 en het zoutgehalte van de Rijn veel hoger.

Naast de hiervoor beschreven voordelen van het Deltaplan voor de bestrijding van de zoutpenetratie vanuit zee, biedt het plan nog een aantal andere voordelen. Het Deltaplan maakt een gunstiger verdeling over het noordelijk bekken mogelijk van het zoutgehalte van het door Rijn en Maas aangevoerde oppervater, zowel naar plaats als naar tijd. Deze voordelen zijn het gevolg van de langere tijd die het water nu verblijft op het noordelijk Deltabekken als gevolg van het langdurig nagenoeg gesloten houden van de Haringvlietssluisen bij lage Rijnafoeren. Als deze toestand intreedt – bij afvoeren lager dan 1700 m³/sec – komen de genoemde voordelen met name tot uiting wanneer het zoutgehalte van het oppervater hoog is en de kwaliteit ook in andere opzichten te wensen overlaat; en dit geldt temeer naarmate de afvoer daalt en de kwaliteit verslechtert.

Met betrekking tot de gunstiger verdeling naar plaats van het zoutgehalte van het oppervater dient in de eerste plaats te worden gewezen op de kwalitatief gunstige invloed van het Maaswater, die thans bij genoemde Rijnafoeren over het gehele noordelijk Deltabekken merkbaar is. Vroeger werd het Maaswater voor het grootste deel via het Haringvliet en voor een kleiner deel via het Volkerak en de Oosterschelde naar zee afgevoerd. Thans is het door de Waal via de Nieuwe Merwede en het door de Maas via de Amer aangevoerde oppervater even voorbij de

Moerdijkbruggen, dat wil zeggen voor de mond van de Dordtse Kil, zo goed als volledig gemengd. Vandaar wordt het via de Kil of het Hollands Diep, Haringvliet en Spui over het gehele noordelijk Deltabekken verdeeld. De kwalitatief gunstige invloed van het Maaswater is het sterkst op het Hollands Diep, het Haringvliet, de Kil, het Spui en de oude Maas benedenstrooms van het splitsingspunt Berenplaat. Maar ook op de Noord, de Nieuwe Maas en de Hollandse IJssel is hij merkbaar en wel temeer naarmate de afvoer van de Lek door het 'knippen' van de stuwen van de Rijnkanalisatie afneemt en zolang althans de afvoer van de Maas voldoende groot blijft. In het voorgaande is van de stilzwijgende veronderstelling uitgegaan, dat de door het schutbedrijf van de Volkeraksluizen op het Hollands Diep en Haringvliet veroorzaakte zoutbelasting te verwaarlozen is. In werkelijkheid is dit niet het geval. Onder invloed van de krachtadige zoutbestrijdingsmaatregelen die sinds 1 mei 1971 bij deze sluizen worden getroffen is het restzoutbezwaar echter wel zover teruggedrongen dat de kwalitatief gunstige invloed van het Maaswater slechts voor een klein deel teniet wordt gedaan. Het 'knippen' van de stuwen van de Rijnkanalisatie bij lage Rijnafvoer teneinde zolang mogelijk voldoende vaardiepte op de IJssel te kunnen handhaven, heeft voor het noordelijk Deltabekken zowel nadelige als voordelige gevolgen. Op het nadelige effect voor de zoutbestrijding op de Nieuwe Maas en de compensatie die het Deltaplan in dit opzicht biedt, is reeds uitvoerig ingegaan. Het voordelige effect van een 'gestuwde' Nederrijn-Lek is het gevolg van het feit dat de verblijfstijd van het via Stuw Hagestein naar het riviertraject Hagestein-Krimpen a/d Lek aangevoerde oppervlaktewater wordt vergroot, en wel temeer naarmate de afvoer via deze stuw vermindert. Een Rijnafvoer van 1400 à 1500 m³/sec vormt in dat opzicht een belangrijke grenswaarde. Daalt de Rijnafvoer beneden deze waarde dan wordt het gehalte aan opgeloste zouten steeds groter en neemt de kwaliteit ook in andere opzichten steeds verder af; de doorvoer van dit slechter wordende Rijnwater via de Stuw te Hagestein blijft dan evenwel tot enkele m³/sec beperkt. Dit betekent dat bij Rijnafvoeren lager dan 1400 à 1500 m³/sec het oppervlaktewater op de Lek tussen Hagestein en Krimpen stagneert, waardoor bijvoorbeeld het zoutgehalte op dit riviertraject slechts zeer vertraagd stijgt ten opzichte van dat van het Rijnwater. Zo liep in de periode van 22 september tot 12 november 1971, toen de Rijnafvoer daalde van 1000 tot 760 m³/sec,

het zoutgehalte van de Rijn te Lobith op van 300 tot 365 mg/l, terwijl dat van de Lek bij Bergambacht beneden 300 mg/l bleef. Door de grotere verblijfstijd onderging het oppervlaktewater op dit riviertraject ook in andere opzichten een aanzienlijke kwaliteitsverbetering. Door een grotere zuurstofopname uit de lucht nam het zuurstofgehalte van het water toe en onderging het water een grote mate van zelfreiniging. Dat wil zeggen dat het nitrificatieproces – de omzetting van ammoniak via nitriet in nitraat – werd versneld terwijl door de versterkte slibbezinking het aan het slib adhesief gebonden deel van de zware metalen en pesticiden met het slib mee naar de bodem zakte.

Deze in kwaliteit toenemende watervoorraad op de Lek benedenstrooms Hagestein is voor de Drinkwatermaatschappij van 's-Gravenhage gedurende de droge periode van 1971 van groot voordeel geweest.

Soortgelijke processen als op de Lek hebben zich voorgedaan op het Hollands Diep, het Haringvliet en enkele aansluitende benedenrivieren, in het bijzonder als de Haringvliet-sluizen bij Rijnafvoeren lager dan 1700 m³/sec nagenoeg gesloten bleven. Ook hier steeg het zoutgehalte van het oppervlaktewater – storende factoren als de zoutbelasting van de Volkerak-schutsluizen en de verzittende invloed van de zee tijdens bijzondere stormeffecten daargelaten – langzamer dan dat van de Rijn. Bovendien nam in de maanden augustus en september 1971 over het traject Amer-Nieuwe Merwede-Haringvliet-sluizen het gehalte aan zuurstof toe van 2 à 3 mg/l tot 8 à 9 mg/l, liep het ammoniumgehalte terug van 1,5 à 2 mg/l tot 0,7 à 0,8 mg/l, het biochemische zuurstofverbruik van 4 à 9 mg/l tot 1 à 2 mg/l en de zwevende stof van enkele tientallen tot enkele milligrammen per liter.

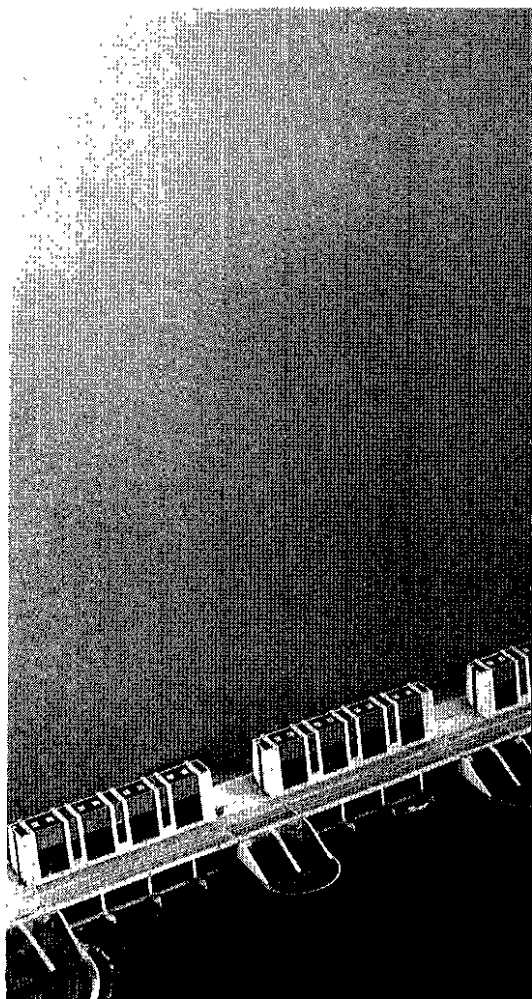
Daar het in het voornemen ligt in een volgend Bericht verder en dieper in te gaan op de kwaliteitsverbetering die het oppervlaktewater in het noordelijk Deltabekken bij lage Rijnafvoeren als gevolg van het Deltaplan en de Rijnkanalisatie ondergaat, volstaan we met de algemene conclusie dat momenteel de kwaliteit van het oppervlaktewater nabij de uitwaterings-sluizen in het Haringvliet en nabij de Volkerakdam waar het toekomstige inlaatpunt ligt voor het Zeeuwse Meer, aanmerkelijk beter is dan die van het Rijnwater bij het binnenkomen van ons land.

D. De werken tot afsluiting van de Lauwerszee

De afsluiting van de Lauwerszee betekende voor de vissersdorpen Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen een grote verandering. Met name te Zoutkamp vormen de visserij en aanverwante bedrijfstakken de voornaamste bron van Inkomsten. Omstreeks 35 schepen uit die plaats en 10 uit Dokkumer Nieuwe Zijlen bevoeren regelmatig de Lauwerszee en het Wad. De bemanning van de Zoutkamper schepen bedraagt ongeveer honderd man, waarvan de helft eigenaar of mede-eigenaar is. De visserij, nevenbedrijven en een huisindustrie als de garnalenpellerij meegerekend, verschaft aan de helft van de bevolking van Zoutkamp brood. Veranderingen in de primaire omstandigheden ten aanzien van de visserij moest deze bevolking dus wel in het hart treffen.

De vissershaven Lauwersoog

Werken op het voormalig werkeiland Lauwersoog, december 1971. Op de achtergrond de vissershaven



De voormalige Lauwerszee vormde een uitloper van de Waddenzee, met zijn specifieke eigenschappen en daaraan gerelateerde vismogelijkheden. Het afgesloten gedeelte is voor de vissers van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen verloren gegaan. Nu was de betekenis van de Lauwerszee als viswater al lang voor de afsluiting niet groot meer; slechts vier kleine schepen beoefenden er min of meer regelmatig de garnalenvangst. Deze inham met zijn grotendeels slibrijke bodem en zijn vermenging van zeewater met grote hoeveelheden zoet spuiwater kon geen goede condities meer aan de garnalen bieden. Met de afsluiting van de Lauwerszee dringen die ongunstige omstandigheden naar buiten toe op. In het verbeterde afwateringssysteem van de noordelijke provincies fungeert het Lauwersmeer als bergboezem, waarin grote

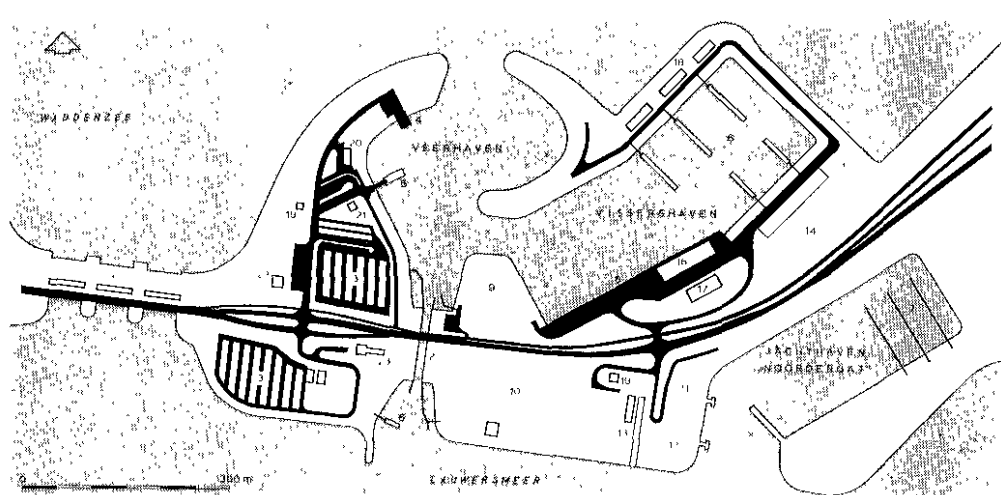
hoeveelheden zoet water worden opgeslagen om bij laag water in zeer korte tijd door de nieuwe uitwateringssluizen te worden gespuid. De totale hoeveelheid naar deze boezem afstromend water is thans groter dan voorheen, en het areaal waarin het zeewater met zoet spuiwater gemengd wordt, ten nadele van de zeevisserij, overeenkomstig groter. Op grond van een in 1963 door het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek ingesteld onderzoek werd zelfs verwacht dat het verlies aan gunstig bevisbare gronden aan de buitenzijde van de afsluitdijk groter zou zijn dan binnen het afgesloten deel van de Lauwerszee zelf. Onontkoombaar is dat de vissers hun geluk verder van huis moeten beproeven. Deze ruimte biedt de Waddenzee nauwelijks, omdat zowel het oostelijk als westelijk ten opzichte van deze visgronden gelegen deel van de



Waddenzee door schepen vanuit naburige havens voldoende, mogelijk zelf marginaal wordt bevestigd. Meer ruimte is er ten noorden van de Waddeneilanden, waar tot aan de Duitse Bocht met goed resultaat ook het typisch produkt van de Waddenvisserij, de garnaal, wordt gevangen. In economisch opzicht is de garnalenvisserij niet onbelangrijk: de totale besomming ofwel afslagopbrengst in Nederland aan garnalen bedroeg de laatste jaren gemiddeld 20 miljoen gulden, waarvan het grootste deel werd geëxporteerd. Op gezette tijden levert dit visgebied bovendien interessante hoeveelheden duurbetaalde tong. Deze vangst vereist echter betere schepen dan op de Waddenzee en op de Lauwerszee voorheen gebruikelijk waren. Wel waagde men zich reeds vanouds op kleine schepen in dit gebied, doch de thans vigerende veiligheids-

periode van 3 jaar na de afsluiting als maatstaf worden gesteld. Dit tijdvak is nu bijna verstreken.

Voor vissers die reeds langer met grotere schepen op de Noordzee visten, heeft de afsluiting van de Lauwerszee weinig veranderd. Er is thans zelfs, zoals in het vervolg van dit artikel nader wordt uitgewerkt, gelegenheid om ligplaats te kiezen in een dichter bij de visgronden gelegen haven, zij het dat men de kosten van het vervoer naar de nieuwe haven en de eventuele bouw van een opslagruimte voor Ilef moet nemen. De veranderingen zijn groter voor de vissers die tot voor kort op en aan de periferie van de Lauwerszee visten. Velen van hen hebben de ontwikkeling echter niet lijdzaam afgewacht maar hebben de investering in een groter schip aangedurfd. Sinds de aanschaf van de eerste Noordzee-



eisen laten dit niet meer toe. Dat voor dat verbod goede redenen zijn aan te voeren wordt door de historie gestaafd: kort voor de eeuwwisseling vergingen in dit gebied in 10 jaar tijds ruim 30 schepen met 150 opvarenden van de beide vloten die tot voor kort ligplaats hadden te Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen.

Overigens biedt ook ten aanzien van de afsluiting van de Lauwerszee de Deltaschadewet de mogelijkheid in aanmerking te komen voor een schadeuitkering. Aan de hand van een vergelijking tussen de bedrijfsresultaten gedurende enkele jaren vóór en na de afsluiting wordt de derving van inkomsten vastgesteld, waarbij een eigen bedrijfsrisico van 10% buiten de vergoeding valt. Om het wisselvallige karakter van de inkomsten uit de visserij enigszins te elimineren, moest een minimum-

- 1 uitwateringssluizen
- 2 schutsluis
- 3 parkeerplaats
- 4 vaste veerstoep
- 5 drijvende veersteiger
- 6 drijvende steigers
- 7 vaste steigers
- 8 loskade
- 9 10 11 12 opslagterreinen
- 13 scheepswerf
- 14 reserveterrein
- 15 ijsfabriek en visverwerking
- 16 visafslag
- 17 bedrijfsruimten handelaren
- 18 opslagruimten vissers
- 19 woning
- 20 goederenloods
- 21 kaartverkoop
- 22 restaurant
- 23 bedieningsgebouw

kotter in 1959 is het aantal van deze schepen in Zoutkamp ondertussen aangegroeid tot 13. De vloot van Dokkumer Nieuwe Zijlen blijft daar tot op heden ver bij achter.

De afsluiting van de Lauwerszee heeft ernstige beperkingen opgelegd aan de bruikbaarheid van de havens van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen. Hun aansluiting met open zee hebben ze verloren. Daarbij komt, dat op het gevormde meer thans gestreefd wordt naar een lage waterstand, die maar weinig ligt boven de vroegere laagwaterstand. Voor dieper stekende schepen, die voorheen zonodig op tij varende de havens konden bereiken, zouden de beide havens niet meer zijn aan te doen; tenslotte kan het verzoete en afgesloten Lauwersmeer 's winters snel dichtvriezen, en ook na intrede van de dooi kunnen de schepen nog lang last ondervinden van kruie ijs. Onder meer om deze redenen was reeds in de eerste voorstellen voor de afsluiting van de Lauwerszee de bouw van een nieuwe vissershaven binnen het complex van afsluitingswerken opgenomen. Het lag voor de hand de ter plaatse tijdelijk benodigde werkhaven te Lauwersoog van meet af aan een zodanige vorm en grootte te geven, dat hij naderhand eenvoudig zou kunnen worden vervolmaakt tot vissershaven.

Er werd dus voor gezorgd, de haven zo te situeren dat hij in open verbinding zou staan met de diepe geul het Oort, zodat in- en uitvaart van de schepen hier te allen tijde mogelijk zou zijn.

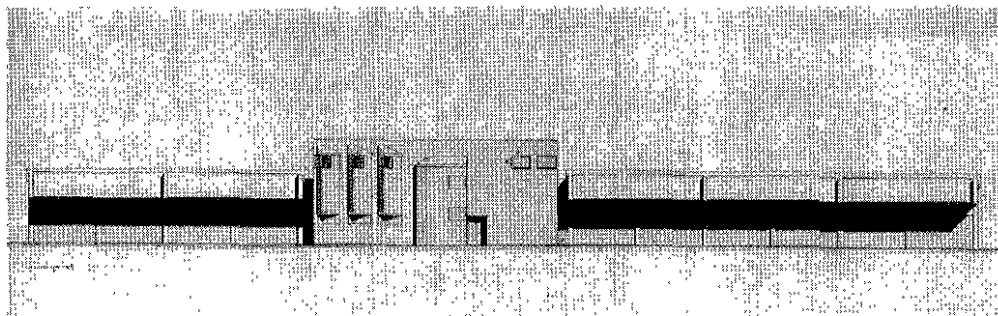
Dit laatste zou niet het geval zijn geweest als was gekozen voor ombouw tot vissershaven van de aan de binnenzijde gelegen havenkom, waarin de afsluitingscaissons zijn vervaardigd. Naast tijdverlies voor de schepen zou het

veelvuldig schutten grote hoeveelheden zout water op de Lauwerszeeboezem brengen. De 'caissonhaven' is onlangs getransformeerd tot jachthaven en blijkt daarmee ook duidelijk in een behoefte te voorzien. Het gekozen gescheiden gebruik van beide havens lijkt het meest efficiënt, gezien de grote en groeiende hoeveelheid jachten. Reeds de eerste winter na de afsluiting vroor het snel verzoete Lauwersmeer geheel dicht. Dit had tot gevolg dat er meteen al grootscheeps gebruik gemaakt werd van de nieuwe ligmogelijkheid in de nieuwe haven. Deze mocht echter de naam vissershaven nog niet dragen; De metamorfose van de werkhaven tot vissershaven was in de veelheid van werkzaamheden na de afsluiting nog niet aan de beurt gekomen. Weliswaar werden in allerlei een aantal noodmaatregelen getroffen, maar pas in het voorjaar van 1970 kon worden aangevangen met de definitieve verbouwing. Oorspronkelijk hielden deze plannen alleen in het maken van een gedeelte kadewand ten behoeve van het lossen van de schepen voor de toekomstige visafslag, en het aanbrengen van een vijftal steigers. In deze opzet diende de haven slechts ter vervanging van de havens van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen en kwam zijn capaciteit, behoudens enige reserve, overeen met het totaal van deze beide havens.

Nieuwe ontwikkelingen en inzichten binnen de visserij leidden echter tot een hernieuwde oriëntatie op de mogelijkheden van deze haven. Dat er bepaald goede perspectieven liggen, zal in het volgende nader worden uiteengezet. Vooral op grond van de gunstige ligging mag worden verwacht dat zeker 40 schepen van elders – men denke vooral aan Urk – hier ligplaats zullen kiezen. De beide

Fig. 1. Bestemming en indeling van het voormalig werkeiland Lauwersoog

Fig. 2. Zuidgevel van de thans in aanbouw zijnde visafslag



provincies Friesland en Groningen die op 1 januari 1972 het beheer van de haven hebben overgenomen van het Rijk, achten reeds in 1969 een uitbreiding van de haven tot een capaciteit van ruim 100 schepen gewenst, en stelden daarvoor gelden beschikbaar. Tevens werd van die zijde in belangrijke mate meebetaald in de bouw van een openbare loswal voor meer algemeen gebruik door kustvaarders en andere bezoekende schepen. Even belangrijk als het vangen van veel vis is voor een visser het vinden van een goede koopman. Beide partijen ontmoeten elkaar in het visafslaggebouw, dat bij een goede opzet in belangrijke mate kan bijdragen aan een efficiënte overdracht van het produkt. Vis en garnalen zijn erg gevoelig voor kwaliteitsbederf. Tijdens de behandeling van het produkt binnen de visafslag moet de kwaliteit zo min mogelijk achteruit gaan. Met name voor de visafslag van Lauwersoog spreken deze eisen sterk, wil de haven de volle winst binnenhalen van zijn gunstige ligging ten opzichte van de visgronden. Gewaakt moet worden tegen een ruwe en langdurige behandeling, tegen warmte en directe inwerking van het zonlicht, terwijl hoge eisen aan de hygiëne moeten worden gesteld.

In de voorafgaand aan het ontwerp van het visafslaggebouw opgestelde staat van eisen zijn vorenstaande overwegingen verwerkt. Daarin werden tevens, in relatie met de grootte van de haven en op basis van een sluitende exploitatie na enkele jaren, de dimensies van de hal en het dienstengebouw vastgesteld. Bij de uitwerking der plannen trad vertraging op, onder meer door het streven de plannen aan nieuwe inzichten aan te passen. Daardoor kan eerst nu met de bouw van het visafslag-

3

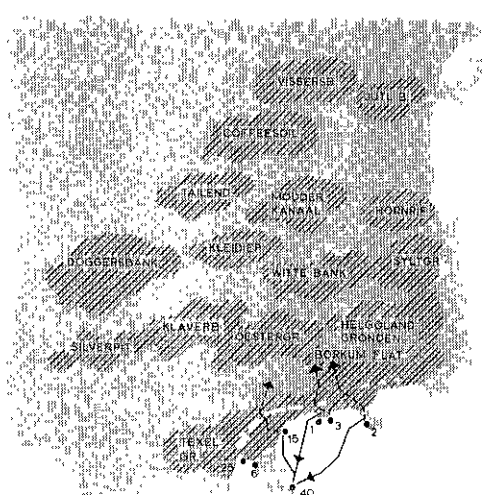
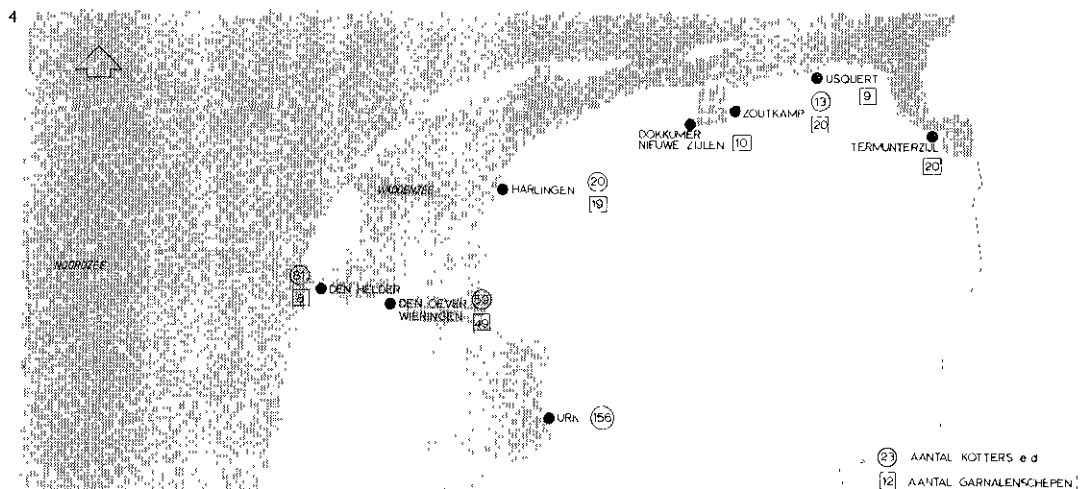


Fig. 3. Vangst- en afzetgebieden van de vissers op de Noordzee en de Waddenzee. Bij de afslagen zijn de besommingen over 1971 vermeld in miljoenen guldens

Fig. 4. Aantallen geregistreerde schepen in de havens van Noord-Nederland per 1 januari 1971

Fig. 5. De vaarweg over de Waddenzee naar Lauwersoog

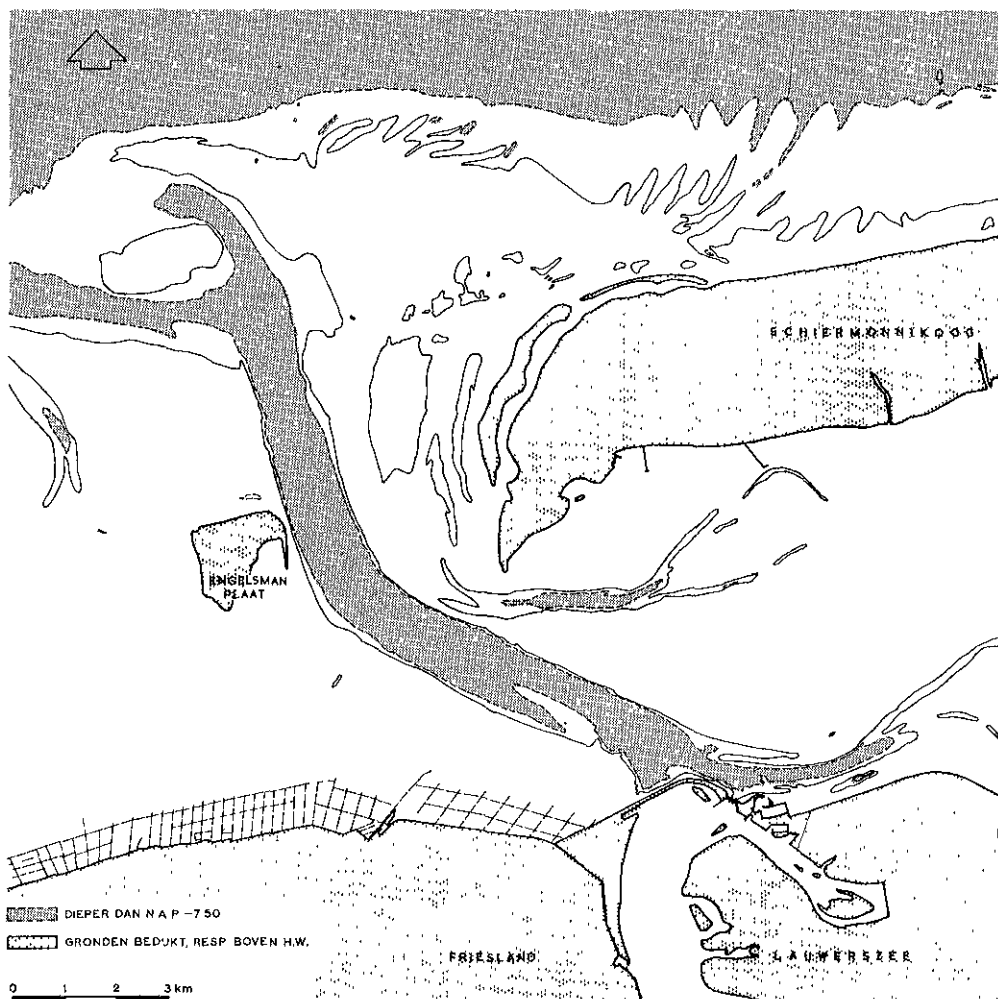
4



23 AANTAL KOTTERS e d
12 AANTAL GARNALENSCHEPEN

gebouw worden begonnen, terwijl overigens de gehele haven voor gebruik gereed ligt. Voor wat betreft de inrichting van het gebouw wordt volstaan met het volgende. Het gebouw dat inwendige afmetingen heeft van 85 m bij 22 m is opgedeeld in een garnalenhal met een oppervlak van 525 m² en een zeevishal met een oppervlak van 785 m². De grootte van beide hallen is afgestemd op de verwachte aanvoer gedurende de eerste jaren, die echter aan grote veranderingen onderhevig kan zijn. De hal wordt in de breedte verdeeld door een rij tussenkolommen. Het afvoertravee heeft een breedte van 12 m, en het resterende travee een breedte van 10 m. Door de aanvoertravee over het gehele gebouw door te voeren wordt een grote flexibiliteit bereikt, zodat het gebruik van de afslag in de toekomst geheel kan worden aangepast aan de aanvoer

van de verschillende vissoorten. Doordat het gebouw slechts 5 m van de kadewand staat, kunnen de aangevoerde produkten in één handeling vanaf de schepen in de hal worden binnengebracht. De kisten met gesorteerde vis of garnalen worden door elektrisch aangedreven vorkheftrucks opgenomen en afgevoerd naar de onder een 5 m overkragende luifel opgestelde vrachtwagens of ze worden afgeleverd in de tegenover het visafslaggebouw door een aantal handelaars in te richten gekoelde bedrijfsruimten om te worden verpakt of op andere wijze voor onmiddellijke verzending gereed gemaakt te worden. De vishal wordt tot manshoogte betegeld, terwijl aan de vloer van de hal zelf als ook aan de bestrating in de onmiddellijke omgeving terwille van de hygiëne bijzondere eisen zijn gesteld. Met behulp van een aantal afvoer-



goten kan alle visafval in en om de hal in zeer korte tijd worden weggespoeld. Zich te goed doende meeuwen zal men rondom deze visafslag dan ook missen. De schuinoplopende vismijnzaal ligt in het midden van het gebouw. Vermeldenswaard is voorts nog de grote kantine voor vissers en handelaren over de gehele breedte van de tweede verdieping van het gebouw, die ook buiten de mijn-tijden open zal zijn, en die tevens zal fungeren als slechtweer-accommodatie voor deze afgelegen haven. Naast het visafslaggebouw heeft de haven inmiddels nog meer faciliteiten gekregen. Er is van overheidswege een bescheiden acquisitie gevoerd voor het aantrekken van een reparatiewerf, een verkooppunt van olie, scheepsbenodigdheden en koelijs. De interesse van de reflectanten ging vooral uit naar de olie-verkoop. Dit is niet verwonderlijk

Bouw van de loskade in de vissershaven



als men bedenkt dat een kotter per week ongeveer 5000 liter gasolie verbruikt.

Inmiddels heeft zich een scheepsreparatiewerk gevestigd, dat niet in het havencomplex is opgenomen, maar is gesitueerd aan de meerzijde van het voormalige werkeiland. Drie bedrijven uit Zoutkamp, Urk en IJmuiden hebben thans een vergevorderd plan voor de gezamenlijke bouw van een ijsfabriek met een weekproductie van 300 ton scherfijns. Een aantal vishandelaars heeft belangstelling getoond voor bedrijfsruimten op het haventerrein.

De bereikbaarheid van Lauwersoog

Hetgeen in het algemeen geldt voor de bereikbaarheid over zee van havens langs de Waddenkust, gaat evenzeer op voor de haven van Lauwersoog. Het is niet zozeer de vaarweg over de Waddenzee die de toegankelijkheid voor grotere schepen bepaalt, alswel de doorvaart tussen de eilanden, of liever de doorvaart tussen de zich tot op enkele kilometers buitengaats uitstreckende zandbanken. Veelal biedt de westelijke gelege vloedschaar de beste doorvaartroute. Door het voortdurende zandtransport is de situatie echter doorlopend aan veranderingen onderhevig. Een goede aanduiding van de aanbevolen route middels een betoning is dan ook noodzakelijk. Door de snelle overgang naar grotere scheepstypen ook in de Noordzeevervisserij – waarvan het eind toch wel in zicht lijkt nu er kotters zijn met 1300 pk motorvermogen – spreekt ook voor de vissersvloot de toelaatbare diepgang in sterke mate mee. Bij de Zoutkamper vloot zijn thans schepen met een diepgang van 3,20 m aanwezig, terwijl enkele Urker kotters 3,60 m diep steken.

Voor de haven van Lauwersoog is de situatie thans bijzonder gunstig. De vaarweg over de Waddenzee door de Zoutkamperlaag en het Oort levert een minste diepte van N.A.P. – 9,40 m (overeenkomend met LLWS – 7,50 m); de westelijke doorvaart van het Friesche Zeegat doet daar met een drempel op N.A.P. – 7,80 m nauwelijks voor onder.

Uiteraard heeft de afsluiting van de Lauwerszee hier geen gunstige uitwerking op, nu het gemiddeld getijvolume door het Friese Zeegat van 450 miljoen m³ naar 320 miljoen m³ is teruggelopen. Verondieping van de Zoutkamperlaag en het Oort wordt niet in sterke mate verwacht, eerder zal het profiel zich aanpassen door een versmalling. Voor de doorvaart door het Friese Zeegat moet rekening worden gehouden met een langzame verslechtering van de huidige toestand. Uit bestaande meetgegevens over een periode van 100 jaar kan een zeker ritme worden afge-

leid, met gunstige en minder gunstige periodes. In het licht daarvan lijkt het tijdstip van de afsluiting van de Lauwerszee en de ontwikkeling van de vissershaven van Lauwersoog op het goede moment te zijn gekozen.

Berekeningen doen verwachten dat de drempel na verloop van jaren tijdelijk kan komen te liggen op N.A.P. – 4,50 m. Voor grotere schepen, die de haven thans nog gemakkelijk kunnen bereiken, wordt Lauwersoog dan nog maar gedurende een gedeelte van het getij bereikbaar. Daarna zal zich dan mogelijk weer een geleidelijke verbetering gaan aftekenen. Het binnenlopen van de haven geschiedt weliswaar dwars op de stroom maar de manoeuvre is aanmerkelijk vereenvoudigd en beveiligd door de plaatsing van een vanaf de westelijke havendam vooruitstekend verticaal havenhoofd. De schepen behoeven aan die zijde niet bevreesd te zijn voor het talud en kunnen zeer scherp de kop van de havendam ronden. De invaart vanuit de buitenhaven naar de vissershaven is voor grotere schepen vrij krap, doch levert, afgaande op informatie van de gebruikers, evenmin zorgen. Met name door de aanwezigheid van een golfvangkom zijn de ligplaatsen in de vissershaven erg rustig. Hoe gunstig Lauwersoog ligt in vergelijking met andere havens, ten opzichte van de vangstgebieden ten noorden van de Nederlandse Waddeneilanden kan men zien op fig. 3, die de meest bezochte visgronden in beeld brengt van de 'kleine zeevisserij'. Voor een Noordzeekotter duurt de reis van Lauwersoog naar deze gronden en terug 3 uur minder lang dan vanuit Harlingen; het verschil met Delfzijl bedraagt zelfs 7 uur. Het kaartje geeft bovendien aan waar in 1971 de vangsten van de kleine zeevisserij en de Waddenvisserij werden geveild, voorzover dit geschiedde in havens boven IJmuiden. In de rij van visafslagen zal de nieuw te bouwen visafslag te Lauwersoog – waarin de bestaande afslagen van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen worden gecombineerd – vrijwel zeker een groter aandeel van de vangsten tot zich trekken dan de beide plaatsen thans gezamenlijk. Dit heeft ongetwijfeld ook een gunstige invloed op de prijs per produkt, en het betekent derhalve naast de enkele nadelige kanten van de afsluiting, voor de vissers van Zoutkamp en Dokkumer Nieuwe Zijlen een belangrijk voordeel.

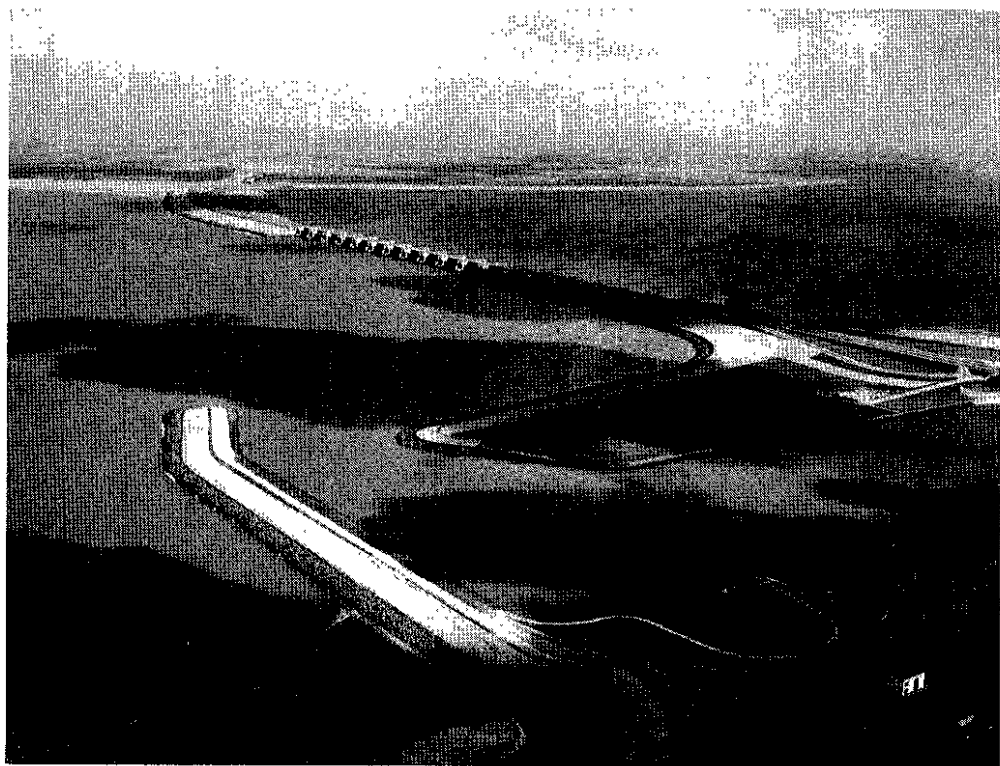
Vorderingen

De Haringvlietdam met geheel rechts op de voorgrond de uitwateringssluuis van de Zuiderdiepboezem. Foto van 29 maart 1972

A. De werken van het Deltaplan Haringvliet

Het werk aan de dam door het Rak van Scheelhoek werd op 1 maart definitief opgeleverd. De bouw van de inlaatsluuis voor de Zuiderdiepboezem bij Dirksland is nagenoeg voltooid. Begin januari werd begonnen met het maken van de bij deze sluis behorende grondwerken, bestaande uit het graven van toeleidingsgeulen naar het Haringvliet en de Zuiderdiepboezem, het aanbrengen van een stortebed en het aansluiten van de waterkering langs het Haringvliet op het kunstwerk.

De ontgravingen worden voor het grootste deel in den droge uitgevoerd en dank zij de goede weersomstandigheden hadden deze werkzaamheden een gunstig verloop. In deze periode werd 70 000 m³ grond ontgraven die deels werd verwerkt in ophogingen, deels werd uitgereden over het strand langs het Haringvliet. Het stortebed bestaat uit



een 40 cm dikke laag grind op kunststofweefsel, afgedekt met stortsteen 60-300 kg, die bij de aansluiting tegen het kunstwerk wordt geopenetreed met gietasfalt. Begonnen werd met het aanbrengen van de kraagstukken, die voor het grootste deel eveneens in den droge gemaakt worden. De werkzaamheden ter versteviging van de vangrailconstructie op de Verkeersweg over de Haringvlietdam waren begin februari zover gevorderd, dat alleen de vangrail aan de zeezijde nog aan de nieuwe eisen moest worden aangepast. In de buitenhaven bij Stellen-dam wordt een vijftal lossteigers gebouwd ten behoeve van de daar door de gemeente Goedereede te bouwen vismijn.

Volkerak

Op 27 maart is het werk aan de bouwput voor een inlaat- en een jachtensluis in de Volkerakdam definitief opgeleverd. Zeer binnenkort zal de bouw van de sluisen zelf worden aanbesteed tezamen met die van een derde schutsluis naast het in het Volkerak reeds aanwezige schutsluisencomplex.

Brouwershavense Gat

Gedurende de wintermaanden is het zandlichaam aan de meerzijde van de dam-voor een groot gedeelte onder profiel gebracht. Gelijktijdig met het profileren werd de kleibekleding aangebracht. Evenals in de vorige verslagperiode is ook in deze periode ruim één derde van de in totaal te verwerken 120 000 m³ klei aangebracht; hiervan werd een klein gedeelte ontleend aan een depot nabij het voormalige bouwdoek voor de caissons nabij Zonnemaire en de rest aan het cunet voor de

toekomstige tweede hoofdrijbaan van Rijksweg 57, de zogenaamde Dammenweg. In overleg met het Staatsbos-beheer is voor de Brouwersdam een beplantingsplan opgesteld. In verband met de voortgang van de overige werkzaamheden zal de beplanting in gedeelten worden aangebracht. Een eerste gedeelte is aangebracht op het talud tussen de oostelijke parallelweg en de hoofdverharding. Waar geen beplanting wordt aangebracht is de kleibekleding ingezaaid met gras. De oostelijke parallelweg is geheel gereed gekomen. Op 30 maart is deze weg voor het verkeer opengesteld. De aanpassing van de werkhavens Springersdiep, Kabbe-laarsbank en Middelpaas aan de nieuwe situatie werd voortgezet. Een gedeelte van de bestrating van de haventerreinen met groenstenen en betonklinkerkeien is aangebracht. De voetgangerstunnels, die de verkeerswegen op de Brouwersdam kruisen nabij de aansluitingen van de dam op Goeree en Schouwen, zijn gereed gekomen.

Oosterschelde

In de verslagperiode werd 35 000 ton zink- en stortsteen in de werkhaven Sophiapolder aangevoerd en in depot opgeslagen. In de tweede week van januari kwam op het werkeiland Neeltje Jans de 400 meter lange, met behulp van een helikopter uitgebouwde stroomgeleidende krib gereed (zie Bericht 59, februari 1972). Totaal werden in deze krib 8079 betonblokken gestort. In de verslagperiode werd op het eiland 80 000 ton mijnsteen en 58 000 ton zink- en stortsteen aangevoerd en in depot opgeslagen, de mijnsteen en de zinksteen op de wal, de stortsteen in een onderwaterdepot. Het werkeiland Noordland kwam in de verslagperiode gereed. In de onderhoudsperiode zullen de meerpalen in de werkhaven van dit eiland worden afgewerkt.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

Werkhaven en zeewaterbassin op Texel

De ontgraving in den droge van de werkhaven vorderde snel, mede door de buitengewoon gunstige weersomstandigheden. De havenkom wordt met een open bemaling drooggehouden tot N.A.P. - 5 m. Er is een begin gemaakt met de afwerking van remmingwerken, dukdalven en andere havenvoorzieningen. De asfaltbetonfundering is gelegd voor een weg achter de waterkering. Het werk aan het zeewaterbassin is bijna voltooid. Alleen de Gobi-matten moeten nog worden gelegd. De hoofdwaterkering en de waterkering langs het zeewaterbassin zijn op hoogte gekomen; de afwerking met klei is grotendeels voltooid. Een begin is gemaakt met de afdekking met teelaarde.

Inlaatsluis en uitlaatconstructie in de zeedijk van het waterschap Texel

Voor beide werken zijn bouwkuipen geheild. Het heien van de grote bouwkuip voor de inlaatsluis heeft nogal wat moeilijkheden opgeleverd. Het heiwerk moest gedeeltelijk worden uitgevoerd in de zeedijk, en in de teen daarvan zaten veel Noorse keien. Men is nu bezig stempelramen aan te brengen en de bouwkuipen te ontgraven. Rond het storbed is een stalen damwand geheild. Een gewapend-betonnen verdeelkelder is gebouwd in de voet van de hoofdwaterkering; dit werkonderdeel is bijna voltooid. Met de kelder tegen de stalen damwand van het storbed is men nog bezig. Ten behoeve van de toekomstige elektriciteitscentrale en waterfabriek werden buizen gelegd door de hoofdwaterkering. Het door derden te bouwen pompstation in het zeewaterbassin is grotendeels voltooid.

