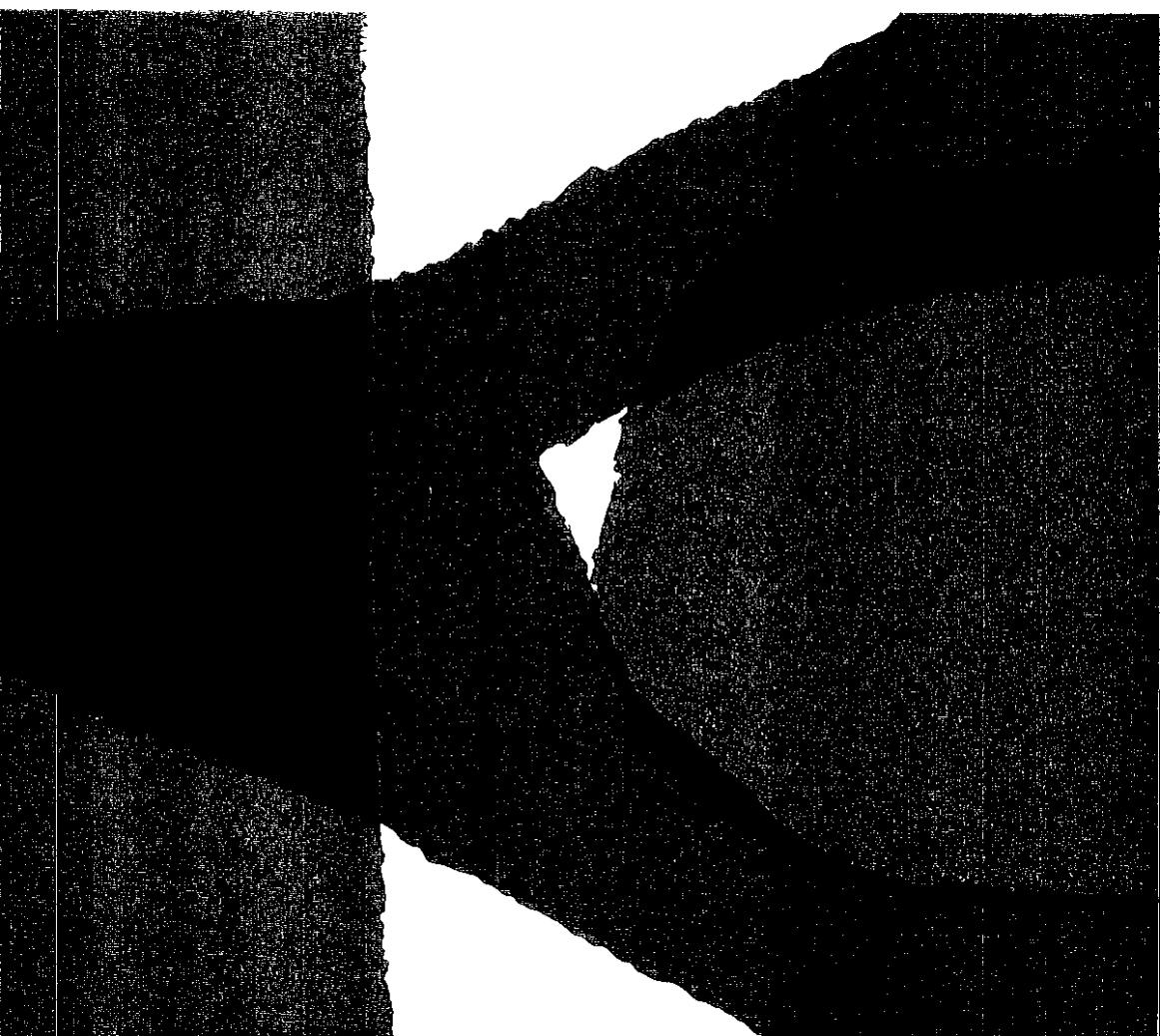


Driemaandelijks Bericht
nummer 79, februari 1977

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadelaan 400
's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr. Plantijnstraat 1,
's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 20,- per jaar
of f 5,50 per nummer

Inhoud

De vervorming van het getij door de compartimentering van het Oosterscheldebekken 479

De zout-zoetproblematiek van het Oosterscheldebekken 484

De oevertal bij Scherpenisse 492

De tweede schuif voor de beweegbare stormvloedkering in de Hollandse IJssel 496

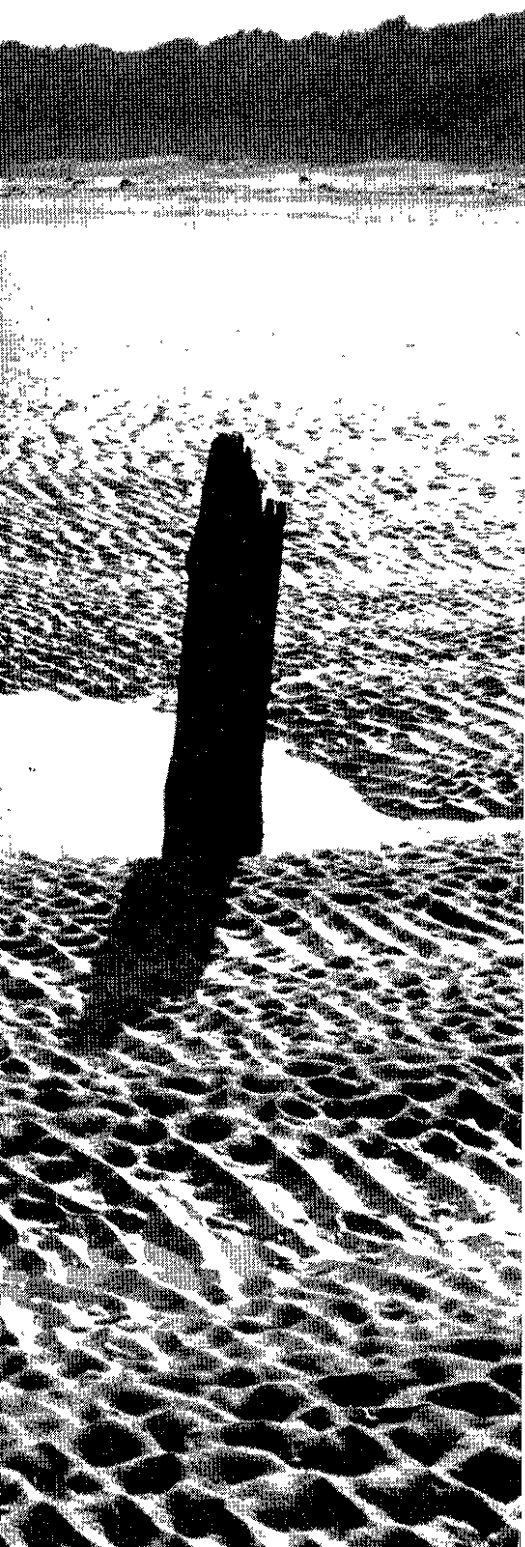
De wegverbindingen over het Hellegatsplein 502

De doorlaatsluis in de Brouwersdam in zijn laatste uitvoeringsfase 508

Het werkeiland voor de sluizen in de Philipsdam 514

Vorderingen 520



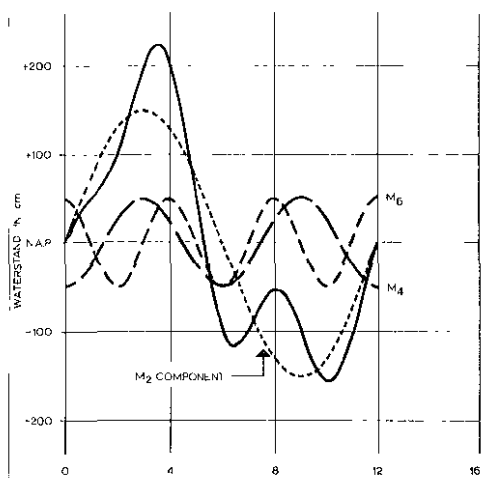
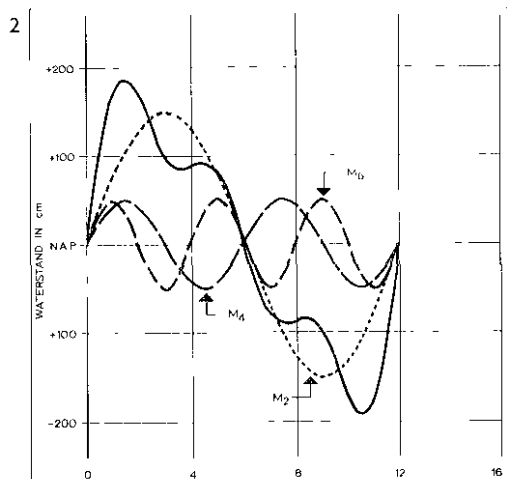
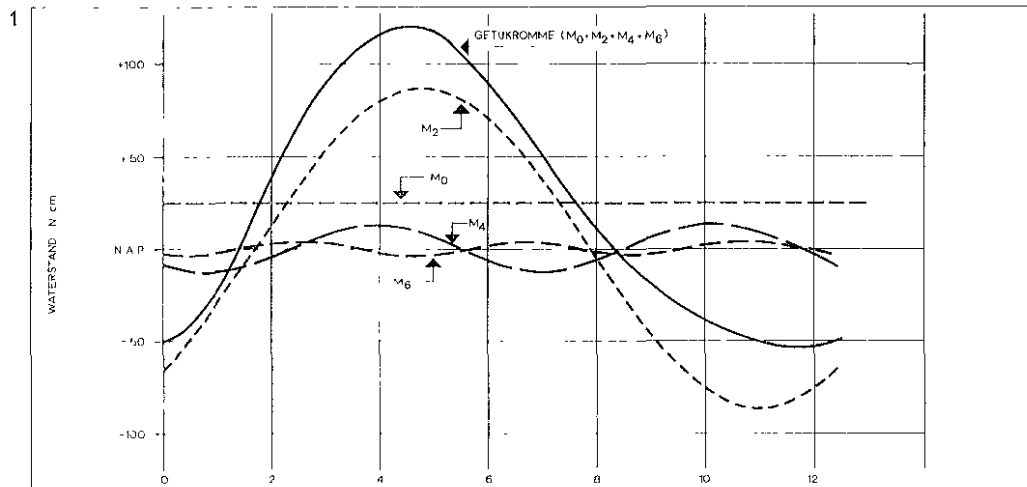


De vervorming van het getij door de compartimentering van het Oosterscheldebekken

Tot voor enkele jaren gingen alle Oosterschelde-studies er van uit dat het bekken volledig zou worden afgesloten van de zee. De studies met betrekking tot de getijbeweging in dit gebied richtten zich daarom vooral op het getij voorzover het van belang zou zijn voor de afsluitingswerkzaamheden. Daarna had men er niets meer mee te maken.

Sinds de instelling van de Commissie Oosterschelde echter zijn geheel nieuwe probleemstellingen opgekomen in verband met het getij. Een van de problemen is de vervorming die het getij zal ondergaan ten gevolge van de compartimentering. Als de oppervlakte van het Oosterscheldebekken waarop de getij-invloed heerst, kleiner gemaakt wordt door het aanbrengen van dammen op verschillende plaatsen, ondergaat het getij daar de invloed van. Niet alleen het verloop van de waterstand verandert, ook de vorm van de stroomkrommen. Het onderzoek naar deze veranderingen is nog gaande, maar bij wijze van tussentijdse verslaggeving wordt toch nu al een artikel aan deze zaak besteed. Eerst worden de belangrijkste verschijnselen globaal beschreven, daarna zal voor een enkel geval bij wijze van illustratie een aantal resultaten worden gegeven.

Als men het verloop van de waterstand ergens in de Oosterschelde uitzet tegen de tijd, krijgt men een kromme met de gedaante van een golf. De tijd die verloopt tussen twee hoogwaters noemen we de periode van de getijgolf. Op onze breedtegraden is de periode ongeveer 12 uur en 25 minuten. (Figuur 1). Doordat de periode zo groot is, zien wij deze getijgolf zich niet zo voortplanten als bijvoorbeeld de zeegolven die we op het strand zien aanrollen. Maar de getij-



beweging is wel degelijk een golfbeweging. Weet men echter, dat zeegolven perioden hebben van enkele seconden en getijgolven een periode van ruim een halve dag, dan is het wel duidelijk dat het tijdelement een belangrijke factor is bij de interpretatie van de waarnemingen van deze twee soorten waterbewegingen.

Het is algemeen bekend dat de getijbeweging vooral wordt veroorzaakt door de aantrekkingskracht van – in volgorde van belangrijkheid – de maan en de zon. Men moet zich echter realiseren dat de getijgolf vanuit de diepe Atlantische Oceaan de relatief ondiepe Noordzee inloopt en zich vervolgens voortplant in de nog ondiepere estuaria zoals de Oosterschelde. Al deze diepteveranderingen, en de grillige vormen van de Atlantische Oceaan, de Noordzee en de Oosterschelde

Fig 1 Voorbeeld van een getijkromme, ontleend in de getijcomponenten M_0 , M_2 , M_4 M_6

Fig 2. Voorbeeld van een getijkromme, ontleend in de componenten M_2 , M_4 en M_6 (links); na verschuiving van de getijcomponenten M_4 en M_6 (rechts)

Fig 3 Voorbeeld van een berekend getij nabij de toekomstige Philipsdam, thans en bij compartimentering volgens C4

hebben invloed op de getijbeweging in de Oosterschelde. Dit heeft onder meer tot gevolg dat de waargenomen waterstandskromme, maar ook de bijbehorende watersnelheidskromme, geen regelmatig verloop hebben; er zitten om zo te zeggen allerlei 'verstoringen' in.

Bezien we figuur 1 nogmaals, dan zien we een aantal volledig regelmatige gestippelde krommen, die opgeteld de waargenomen onregelmatige kromme opleveren. De stippe krommen M_2 , M_4 , M_6 zijn de zogenaamde getijcomponenten waarin de waargenomen kromme M_{tot} is ontleed met behulp van wiskundige technieken.

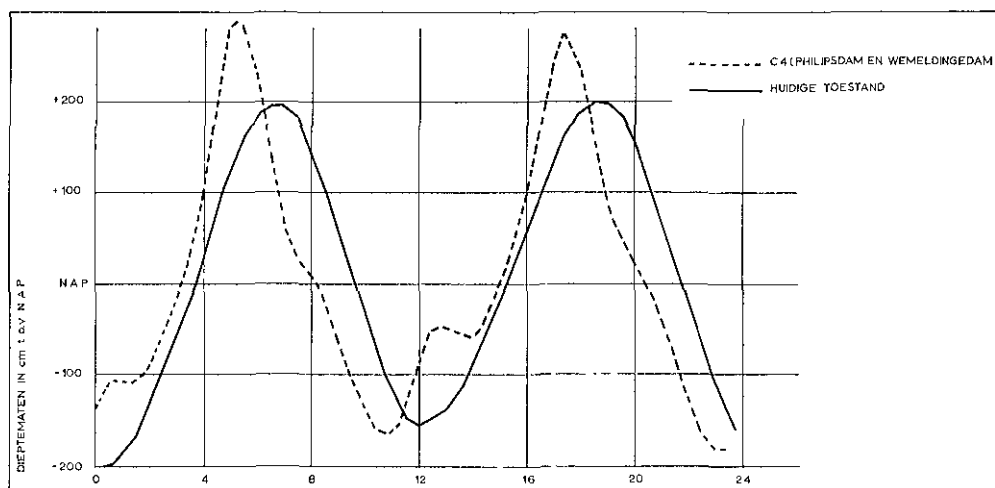
De grootste component, M_2 , is ook de belangrijkste; hij heeft de eerder genoemde periode van 12 uur en 25 minuten. De index 2 geeft aan dat hier sprake is van een tweemaal-daagse getijcomponent. De getijkromme is ontleed op zo'n manier dat de frequentie -1 gedeeld door de periode $-$ van de 'verstoring' componenten een veelvoud is van die van de hoofdcomponent M_2 . Zo is de frequentie van de component M_4 2 maal zo groot als die van M_2 , de periode ervan is dus half zo groot, ofwel ongeveer 6 uur. Component M_6 heeft een 3 maal zo kleine periode als M_2 , dus ongeveer 4 uur. M_8 heeft een periode van 3 uur en komt per 24 uur 8 maal voor.

Figuur 1 is een voorbeeld van wat we noemen 'harmonische getij-analyse'.

Zoals al eerder gesteld, lokale omstandigheden hebben invloed op de vorm van de getijkromme. Komt daar dus een wijziging in, dan ontstaan er ook wijzigingen in het verloop van het getij. Zo zal ook het aanbrengen van compartimenteringsdammen invloed hebben op de getijkromme. Een van

de mogelijke verschijnselen is het ontstaan van faseverschuivingen, dat wil zeggen dat één van de getijcomponenten in de tijd gaat verschuiven. In figuur 2a bijvoorbeeld is een getijkromme weergegeven, ontleed in de componenten M_2 , M_4 en M_6 . Al deze componenten blijken bij 0 uur een hoogte te hebben van 0 m. Houden we nu M_2 vast en verschuiven we M_4 $1\frac{1}{2}$ uur vooruit en M_6 naar 1 uur vroeger, dan krijgen we als resultaat de kromme van figuur 2b. Door deze faseverschuiving van de componenten M_4 en M_6 wordt het eerste hoogwater bereikt na een vrij regelmatig verloopende rijzing, maar het laagwater bezit twee dalen met een top er tussenin, een zogenaamde agger. Blijkbaar kunnen faseverschuivingen grote invloed hebben op het verloop van het getij.

Maar niet alleen faseverschuivingen zijn van belang, zoals bij alle soorten trillingen kan ook het verschijnsel resonantie een grote rol spelen bij de vervorming van het getij. Iedereen kan zich hiervan overtuigen in zijn eigen badkuip. Ook daarin komt het wel voor dat het water in een regelmatige slingering komt met een bepaalde periode die gelijk is aan de eigen periode van de badkuip. Op een gegeven moment kan het water dan over de rand van de kuip vliegen. Bij een badkuip is de lengte van het bekken constant, maar de beweging van het water wordt door de bader bepaald. Bij de getijbeweging op een bekken daarentegen is het waterstandverloop aan de mond vast bepaald, maar het bekken kan door het aanbrengen van een compartimenteringsdam veranderen van afmetingen. Van doorslaggevend belang hierbij is de lengte van het systeem. Bij bepaalde verhoudingen tussen de lengte van het systeem en de golf-



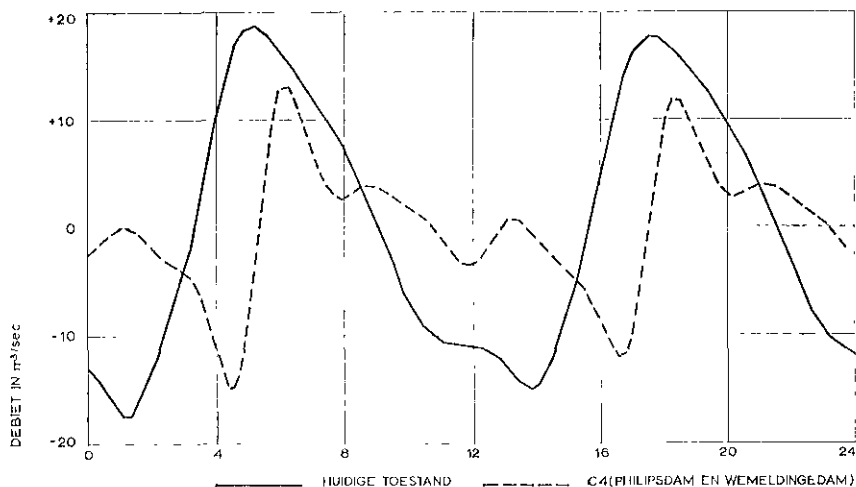


Fig. 4. Voorbeeld van een berekend getij in Krabbekreek en Mastgat thans en bij compartimentering volgens C4

lengte van de getijbeweging kunnen zich opslingeringsverschijnselen gaan voordoen. Zoals al is uiteengezet, kan men zich de getijbeweging voorstellen als bestaande uit verschillende componenten. In de praktijk zal er dan ook altijd wel een component zijn die op een bijzondere manier op het bekken resoneert, dat wil zeggen in opslinging komt en versterkt wordt. Als die component klein is, zoals bijvoorbeeld M_5 in figuur 1, dan heeft deze opslinging nauwelijks praktische betekenis. Indien echter door compartimentering de afmetingen van het bekken veranderd worden en met name de lengte ervan, dan kan het gebeuren dat er componenten van het getij in opslinging geraken, die dit voorheen niet deden.

Combineren we de twee beschreven verschijnselen, faseverschuiving en opslinging, dan zien we dat de gevolgen van hun gecombineerde actie aanzienlijk kunnen zijn.

Veranderingen van de bekkenlengte kunnen opslingeringen tot gevolg hebben die verhogingen en verlagingen van de oorspronkelijke waterstand veroorzaken. Faseverschuivingen van de componenten kunnen vervolgens veroorzaken dat er verhoging van het hoogwater of dubbele vloed- of ebtoppen ontstaan, als ook verhogingen of verlagingen op andere punten van de getijkromme. Dat de getijstromingen hierbij ook zullen veranderen behoeft amper betoog, gezien het feit dat stromen en waterstanden ten nauwste met elkaar verbonden zijn.

Geven we nu een voorbeeld van wat een en ander in de concrete situatie van de Oosterschelde kan betekenen. We vergelijken het huidige waterstandsverloop ter plekke van de geprojecteerde Philipsdam met het berekend

Fig. 5. Het berekend getij in het sluitgat Schaar van Roggenplaat thans en bij compartimentering volgens C4

verloop na de aanleg van de Philips- en de Wemeldingedam, volgens het inmiddels vervallen compartimenteringsplan C4. In figuur 3 treffen we voor de huidige toestand een 'nette' gladde kromme aan. Deze kromme blijkt onder invloed van de compartimentering veranderingen te ondergaan. De ebstroom vertoont omstreeks 13.30 uur een 'bult', die blijkt teruggevoerd te kunnen worden op verschuiving en opslinging van component M_5 . De oorzaak van deze wijziging ligt in het feit dat behalve de Philipsdam ook de Wemeldingedam is aangelegd.

Ook de verhoging van het hoogwater is hierop terug te voeren. In het gegeven voorbeeld zijn de waterstandsveranderingen niet zo spectaculair, maar als men ook de debieten bekijkt, dus de stromingen in m^3/sec , dan blijken er toch wel opvallende veranderingen

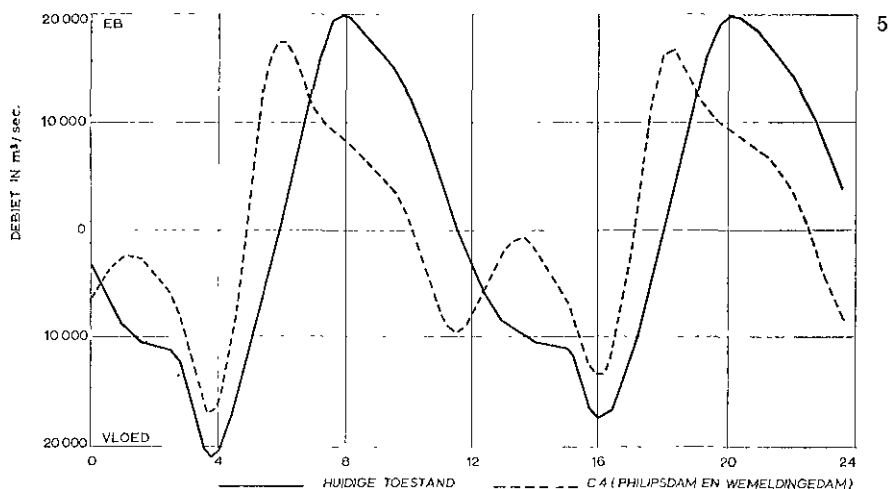
voor te komen. Ter plaatse van de Krabbe-kreek in het Mastgat ten westen van St.-Annaland bijvoorbeeld blijken de stromen zo sterk te veranderen dat er omstreeks 13.30 uur een extra kentering optreedt, waarbij het debiet dus gelijk is aan nul. (Figuur 4) Dat de invloed van de compartimentering zich door het gehele bekken doet gevoelen blijkt uit figuur 5, waar de debieten worden voorgesteld die men heeft waargenomen en berekend voor het sluitgat Schaar van Roggenplaat in de huidige toestand en in de gecompartmenteerde toestand. De 'bult' omstreeks 13.30 uur is vergelijkbaar met die van figuur 3.

Soortgelijk onderzoek als dat waaruit we zojuist een klein voorbeeld gaven, wordt thans uitgevoerd voor compartimentering C3 met Philipsdam en Oesterdam. De waargenomen getijkromme werd ontleend in de eerder genoemde componenten M_2 , M_4 , M_6 en M_8 . Ieder van de componenten is daarna beschouwd als een aparte getijkromme, waarvan vervolgens de vervorming berekend is onder de veronderstelling dat het Oosterscheldebekken was verkleind door aanleg van zowel de Philipsdam als de Oesterdam.

Als we de berekende getijcomponenten zo verschuiven dat de hoogwaters zoveel mogelijk samenvallen en elkaar dus versterken bij de Philipsdam en bij de Oesterdam, dan blijkt dat bij een springtij met een amplitude van 1,85 m in de mond van de Oosterschelde bij de Philipsdam en de Oesterdam springhoogwaters optreden die 30% en 50% hoger zijn dan in de ongecompartmenteerde Oosterschelde. De afzonderlijke componenten vertonen bij compartimentering C3 het volgende beeld: bij de Philipsdam is component M_2 ,

met een amplitude van 152 cm ongeveer 1,3 maal zo groot geworden en component M_4 , die een amplitude heeft van 26 cm ongeveer 1,8 maal zo groot. Bij de Oesterdam zijn de overeenkomstige waarden 1,5 en 3,5 maal. Natuurlijk wordt in verband met de eindtoestand van de Oosterscheldewerken ook de situatie onderzocht, waarbij in de mond van de Oosterschelde een vernauwing is aangebracht in de vorm van een afsluitbare stormvloedkering. De eerste resultaten wijzen erop dat de stormvloedkering een dempend effect heeft op de hierboven beschreven verschijnselen, zodat men mag verwachten dat ze zich in geringere mate zullen manifesteren dan uit de compartimenteringsstudies op zichzelf blijkt. Om tijdig voldoende inzicht te verkrijgen in deze materie wordt het onderzoek naar de getijbeweging op de Oosterschelde thans met kracht voortgezet. De grootte van de doorstroomopening in de stormvloedkering wordt daarbij vooralsnog als een variabele beschouwd.

Uit de studie blijkt dus wel dat het getijdesysteem in de Oosterschelde door de aanleg van compartimenteringsdammen gewijzigd zal worden. Er zullen zich faseverschuivingen en nu eens versterkingen dan weer verzwakkingen voordoen van de verschillende getijcomponenten. Vooral de veranderingen die de stroomsnelheden ondergaan kunnen aanzienlijk zijn. De aanwezigheid van een getijreducerende stormvloedkering zal echter hoogstwaarschijnlijk sterk dempend werken op de getijversterkende invloed van de compartimenteringsdammen.



De zout-zoetproblematiek van het Oosterscheldebekken

Het is niet aannemelijk dat het water van de Oosterschelde overal en ten allen tijde even zout blijft als het nu is, wanneer er een stormvloedkering en een aantal compartimenteringsdammen in worden gebouwd. De complexiteit van de verschijnselen die bepalend zijn voor het zoutevenwicht in het bekken maakt een onderzoek naar de zoutverdeling in de toekomstige situatie tot geen eenvoudige zaak.

In dit artikel wordt eerst getracht enig inzicht te geven in de problematiek; vervolgens worden een paar wegen aangeduid waarlangs naar oplossingen gezocht kan worden.

De zoutverdeling in een grillig gevormd, vrij ondiep estuarium zoals de Oosterschelde, wordt voornamelijk beïnvloed door de zoetwatertoevoer – rivierafvoer, polderlozingen, schutverliezen, en dergelijke –, door het getijvolume en het zoutgehalte van de zee en tenslotte door de geometrische verhoudingen en de bodem-morfologie van het estuarium zelf.

Andere factoren, zoals wind en temperatuur, spelen een minder belangrijke rol. Als de belangrijkste factoren constant blijven, ontstaat na een bepaalde periode – voor de Oosterschelde moet men die stellen op tenminste enkele maanden – een dynamische evenwichtstoestand. Per getijcyclus komt dan gemiddeld evenveel zout het estuarium binnen als eruit verdwijnt. Het dynamische van de evenwichtstoestand ligt daarin dat zich in het estuarium dezelfde mengprocessen blijven afspelen als voor het bereiken van de evenwichtige situatie. Dat we toch spreken van een *evenwichtssituatie* komt omdat het effect van de mengprocessen op de zoutverdeling na verloop van een getijcyclus

gemiddeld nul is: na iedere getijcyclus keert dezelfde zoutverdeling terug.

Het zouttransport in een estuarium staat in nauw verband met de waterbeweging. Om inzicht te krijgen in het zouttransport moet men dan ook allereerst de waterbeweging kennen. Ze wordt onderscheiden in een groot- en een kleinschalige stroming. Groot-schalige stroming – men denke daarbij allereerst aan de getijbeweging – wordt veroorzaakt door krachten die over grote afstanden en lange perioden werkzaam zijn; ze wordt gekenmerkt door een groot impulstransport met een klein energieverlies.

De energie die de grootschalige stroming afstaat, gaat naar de kleinschalige stroming – ook wel aangeduid als turbulentie –, die juist de tegenovergestelde kenmerken heeft. Kleinschalige stroming bestaat uit turbulente wervels: pakketjes van vloeistof, waarvan de snelheid onvoorzienbare fluctuaties vertoont in richting en grootte, en waarvan noch het ontstaan noch het verdwijnen voorspeld kan worden. Turbulentie kan men goed waarnemen aan de achterzijde van varende schepen of aan de stroomafwaartse kant van waterbouwkundige constructies.

In de ondiepe Oosterschelde worden wervels vooral lokaal opgewekt, daar waar ten gevolge van bodemwrijving snelheidsverschillen optreden in het dwarsprofiel. De ruimtelijke afmetingen van de grootste turbulente wervels worden in verticale richting beperkt door de waterdiepte, en in de dwars- en lengterichting door significante variaties in het bodemprofiel. In een estuarium als de Oosterschelde, waar voor deze afmetingen karakteristieke grootte-orden gegeven kunnen

worden, is het mogelijk de begrippen grootschalig en kleinschalig nader te omschrijven. De grens tussen groot- en kleinschaligheid ligt in de lengterichting ongeveer bij 1 km, in de breedterichting bij 100 m en in verticale zin kan men al niet meer van kleinschaligheid spreken bij afmetingen van meer dan een paar meter. In de tijd ligt de grens bij enkele minuten. De grootste wervels, die aangedreven worden door de grootschalige stroom, geven hun energie door aan kleinere wervels enzovoort, totdat de energie tenslotte door moleculaire wrijving omgezet wordt in warmte. De kleinschalige processen zorgen verder ook voor de uitwisseling van kinetische energie en materie in het dwarsprofiel; turbulentie heeft dus een homogeniserende en stabiliserende werking op de grootschalige stroming. Van een volledig gemengde vloeistof kan de grootschalige snelheidsverdeling vrij nauwkeurig berekend worden ook zonder gedetailleerde kennis van de turbulentie. Dit is vooral daaraan te danken dat een grootschalig snelheidsprofiel in verticale richting altijd gelijkvormig is, en ook daaraan dat de verticale uitwisseling van kinetische energie bij zo'n vloeistof in het algemeen veel groter is dan de uitwisseling in zijwaartse richting. Dit maakt het mogelijk te werken met een empirische formule met een vrij algemene geldigheid, die het effect van turbulentie op de grootschalige waterbeweging in rekening brengt. Omdat het zouttransport bijna geheel veroorzaakt wordt door de waterbeweging kan dit verschijnsel eveneens worden onderverdeeld in een grootschalig transport, veroorzaakt door de grootschalige stroming, en een kleinschalig transport, veroorzaakt door turbulentie. Voor het kleinschalige zouttransport zullen we soms ook de term *turbulente uitwisseling of turbulent transport* gebruiken (fig. 1). Het turbulente transport wordt bepaald door de mate van turbulentie, door de uitgestrektheid van de vlakken waar het zoutgehalte in ieder punt gelijk is, de zogenaamde equiconcentratievlakken en door de afstand tussen de equiconcentratievlakken. De uitgestrektheid van deze oppervlakken speelt een belangrijke rol; men zou een vergelijking kunnen trekken met radiatoren, die een groter transport van warmte toelaten naarmate hun oppervlakte groter is. De equiconcentratievlakken kunnen een zeer onregelmatige vorm hebben, die sterk afhankelijk is van de geometrische verhoudingen en de bodem morfologie van het

estuarium. Bij vloed stroomt water met een relatief hoog zoutgehalte het estuarium binnen. In het dwarsprofiel, loodrecht op de stroomrichting, is de snelheid niet overal even groot; al naargelang de afstand tot bodem of oevers of al naargelang de bodemhelling zorgen wrijvingsverschijnselen voor een zekere afremming. Het grootschalig zouttransport is daarom in verschillende punten van het dwarsprofiel ongelijk, en daardoor ontstaan sterk vertrokken equiconcentratievlakken. Het grillige karakter van de zoutverdeling in de dwarsrichting en de daarmee samenhangende sterke turbulente uitwisseling maken voor de berekening van de grootschalige eigenschappen, waar men in de praktijk in is geïnteresseerd, ook kennis van de detailstructuur van de zoutverdeling noodzakelijk.

Al eerder werden de zoetwatertoevoer, het getijvolume en de estuariummorfologie genoemd als de bepalende factoren voor de zoutverdeling in het estuarium. Om een dieper inzicht te geven in het zout-zoet vraagstuk, zal de rol van elk van deze factoren nu *afzonderlijk besproken worden*.

De getijbeweging draagt bij tot zowel het grootschalig als het kleinschalig zouttransport. Het grootschalig zouttransport is bij vloed naar het estuarium gericht, en bij eb naar zee. Tengevolge van het turbulente zouttransport is het zoutgehalte van het bij eb uitstromende water kleiner dan het zoutgehalte van het bij vloed binnenstromende water. Het getij speelt ook hierin een zeer belangrijke rol: het verhoogt de turbulentiegraad, en vergroot zowel de concentratieverschillen als de equiconcentratieoppervlakken. Aangezien de turbulentie altijd een zouttransport teweegbrengt van grotere naar kleinere concentraties, is ze onveranderlijk naar het estuarium gericht. Bij vermindering van de zoetwatertoevoer zou er dus door toedoen van de getijbeweging een effectief zouttransport naar het estuarium ontstaan, dat toeneemt met het vloedvolume. Men vergelijkt de werking van het getij op de zoutverdeling van een estuarium dan ook wel met die van een roerstaaf.

De zoetwatertoevoer echter verhindert de volledige verzilting van het estuarium; er stelt zich een zoutevenwicht in waarbij gemiddeld over een getijcyclus geen zouttransport plaatsvindt tussen de zee en het estuarium. In de mond van het estuarium, waar het turbulente transport klein is, wordt de kleinere concentratie van de ebstroom gecompenseerd door het grotere ebvolume, dat gelijk is aan het vloedvolume plus de oppervlatafvoer.

Achter in het estuarium, waar de getijbeweging zwakker is, bestaat er evenwicht tussen het kleinschalig zouttransport veroorzaakt door turbulentie en het grootschalig zouttransport veroorzaakt door de zoetwater-toevoer.

Vermindering van de getijwerking heeft niet altijd in te houden dat het zoutgehalte daalt. Wel wordt de turbulentie minder, en daarmee de menging van het zout. De zwaardere zoutmoleculen worden onder zulke omstandigheden het slachtoffer van de zwaartekracht en zakken naar de bodem, waar ze zich verspreiden om een toestand van minimale potentiële energie te bereiken.

Op deze wijze dringt een aangroeiende laag van zout zeewater langs de bodem het estuarium binnen. Men spreekt dan van dichtheidsstromen, die aangedreven worden door horizontale concentratieverschillen. Er treedt een gelaagde toestand op, waarbij het zoete water zich tenslotte als een dun vlies over de zoute onderlaag verspreidt. Deze laatste situatie treedt alleen op wanneer de getijbeweging zeer klein is, zo klein als bijvoorbeeld in de Middellandse Zee, en de zoetwaterafvoer ook niet te groot. Dit laatste is het geval in de Oosterschelde, maar het eerste zeker niet. De Oosterschelde zal dan ook zelfs met een gereduceerd getij in overwegende mate een goed gemengd estuarium blijven. Dichtheidsstromen zijn alleen te verwachten op een traject van enkele kilometers in de buurt van de Volkeraksluizen en van de toekomstige Philipssluisen, waar het getijdebiet vrij klein is. Turbulent zouttransport vindt in dit gebied vanwege de gelaagdheid voornamelijk plaats in verticale zin.

De geometrische verhoudingen en de bodem-morfologie van het estuarium hebben een niet geringe uitwerking op de snelheidsverdeling en daarom ook op de concentratieverdeling in het dwarsprofiel. Zoals al eerder beschreven, brengt het optreden van ongelijke snelheden een vergroting van de equiconcentratieoppervlakken met zich mee, en versterkt het turbulente mengproces. Sommige configuraties dragen hiertoe in het bijzonder bij. We noemen allereerst de eb- en vloedgeulen. In brede estuaria, zoals de Oosterschelde, is de getijstroom niet gelijkmatig over de breedte verdeeld. Men kan een aantal geulen onderscheiden die het grootste gedeelte van het getijdebiet voor hun rekening nemen. Bovendien is het dikwijls zo, dat de verdeling van het getijdebiet over de verschillende geulen bij eb en bij vloed verschilt. In sommige geulen zal de ebstroom groter zijn

dan de vloedstroom – dit zijn ebgeulen –; in andere geulen overheerst de vloedstroom en men noemt ze daarom vloedgeulen. Vanzelfsprekend is de gemiddelde zoutconcentratie in de vloedgeulen groter dan die in de ebgeulen. Op punten waar eb- en vloedgeulen samenkomen ontstaan grote concentratieverschillen, waardoor de turbulente diffusie in belangrijke mate versterkt wordt.

Ook ondieptes tussen geulen beïnvloeden de zoutverdeling in bijzondere mate. De vloedstroom brengt een hoeveelheid water met een hoog zoutgehalte binnen in het estuarium, maar dit water wordt niet direct met het minder zoute estuariumwater gemengd. Het zoetere water wordt in eerste instantie vóór de vloedstroom uitgeduwd. Nu verplaatst het water zich sneller in de geulen dan op de tussenliggende ondiepe plekken. Deze worden dan door de vloedstroom omgeven vóórdat het zoetere water weggeduwd is. Zo ontstaan er gesloten equiconcentratievlakken, als gevolg waarvan weer een vergroting van het turbulente transport optreedt.

Tenslotte wordt ook in buiten de stroom gelegen gebieden als kobergingsgebieden en havens het zoetere water bij vloed wel iets verder naar de kant gedreven, maar niet naar het bakkende weggeduwd. De equiconcentratievlakken liggen daarom minder volgens de dwarsrichting van het estuarium dan wel volgens de lengterichting; de concentratieverschillen kunnen in laterale richting aanzienlijk zijn; er kan bovendien een zekere mate van gelaagdheid ontstaan.

De drie-dimensionale zoutverdeling in het estuarium kan dus door toedoen van de grootschalige getijbeweging, de bodem-morfologie en de geometrische verhoudingen een zo onregelmatig karakter vertonen, dat de beschrijving van het turbulente mengproces zowel langs theoretische als langs empirische weg op zware problemen stuit. Een tweede moeilijkheid bij de beschrijving van de zoutverdeling in een estuarium vloeit voort uit het feit dat de karakteristieke tijdschalen van de processen die bij het zouttransport een rol spelen, heel ver uit elkaar liggen. De karakteristieke tijdschaal van turbulentie ligt in de orde van grootte van enkele seconden; bij de getijbeweging moet men er denken in uren. Het onderzoek is echter in laatste instantie gericht op een verschijnsel met nog weer een andere tijdschaal, namelijk de verandering die de evenwichtstoestand van de zoutverdeling ondergaat tengevolge van waterbouwkundige ingrepen in het estuarium. Het ontstaan van



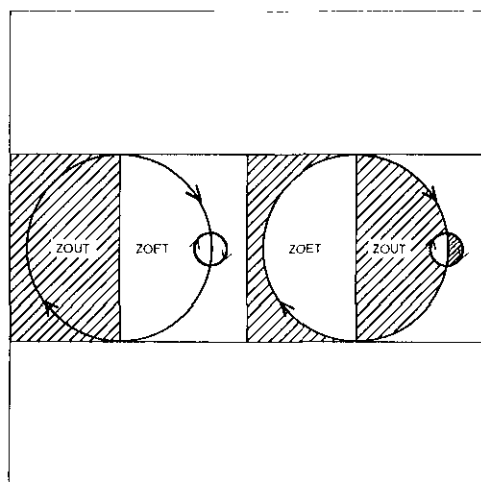


Fig. 1 Schematische voorstelling van menging veroorzaakt door de gecombineerde werking van grote en kleine wervels

een nieuwe evenwichtstoestand is een zeer langzaam proces, dat in de Oosterschelde enkele maanden in beslag neemt.

Het is mogelijk om het gemiddelde effect van het turbulente transport in beschouwing te nemen; hiervoor kan een semi-empirische formule afgeleid worden met een vrij algemene geldigheid. Het groot- en het kleinschalige zouttransport worden dan beide beschreven met de voor de getijbeweging karakteristieke tijdschaal. Voor het gemiddelde effect van het door het getij veroorzaakte mengproces bestaat nog geen algemeen geldige uitdrukking. Daarom is het niet zonder meer mogelijk een tijdschaal van enkele getijperiodes in te voeren voor de beschrijving van de zoutverdeling in een estuarium.

Het feit dat het bereiken van een evenwichtstoestand een langere tijd vergt voor de zoutverdeling dan voor de waterbeweging, is voornamelijk hieraan toe te schrijven, dat een verstoring van de waterbeweging zich voortplant met de golfsnelheid, terwijl een verstoring in de zoutverdeling zich voortplant met de stroomsnelheid, dat is vele malen langzamer. De verschillende tijdschalen vormen een probleem voor numerieke wiskundige modellen, omdat het doorrekenen van lange perioden met een kleine tijdstap veel computertijd kost en hoge stabiliteits-eisen stelt aan het model.

Rekenmodellen

De studie van de zout-zoetproblematiek van het Oosterscheldebekken is gericht op het voorspellen van de zoutverdeling in alle mogelijke toekomstige situaties. Alle factoren

die voor de zoutverdeling een belangrijke rol spelen, ondergaan veranderingen bij de voorgenomen waterbouwkundige ingrepen. De zoetwatertoevoer, die in de huidige situatie voornamelijk veroorzaakt wordt door de Volkeraksluizen en de Brabantse riviertjes, zal in de toekomst – wellicht in mindere mate – via de Philippsluizen in het estuarium belanden. Het getijvolume zal veranderen onder invloed van de stormvloedkering. De geometrie van het estuarium wordt gewijzigd door de compartimenteringsdammen. Het onderzoek moet leiden tot de bepaling van de getalsmatige invloed van deze veranderingen, waarvan de kwalitatieve aspecten in het voorafgaande beschreven zijn. We gaan nu in het kort beschrijven langs welke wegen kwantitatieve informatie over de zoutverdeling verkregen kan worden.

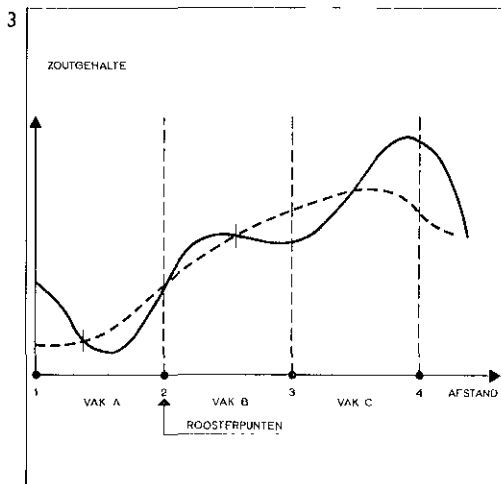
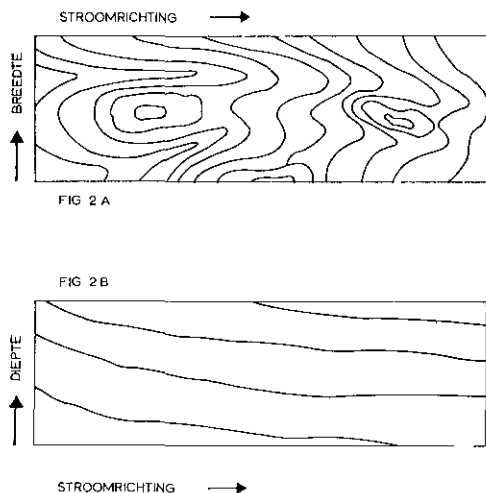


Fig. 2. Voorbeeld van lijnen van gelijke concentratie in een horizontale (boven) en een verticale doorsnede van een estuarium



Allereerst kan men uitgaan van de wet van behoud van materie en met behulp daarvan een zoutbalansvergelijking opstellen. De zoutconcentratie op een bepaald punt en op een bepaald tijdstip wordt dan in verband gebracht met de concentraties in oneindig dicht nabij gelegen punten en tijdstippen. Men krijgt dan een partiële differentiaalvergelijking, die, uitgaande van een bekende begintoestand, als eenduidige oplossing de concentratie op latere tijdstippen oplevert, als er tenminste ook iets bekend is over het verloop van de concentratie langs de randen van het beschouwde gebied. Verder moet de waterbeweging in ieder punt en op elk tijdstip gegeven zijn.

Maar men zou ook kunnen proberen directe relaties te zoeken tussen de concentratie enerzijds en bepaalde variabelen zoals de

2 zoetwatertoevoer en het getijvolume anderzijds. In dit geval wordt niets bekend verondersteld over de mechanismen van het diffusieproces, maar gaat men uit van experimentele gegevens betreffende de zoutverdeling en de relevante variabelen. Het veronderstelde al dan niet lineaire verband kan uit de meetgegevens bepaald worden op grond van statistische overwegingen. Zulke systeemmodellen verschaffen weliswaar minder fundamenteel inzicht dan de zoutbalansvergelijking, maar ze zijn gemakkelijker toepasbaar.

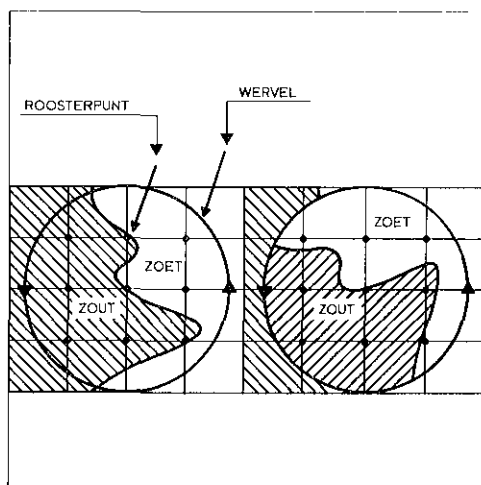
Voor het oplossen van de zoutbalansvergelijking blijkt het in praktijkgevallen noodzakelijk om haar eerst te vereenvoudigen. Daartoe worden bepaalde termen van de vergelijking vervangen door uitdrukkingen die wiskundig simpeler zijn, maar waarin onbekende coëfficiënten voorkomen. Aangezien geen universele waarde aan deze coëfficiënten toegekend kan worden, moeten ze proefondervindelijk voor het beschouwde praktijkgeval bepaald worden. Hoe sterker de zoutbalansvergelijking vereenvoudigd wordt, des te meer hangt de oplossing af van de ingevoerde coëfficiënten. De statistische aanpak komt in zekere zin overeen met de sterkst mogelijke vereenvoudiging: de zoutbalansvergelijking wordt dan in zijn geheel vervangen door een relatie die proefondervindelijk bepaald moet worden.

De verschillende technieken om de zoutbalansvergelijking op te lossen worden dus allemaal gekenmerkt door de invoering van min of meer sterke vereenvoudigende veronderstellingen. Daarvan bespreken we er een paar.

Een exacte oplossing van de zoutbalans-

Fig. 3. Mogelijk verloop van het zoutgehalte in werkelijkheid (getrokken lijn) en in het model (gebroken lijn). Het model stelt de gemiddelde zoutgehalten per vak goed voor, maar de lokale verschillen per vak zijn soms aanzienlijk groter (punt 2) of kleiner (punt 3). Door toedoen van kleine wervels treedt er in werkelijkheid dan turbulent transport op van het ene vak naar het andere

Fig. 4 Geschematiseerde voorstelling van het niet-lokale effect van menging, veroorzaakt door wervels met afmetingen groter dan de afstand tussen de roosterpunten



vergelijking kan alleen gevonden worden voor gebieden met een uiterst eenvoudige geometrie, dit is een voorwaarde waaraan de Oosterschelde niet voldoet, en we zullen hier dan ook niet verder op ingaan.

De eerste praktische vereenvoudiging van de zoutbalansvergelijking bestaat hierin dat de relatie tussen concentraties in oneindig nabij gelegen punten en tijdstippen vervangen wordt door een overeenkomstige relatie tussen concentraties op punten en tijdstippen die op een eindige afstand of tijdsinterval van elkaar vandaan liggen. In plaats van een differentiaalvergelijking verkrijgt men dan een differentievergelijking; hiervoor moet een vast rooster gekozen worden, zowel in de tijd als in de ruimte.

Behalve numeriek wiskundige problemen van stabiliteit en precisie, brengt dit ook fysische problemen met zich. Verschijnselen die zich afspelen binnen een tijds- of ruimte-interval kleiner dan de afstand tussen de roosterpunten, kunnen door de differentie-vergelijking niet beschreven worden; het gemiddelde effect van deze verschijnselen moet dan via een empirische formule worden geïntroduceerd.

Als de roosterschaal overeenkomt met die van de grootste turbulente wervels, dan moet het lokale effect van turbulente diffusie bekend verondersteld worden als functie van een diffusiecoëfficiënt en van de zoutgehalten in nabij gelegen roosterpunten. In de meeste gevallen speelt de structuur van de equiconcentratievlakken op een kleinere schaal hierbij nog een belangrijke rol, zoals figuur 3 toont. Dientengevolge kan er geen algemeen geldende waarde toegekend worden aan de diffusiecoëfficiënt. In ieder praktijkgeval moet de diffusie-coëfficiënt in feite uit meetgegevens bepaald worden. Het lijkt misschien dat men dit probleem zou kunnen oplossen door het kiezen van een fijner roosternetwerk, maar dat is niet zo. Afgezien nog van problemen met rekentijd en geheugenruimte in de computer wordt de voorstelling fysisch onzuiver aan de andere kant: *er wordt nu namelijk geen rekening gehouden met het niet-lokale effect van turbulente wervels met afmetingen die groter zijn dan de mazen van het rooster (fig. 4).*

De meest gangbare vereenvoudiging bestaat erin dat men de zoutbalansvergelijking middelt over één of meer ruimtelijke dimensies, of over bepaalde tijdsintervallen. Welke vereenvoudiging toegepast kan worden, hangt af van de situatie. Omdat het turbulente transport vooral loodrecht op het equiconcentratievlak verloopt, moet bij voorkeur niet over deze richting gemiddeld

worden. In een estuarium waar de zoetwaterafvoer groter of ongeveer gelijk is aan 10% van het getijvolume, treedt gelaagdheid op, met als gevolg uitwisseling vooral in verticale richting. In dit geval geven de over de breedte van het estuarium gemiddelde vergelijkingen een nauwkeuriger beschrijving dan de over de diepte gemiddelde vergelijkingen. Het omgekeerde geldt voor een estuarium als de Oosterschelde, waar de verhouding tussen getijvolume en zoetwaterafvoer zeer groot is, zodat het water over de diepterichting goed gemengd is.

Door de aanwezigheid van geulen en platen treden de grootste concentratieverschillen hier op in de breederichting. Voor de Oosterschelde verdienen dus over de diepte gemiddelde vergelijkingen de voorkeur. Het turbulente zouttransport, dat plaatsvindt in de richting waarover de zoutbalansvergelijking gemiddeld is, komt niet meer in de gemiddelde vergelijking voor. Het gaat hier in feite om een schijnbare vereenvoudiging, want voor de berekening van het grootschalig transport is kennis van het gemiddelde zoutgehalte onvoldoende: het grootschalige transport dat veroorzaakt wordt door een variatie van het zoutgehalte in de richting waarover gemiddeld is, kan niet langs theoretische weg berekend worden als een functie van het gemiddelde zoutgehalte. In de praktijk wordt hiervoor een empirische relatie gebruikt met coëfficiënten, die proefondervindelijk bepaald moeten worden. De numerieke waarden van deze coëfficiënten hebben geen algemene geldigheid, hetgeen de predictiviteit van deze modellen beperkt. Dit geldt in nog sterkere mate voor 'een-dimensionale modellen', waarbij over twee ruimtelijke dimensies, namelijk in het vlak loodrecht op de stroomrichting, gemiddeld wordt. In de meeste gevallen is de variatie van het zoutgehalte in het dwarsprofiel veel groter dan de variatie in de stroomrichting. Het transport dat veroorzaakt wordt door de variatie van het zoutgehalte in het dwarsprofiel wordt vaak in verband gebracht met het turbulente transport in de stroomrichting. Een eenduidig verband bestaat in werkelijkheid niet, althans niet van ogenblik tot ogenblik. Verondersteld wordt echter dat het zouttransport gemiddeld over een getijdencyclus op deze manier wel redelijk nauwkeurig beschreven kan worden. De diffusiecoëfficiënt die hierbij te pas komt heeft geen duidelijke fysische betekenis; in verschillende praktijkgevallen worden sterk uiteenlopende waarden gevonden. Dit komt omdat bij middeling over het dwarsprofiel

in het geheel geen rekening gehouden wordt met de structuur van de equiconcentratievlakken, die op zijn beurt sterk samenhangt met de estuariummorfologie.

Een nog sterkere vereenvoudiging verkrijgt men door de eendimensionale zoutbalansvergelijking te middelen over een tijdsinterval van één of meer getijperiodes. De concentratieveranderingen veroorzaakt door de vloedstroom worden grotendeels weer teniet gedaan door de ebstroom. In de praktijk is men vaak minder geïnteresseerd in de getijfluctuaties van het zoutgehalte, dan wel in het verloop van het zoutgehalte op langere termijn. De tijdmiddeling brengt overigens met zich mee, dat de werking van het getij als roerstaaf in zijn geheel door middel van een empirische formule geïntroduceerd moet worden. Algemeen geldende empirische formules zijn niet bekend, zodat de zoutverdeling door het oplossen van de zoutbalansvergelijking alleen nog niet bepaald is. Het verband tussen het door het getij veroorzaakte zouttransport en andere over het getij gemiddelde methoden, kan alleen nog maar bepaald worden met methoden uit de statistiek. Hoe minder vereenvoudigingen toegepast worden in de zoutbalansvergelijkingen, des te sterker is het voorspellend vermogen van het model: de numerieke waarden van de empirische diffusie-coëfficiënten die ingevoerd moeten worden in het driedimensionale model, variëren minder sterk dan bij het ééndimensionale model. Desondanks worden voor praktische toepassingen vaak de meer vereenvoudigde modellen gebruikt. De reden hiervoor is, dat de driedimensionale aanpak nog grote problemen stelt van numeriek-wiskundige en rekentechnische aard.

Tenslotte kan men ook iedere informatie uit de zoutbalansvergelijking negeren en het probleem aanpakken met de systeemmodellen die in het begin genoemd zijn. Het voorspellend vermogen van deze modellen is niet groot.

Behalve aan wiskundige modellen kan men ook aan hydraulische modellen denken voor het onderzoek van de zout-zoetproblematiek op de Oosterschelde. Ook hieraan kleven fundamentele problemen, die in verband staan met de verkleining van de ruimtelijke afmetingen en het model. De verhoudingen tussen grootschalig en kleinschalig transport enerzijds, en horizontaal en verticaal zouttransport anderzijds, komen dan namelijk niet met de werkelijkheid overeen. Grootheden als massa, viscositeit en zwaartekrachtsversnelling kunnen nu eenmaal niet op kleinere afmetingen

ingesteld worden. Het werkelijke mengproces kan derhalve in hydraulische modellen niet op kleinere schaal nagebootst worden. Dit neemt niet weg dat in een bepaalde situatie sommige grootheden, zoals de over het dwarsprofiel gemiddelde zoutverdeling in de evenwichtstoestand, eventueel wél overeen kunnen komen met die welke in de natuur optreden. Soms is het mogelijk een relatie op te stellen tussen de concentraties die in het model gemeten zijn en de concentraties in de natuur. Zulke relaties zijn dan wel afhankelijk van het vloedvolume, de morfologie van het estuarium, en andere grootheden, hetgeen het voorspellende vermogen van hydraulische modellen ook weer in zekere mate beperkt. Kortom, er bestaat op dit ogenblik nog geen recept waarmee in willekeurige situaties een betrouwbare voorspelling voor de zoutverdeling in estuaria gedaan kan worden. De bestaande wiskundige modellen moeten met grote omzichtigheid gebruikt worden, omdat in geen enkele formulering alle aspecten van het diffusieproces natuurgetrouw weergegeven zijn.

Theoretische studies over de zout-zoetproblematiek worden in nationaal verband verricht in het kader van het Toegepast Onderzoek Waterstaat en de Raad van Overleg voor het Fysisch en Oceanografisch Onderzoek van de Noordzee. Meer op de praktijk gerichte studies vinden plaats bij de Deltadienst, waarbij ook gebruik wordt gemaakt van de resultaten van het getijgootonderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium te Delft; één van deze praktijkstudies behandelt het zout-zoetvraagstuk in het Oosterscheldebekken.

Momenteel wordt getracht de betrouwbaarheid van de reeds bestaande modellen te toetsen aan de hand van meetgegevens, teneinde met bruikbare schattingen te kunnen komen van de zoutverdeling in de Oosterschelde in de veronderstelde toekomstige situaties.

De oeverval bij Scherpenisse Een voorbeeld van stabiliteits- problemen als gevolg van bodemerosie bij dijken

Op 9 december 1975 trad een oeverval op bij het calamiteuze waterschap Scherpenisse op Tholen.

In de Werkgroep Vooroeveronderzoek, waarin behalve de Deltadienst ook de Rijks Geologische Dienst te Haarlem, het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft, het Bouwbureau Dijkversterkingen Oosterschelde te Goes en de Studiedienst Vlissingen van de Rijkswaterstaat vertegenwoordigd zijn, werd besloten een onderzoek in te stellen naar het ontstaan van deze oeverval. Op grond van geomorfologisch en grondmechanisch onderzoek kan hij worden beschouwd als een combinatie van een zettingsvloeiing en een afschuiving.

De Scherpenissepolder is één van de oudste polders in het Tholense land. Vanwege de vele calamiteiten die de polder in de loop der jaren heeft moeten doorstaan stond zij reeds in het begin van de vorige eeuw als calamiteuze dijkage geboekstaafd. De hoofdwaterkering van Scherpenisse lag in de 17e eeuw 500 m meer rivierwaarts dan nu. Aan de westzijde van de polder, langs het gedeelte waar vroeger de Pluimpot in de Oosterschelde uitmondde, zijn in de loop der jaren vele oever- en dijkvallen voorgekomen. De grootste val die tot heden aan de Tholense oevers is opgetreden, vond plaats op 9 februari 1946 langs en in de nol van Gorishoek. Er werd toen 426 000 m³ grond verplaatst en er verdween ruim 1,5 ha voorland onder de laagwaterlijn. Ook van stormvloeden heeft Scherpenisse veel te lijden gehad. Onder andere ontstond bij een storm in 1671 een breuk in de zeedijk tussen de huidige dijkpalen 21 en 26. Het

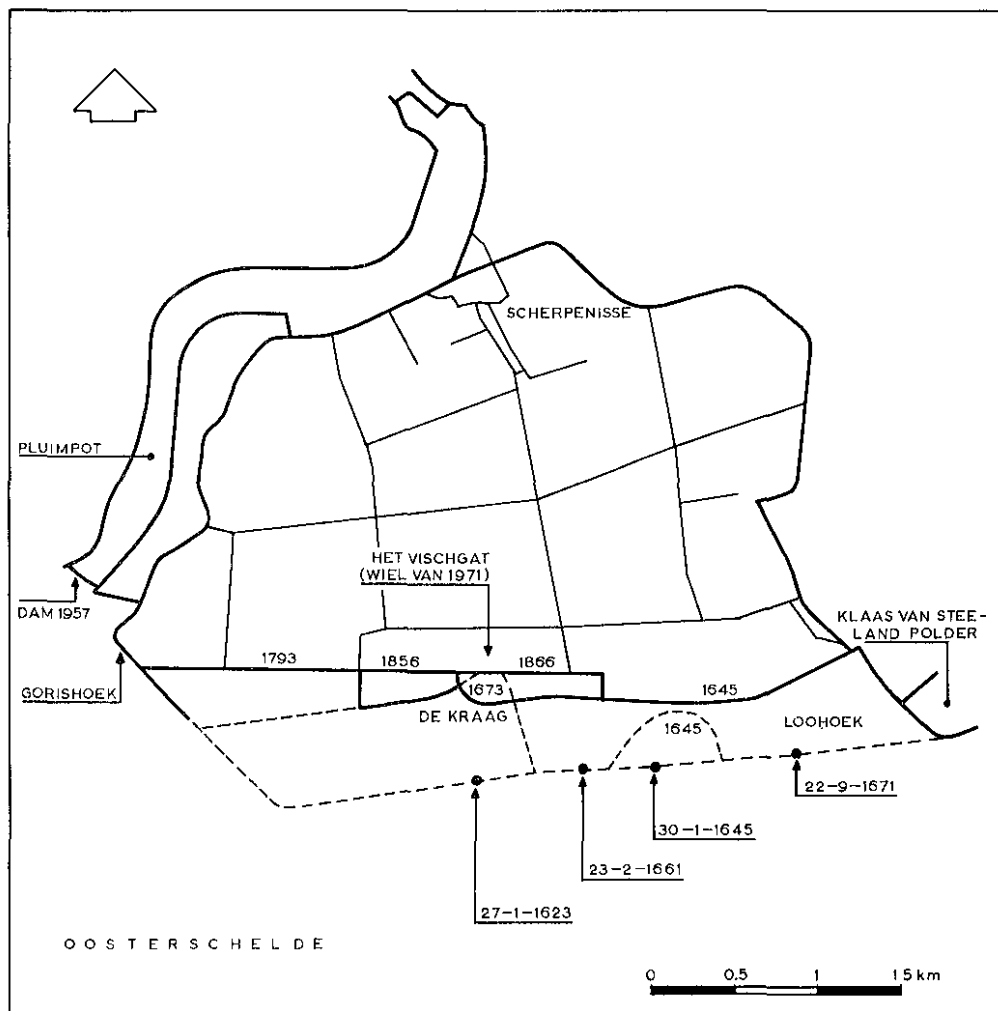
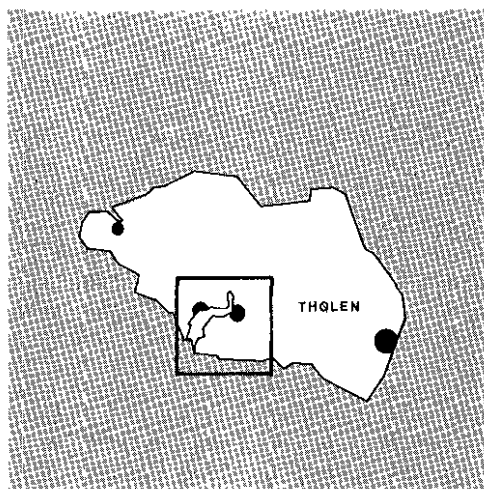
daarbij ontstane wiel werd buitenom de dijkbreuk binnengedijkt met een ringdijk, later genaamd 'De Kraag'. De restanten van het wiel, dat de naam 'Het Vischgat' kreeg, zijn nog lange tijd in het terrein herkenbaar geweest. 'De Kraag' behoort tot dat stuk zeedijk waar de ontgroning van 9 december 1975 is ontstaan.

Het in de 17e eeuw aan de oevers verloren voorland is sedertdien nog aanmerkelijk versmald, zodat de L.W.-lijn eind 1975 bij dijkpaal 26 ongeveer aan de teen van de dijk lag. Wel was daar tussen de L.W.-lijn en de N.A.P. - 5 m-lijn een zeer vlak liggende onderwateroever aanwezig ter breedte van 90 m. De grootste geuldiepte ter plaatse is momenteel ongeveer N.A.P. - 32 m, op 350 m uit de teen van de zeedijk. Uit de profielen ter plaatse (fig. 2) blijkt dat de geul in de laatste decennia enige verruiming heeft ondergaan.

Op 9 december 1975 werd bij laag water in dit dijkgedeelte een oeverval geconstateerd. Uit spoedig uitgevoerde peilingen bleek dat de grootste verdieping 15,5 m bedroeg en dat ter plaatse van de kreukelberm aan de teen van de zeedijk 6 m water stond; ongeveer 146 000 m³ materiaal was weggevloeid.

Daarvan kon slechts 60% worden teruggevonden. De vraag rijst of de zettingsvloeiing dan niet al veel eerder is ingeleid, bijvoorbeeld tussen de peilingen van 9 juli 1975 en de waarneming van 9 december 1975. Het is mogelijk dat de zettingsvloeiing pas op 9 december zichtbaar werd toen de erosie tot het boven L.W. gelegen oevergedeelte was voortgeschreden en de teen van de zeedijk bereikte.

De Scherpenissepolder op
Tholen met enkele vroegere
doorbraken



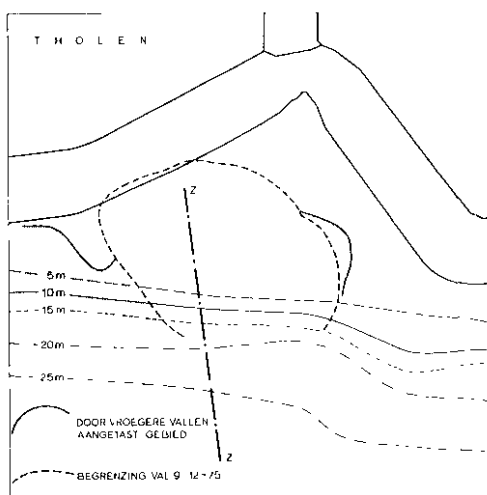


Fig. 2. Overzicht van de oevertal op 9 december 1975

Uit de peilingen is gebleken dat de taludhellingen voor het optreden van de val tot 20 m beneden N.A.P. 1 : 1,5 tot 1 : 2,2 bedroegen en daar beneden 1 : 6,2.

Ter plaatse van het sterk tot zeer sterk zettingsvloeiingsgevoelige Jonge Zeezand stonden de taluds voor het optreden van de oevertal dus zeer steil.

De taludhellingen na het optreden van de oevertal bedroegen: tot 16 m beneden N.A.P. 1 : 3,5 à 1 : 4, daar beneden tot N.A.P. - 21 m 1 : 13,3, en nog dieper 1 : 24.

De eindhelling tussen de zogenaamde valdieptelijnen en de lijn van inscharing was 1 : 7. Dat komt neer op een gemiddelde eindhelling van 1 : 15 in het jonge materiaal en van 1 : 3,5 in de landwaarts daarvan gelegen veen- en kleilagen.

Met het oog op mogelijk verdere dijkbeschadiging is bij de oostflank van het oevertalgebied een beperkt duikonderzoek ingesteld. Daarbij bleek dat de in 1901 aangebrachte zinkstukken nog intact zijn. Bij drie 'punt-duikingen' langs de rand van de val werd een vrijwel te lood staande veen- en/of kleirand van 5 à 7 m hoog aangetroffen. Aan de voet van die steile rand lagen grote klei- en mogelijk veenbanken.

Uit de bevindingen van de duiker kan men opmaken, vooral op grond van de vrijwel te lood staande oevertalwanden, dat de ontgronding tot in het oude kerngebied is doorgedrongen.

Vroegere ontwikkelingen

Na het verlies van het rivierwaarts gelegen deel, ongeveer 250 ha groot, van de Scherpenissepolder in de 17e eeuw heeft het Tholense Gat - de hoofdgeul in het oostelijk

deel van de Oosterschelde - zich enkele honderden meters landwaarts verplaatst. Omstreeks 1880 was de grootste geuldiepte in de huidige raai 24, het hart van de val van 1975, ongeveer 30 m.

Vanaf 1880 tot omstreeks 1920 vertoonde het verloop van de dieptelijnen in raai 24 weinig of geen verandering. In de periode 1920-1950 viel, wat betreft de benedenoevertal een landwaartse inscharing van in totaal 40 m te constateren. Omdat de bovenoevertal vrijwel niet veranderde ontstonden er beneden de lijn van N.A.P. - 15 m steilere hellingen. Al sinds eind vorige eeuw zijn trouwens tussen de 5 m en 15 m dieptelijnen al taluds geregistreerd van ongeveer 1 : 2.

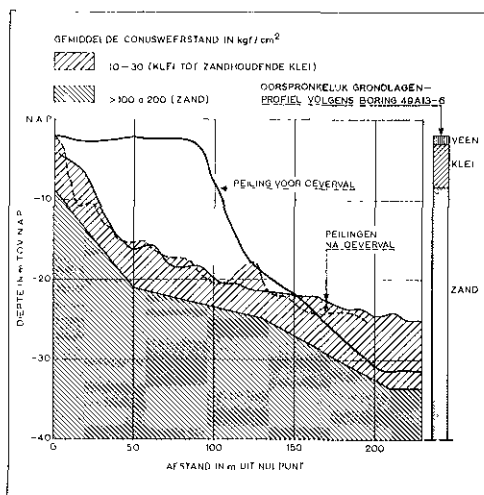
Behalve de verdediging bij Gorishoek zijn ook meer oostelijk in 1862, 1899, 1901 en 1910 op drie punten incidentele verdedigingswerken aangebracht.

Overigens was er vanaf 1950 in dit gebied weer sprake van enige aanzanding. De ontgronding op 9 december 1975 kwam dan ook geheel onverwachts; ze kan zeker niet worden gezien als gevolg van gestaag voortschrijdende erosie.

Uit het verloop van de diepte- en oevertalgrafieken blijkt dat vóór 1975 reeds meermalen een ongunstiger oevertalprofiel is voorgekomen dan in 1975.

Omdat slechts weinig stroomgegevens voorhanden zijn van dat gebied en zeker niet en détail langs het oevertal, is er weinig of niets van te zeggen in hoeverre een verandering van stroomaanval op dit oevertalvak, bijvoorbeeld ten gevolge van de aanleg van de Schelde-Rijnverbinding van invloed is geweest op het optreden van de oevertal op 9 december 1975. Het lijkt niet waarschijn-

Fig. 3. Profiel in raai Z-Z' van figuur 2



lijk, en in ieder geval geven de peilingen van 1975 daar geen enkele aanwijzing voor.

De bodem bestaat ter plaatse van de zeedijk van de Scherpenissepolder uit oude kerngronden; het voorland bestaat echter voor een deel uit Jong Zeezand, met name bij Gorishoek aan de mond van de verzande Pluimpot. De meeste zettingsvloeiingen langs de betreffende oever zijn dan ook bij Gorishoek opgetreden.

Op grond van geomorfologische waarnemingen en literatuurgegevens kan aangenomen worden dat de vooroever in de omgeving van de val van december 1975 door met Jonge Zeeklei opgevulde jonge geulsystemen is doorsneden. De ouderdom van deze geulen schat men op een jaar of 1100. Vanwege het verstoorde karakter en de zeer geringe consolidatie van de Jonge Zeeklei vooral ten westen van de recente val is het zeer aannemelijk dat een groot deel van dit gebied door minstens twee opeenvolgende vroegere geulen is aangetast.

De vroegere vallen zullen vrijwel zeker in de zettingsvloeiingsgevoelige opvullingen van de jonge geul zijn ontstaan; aan de landzijde hebben ze zich vermoedelijk als afschuivingen in het geologisch ongestoorde gebied gemanifesteerd. De ouderdom van deze vroegere vallen is niet nauwkeurig vast te stellen, maar gezien het feit dat dit gebied tot 1623 een polder was, kan ze niet groot zijn.

De uit Jong Zeezand bestaande jonge geulopvullingen zijn sterk tot zeer sterk zettingsvloeiingsgevoelig. Dit matig grove, licht met klei- en veendeeltjes verontreinigde zand heeft een losse tot matige pakking.

Het valt aan te nemen dat de aanwezigheid van dit uiterst zettingsvloeiingsgevoelig

3 materiaal, afkomstig van vroegere vallen, het ontstaan van de recent opgetreden val mede heeft veroorzaakt.

Het is uit de oeverval bij Scherpenisse nog eens duidelijk geworden dat een zettingsvloeiing in het jonge materiaal ook funeste gevolgen voor de zeedijk kan hebben, ondanks de aanwezigheid van oude kerngronden onder die dijk.

Bij het treffen van voorzieningen bij het voorlopig herstel van de schade werd er vooral van uitgegaan dat verdere aantasting van de dijk moest worden voorkomen. Nog binnen 12 uur na het constateren van de val werd een eerste scheepslading fosforslakken tegen de dijkteen gestort. Die snelle aanpak kon plaats hebben dank zij de in de loop van 1975 ingevoerde regeling calamiteiten

Oosterscheldegebied. Totaal werden 23 000 ton fosforslakken en 1000 ton lichte en zware stortsteen ter plaatse verwerkt. Inmiddels is een plan ingediend voor het definitief herstel. Behalve herstel van enig glooiingswerk zal daarbij langs de oever tussen de jongste val en het oostwaarts daarvan gelegen oeverwerk van 1901 een bestorting worden aangebracht. Er bestaat namelijk een reëel gevaar dat een eventuele volgende afschuiving langs de daar aanwezige steile rand, ontstaan bij de val op 9 december 1975, tot de zeedijk of tot dichtbij de zeedijk zou doordringen.

De tweede schuif voor de beweegbare stormvloedkering in de Hollandse IJssel

In de maand november van het afgelopen jaar werd een tweede schuif aangevoerd en ingehangen in de stormvloedkering in de mond van de Hollandse IJssel. De stormvloedkering als beveiligingsconstructie dateert al van 1958. Het was het eerste Deltawerk dat gereed kwam.

Aanvankelijk was deze stormvloedkering echter slechts met één schuif uitgerust. De veiligheid achtte men daarmee voorlopig voldoende gewaarborgd, zodat daarna voorrang gegeven kon worden aan het verhogen en versterken van andere waterkeringen. Wel werden meteen ook de heftorens gebouwd voor de tweede schuif, en werden de beide drempels alvast in den droge gemaakt.

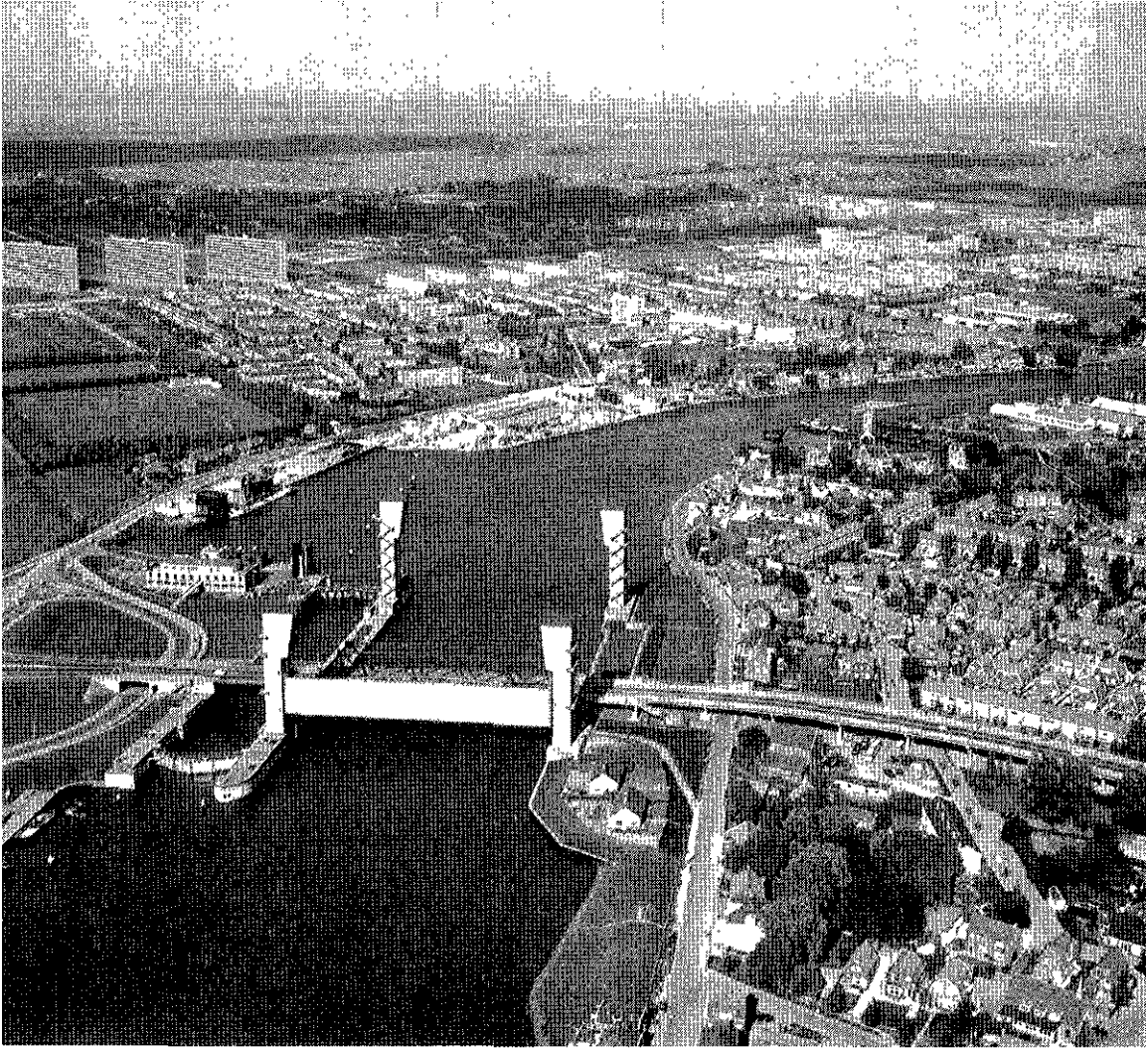
Het niet-gekanaliseerde gedeelte van de Hollandse IJssel, dat een belangrijke zoetwaterleverancier is voor grote gedeelten van Noord- en Zuid-Holland, heeft een getijvermogen van ongeveer 10 miljoen m³. Het tijverschil in de mond bedraagt 1,70 m. De twintig kilometer lange rivierarm maakt dus volledig deel uit van het getijdesysteem.

In 1953 zijn hier riskante situaties opgetreden. Achter Schielands Hoge Zeedijk woonden toen al 2 miljoen mensen. Het gevaar voor deze bevolking was eigenlijk pas afgewend toen de dijk doorbrak aan de andere zijde, bij Ouderkerk aan den IJssel. Er trad daarna spoedig een peilverlaging op van 15 cm, waardoor de ergste druk op de dijk aan de rechteroever werd weggenomen.

Schielands Hoge Zeedijk gold tot aan het tot stand komen van de stormvloedkering als de primaire zeewering voor het gehele centrale gedeelte van de randstad. De bevolkingsagglomeratie daar is sedert 1953 nog aanzienlijk toegenomen: men denke alleen al

aan de uitbreidingen van de gemeente Rotterdam in de Alexander- en de Zuidplaspolder, die liggen op het zeer lage peil van respectievelijk N.A.P. -- 6,30 en 5,50 m. De Deltacommissie heeft destijds gemeend dat de bouw van een beweegbare stormvloedkering aan dit grote, druk bevolkte en economisch belangrijke gebied de meest volledige beveiliging tegen stormvloeden zou verschaffen. De bestaande dijken, die na 1953 nog aanzienlijk waren verbeterd, zouden daarbij als tweede waterkering blijven fungeren achter een nieuwe, zeer compacte verdediging in de mond van de rivierarm. Bij de gekozen oplossing bleven de omstandigheden voor de scheepvaart en de mogelijkheden voor de langs de Hollandse IJssel gevestigde scheepsbouw vrijwel ongewijzigd. Voor de perioden waarin de stormvloedkering gesloten zou zijn, moest daartoe een schutsluis naast de kering gebouwd worden. Bij al deze constructies werd meteen een wens vervuld die allang leefde: de Hollandse IJssel werd aan de mond overbrugd. In het volgende wordt voornamelijk aandacht besteed aan de eigenlijke stormvloedkering.

De kering van het water komt tot stand doordat men één schuif, dan wel beide schuiven sluit. De schuiven rusten dan met hun uiteinden tegen de betonconstructies aan beide zijden van de rivier, terwijl aan de onderzijde een vrijwel volledige afdichting tot stand komt op gewapend betonnen drempels die zijn aangebracht op de bodem van de rivier. Het doorstroombestend profiel van de stormvloedkering wijkt in open toestand nauwelijks af



De stormvloedkering in de
Hollandse IJssel in zijn oude
gedaante

van dat van het oorspronkelijke, zodat er geen voor de scheepvaart hinderlijke stroom-effecten optreden. De hoogte waarop de schuiven in geopende toestand hangen is zo gekozen dat de normale rivierscheepvaart altijd kan passeren. Slechts hoge schepen en bijzondere transporten behoeven te passeren door de schutsluis. De basculebrug over de schutsluis maakt dat er in de sluis geen beperkingen zijn aan de doorvaarthoogte. De eerst aangebrachte, en achttien jaar lang enige schuif placht gesloten te worden wanneer uit de weers- en getijvoorspellingen viel af te leiden dat het waterpeil met de volgende vloed zou oplopen tot boven N.A.P. + 2,50 m. De sluitingsmanoeuvre werd dan uitgevoerd op de laagwaterkentering die aan de hoge vloed voorafging. Tijdens een kentering is er namelijk vrijwel geen stroming

aanwezig, en daardoor wordt voorkomen dat de dalende schuif door het water in trilling zou worden gebracht. De lage waterstand geeft daarnaast de grootste zekerheid dat de schuif ook inderdaad op de drempel terecht komt, terwijl tevens wordt gegarandeerd dat de waterstand op de Hollandse IJssel in de periode na de sluiting laag zal blijven.

De scheepvaart moet zolang de stormvloedkering gesloten blijft, zijn weg nemen via de schutsluis, om aldus het waterstandsverschil aan weerszijden van de kering te overwinnen. Komen er hoge schepen door de sluis, dan moet de brug open, wat hinder inhoudt voor het wegverkeer. Het is dus zaak, het aantal sluitingen van de stormvloedkering zo klein mogelijk te houden, zonder evenwel de veiligheid in gevaar te brengen. Het besluit om de stormvloedkering te sluiten

Het inhangen van de tweede schuif



moest echter, zolang men alleen beschikte over de in 1958 aangebrachte schuif, altijd genomen worden minstens een half getij voordat de verwachte hoge waterstand werkelijk zou optreden. Het kwam daardoor natuurlijk nogal eens voor dat de kering achteraf bleek voor niets gesloten te zijn geweest, omdat de kritieke stand van N.A.P. + 2,50 m niet werd bereikt. Uit tellingen blijkt, dat in feite slechts één op de zes sluitingen ook werkelijk nodig was.

Van verschillende kanten is het verzoek gedaan om dit weinig efficiënte beheer te verbeteren. Maar daar zaten nogal wat haken en ogen aan. Om aan de wensen tegemoet te komen zou men een methode moeten vinden om de tijdsafstand tussen de sluiting en het optreden van de hoge waterstand te verkleinen. Er zou dan gesloten kunnen worden met een veel grotere zekerheid dat de kritieke waterstand ook inderdaad ging optreden. Men zou dus moeten gaan sluiten terwijl het al opkomend water was, dus niet in praktisch stilstaand water, maar op stroom. Van zo'n manoeuvre zijn echter riskante effecten te verwachten, zowel op de schuif zelf als op de waterbeweging. De schuif zou in trilling kunnen geraken, en de sluiting tijdens de vloed zou op de Hollandse IJssel een translatiegolf kunnen veroorzaken, die mogelijk hinder zou kunnen oproepen voor de scheepvaart. Daarenboven zou de waterstand op de tijdelijk afgesloten IJssel ook hoger zijn dan voorheen in zulke gevallen. Er werd derhalve een onderzoek ingesteld naar de vraag hoe laat men nog zou kunnen overgaan tot sluiting zonder onaanvaardbare effecten op te roepen. Uit het onderzoek bleek allereerst dat bij binnenwaterstanden tussen N.A.P. en N.A.P. + 1,50 m een verval over de sluitende kering kon worden aanvaard van twee meter. Liep de binnenwaterstand hoger op, dan konden slechts kleinere vervallen worden geaccepteerd. De translatiegolf bleek te kunnen worden beperkt wanneer het eerste deel van de sluitingsbeweging werd uitgevoerd met eenparige snelheid, en wanneer er in het tweede gedeelte werd gezorgd voor een lineaire vermindering van het debiet. De snelheid van de schuif zou daartoe gedurende het tweede gedeelte continu moeten worden gewijzigd in afhankelijkheid van het verticale getij, de waterstand bij het begin van de sluiting en de sluitingsduur, kortom, een ingewikkelde afhankelijkheid, die dreigde moeilijk uitvoerbaar te zijn. Maar er was een eenvoudiger oplossing. Men vond dat er slechts een onschuldige translatiegolf ontstaat wanneer

de schuif over de laatste 2,5 m zakt met geringe snelheid. Die geringe snelheid is het gemakkelijkst te realiseren, door de schuif na een kleine daling telkens een paar minuten te laten stoppen.

Tenslotte het trillingsbezwaar. Het bleek mogelijk de vorm van de onderaanslag en van de zij-afdichtingen zodanig aan te passen dat er geen hinderlijke trillingen in de schuif worden opgewekt. De nieuwe vormgeving noodzaakte overigens tot verhoogde zorg voor de bodembescherming aan beide zijden van de schuif, om te voorkomen dat de rivierbodem zou worden aangetast door de stromingen tijdens het laatste deel van de sluiting.

De bovenvermelde onderzoeksresultaten zijn verwerkt in de constructie van de tweede schuif. De elektrische besturing van de sluitinstallatie maakt het mogelijk de laatste 2,5 m van de sluiting te voltrekken in een tiental stappen, die gezamenlijk 40 minuten duren. De onderrand van de nieuwe schuif werd niet, zoals bij de eerste, uitgevoerd als een stevige houten aanslagbalk, maar ze kreeg een zo scherp mogelijke eindvorm, waardoor het trillingsgevaar in stromend water in beslissende mate afnam. De nieuwe schuif maakt het dus mogelijk tijdens stroom te sluiten, en dus op een latere, meer adequate voorspelling van wat het getij gaat doen. Het ligt in de bedoeling, de 'tweede' schuif als eerste te gebruiken, en de oudste schuif naderhand in het tot stilstand gekomen water neer te laten. Het openen geschiedt natuurlijk in omgekeerde volgorde.

Constructieve kenmerken

Beide schuiven zijn ruim 80 meter breed en 11,5 m hoog. De drempels liggen op N.A.P. - 6,50 m, en de schuiven steken dus als ze gesloten zijn, nog een flink eind boven het water uit. De bovenkant ligt op N.A.P. + 5 m. Ze kunnen dan een waterstandsverschil te keren hebben van 5 m, namelijk wanneer het buiten N.A.P. + 5 m is, en binnen N.A.P. De schuiven kunnen, al zijn ze daar in eerste aanleg niet op ontworpen, ook negatieve vervallen keren, en wel een buitenwaterstand van N.A.P. - 1,00 m tegenover een binnenwaterstand van N.A.P. + 1,75 m, een totaal verval dus van 2,75 m. Deze eigenschap is van belang gebleken bij het gebruik van de stormvloedkering als zoutwering, waarover straks nog iets meer. De schuiven zelf bestaan uit verstijfde staaf-boogconstructies, opgebouwd uit een verti-



cale wand waaraan twee horizontale verstijvingsliggers zijn bevestigd die gesteund worden door boogliggers. Deze laatste voeren de horizontale waterbelasting af naar de twee zijschotten, die ze op hun beurt overdragen aan de betonconstructies of aan de afdrukinrichtingen. Aan de eindschotten zijn ook de kabels bevestigd die leiden naar de contragewichten. Zijn de schuiven neergelaten, dan rusten ze ook middels deze eindschotten op de bodembalk.

De stormvloedkering als zoutwering

De Hollandse IJssel fungeert als een belangrijke aan- en afvoerweg van polderwater in grote delen van Zuid- en Noord-Holland.

Handhaving van de boezempeilen betekent dat er vooral in de zomermaanden water moet worden ingelaten. Er daarbij speelt de Hollandse IJssel een belangrijke rol: 90% van de inlaat van het hoogheemraadschap van Rijnland bijvoorbeeld komt voor rekening van deze rivierarm. In de afgelopen zeer droge zomer is de behoefte aan inlaatwater tot recordhoogte gestegen. Alleen al om de verdamping in het hoogheemraadschap Rijnland te compenseren moest in de eerste helft van juli 25 m³ per seconde worden aangevoerd. Maar ook in jaren met meer gemiddelde omstandigheden wordt door Rijnland alleen een hoeveelheid water ingenomen die gelijk is aan vijftien tot twintig maal de inhoud van de Hollandse IJssel, namelijk 150 tot 200 miljoen m³. Dit betekent dat de Hollandse IJssel als waterleverancier bij gesloten stormvloedkering al na enige dagen zou zijn uitgeput. In droge perioden is dus overleg noodzakelijk tussen de hoogheemraadschappen en de Rijkswaterstaat. Daarnaast is er echter de kwestie van het zoutgehalte van het IJsselwater. In vroeger jaren lag het zoutgehalte van het water dat aan de Hollandse IJssel werd onttrokken doorgaans beneden de 100 mg Cl⁻/l. De laatste jaren echter kan het gedurende de zomermaanden langdurig schommelen tussen de 200 en 250 mg/l.

De kwaliteit van het water in de Hollandse IJssel is goeddeels afhankelijk van de kwaliteit en kwantiteit van het Rijnwater. Als de Rijn te weinig water afvoert, dan betekent dat dat de grens tussen het door de zee verzilte water en het rivierwater te ver kan opdringen in de richting van de IJsselmond.

Men moet zich de kritieke-zoutgrens voorstellen als gedurig aan de wandel over de

Nieuwe Waterweg, onder normale omstandigheden tussen de Botlek – bij laagwater – en de Brienenoordbrug – bij hoogwater. Bij iedere extra verhoging van het getij echter, hetzij door astronomische invloeden hetzij door meteorologische, of door elke vermindering van de oppervlatafvoer die tegenwoordig moet leveren tegen de zouttong, schuift de lijn van 300 mg Cl⁻/l landinwaarts op, tenzij er ook een verhoogd tegeneffect tegenoverstaat, bijvoorbeeld een extra laag getij. Het kan daarbij zover komen dat de zoutgrens hoger komt te liggen dan het splitsingspunt Nieuwe Maas–Hollandse IJssel. Terwille van de kwaliteit van het in te laten water kan men dan overgaan tot sluiting van de stormvloedkering. Nu komt een lage rivierafvoer echter doorgaans voor gedurende een enigszins lange periode. Al die tijd ontmoet het zoute zeewater onvoldoende tegendruk, en al die tijd zou de stormvloedkering dan ook gesloten moeten worden gehouden. Maar dat heeft, zoals eerder opgemerkt, het bezwaar dat het daarna spoedig afgelopen is met de watervoorraad waarover men achter de kering kan beschikken. Bovendien komen er lozingen van afvalwater op het dan afgesloten water uit, zodat er stankoverlast kan ontstaan op de Hollandse IJssel. Als de kritieke zoutgrens tot voorbij de mond van de Hollandse IJssel opdringt ten gevolge van extra hoge getijstanden door opwaaiing, levert dat in zekere zin minder bezwaar op; dit verschijnsel is namelijk doorgaans van betrekkelijk korte duur.

De procedure die is afgesproken voor het gebruik van de stormvloedkering is tot nog toe als volgt geweest. Wanneer door wat voor oorzaak dan ook de kans groot werd geacht dat de kritieke zoutgrens in het komende etmaal boven de IJsselmond zou komen, dan werd op het eerstvolgende hoogwater de stormvloedkering gesloten. Bij sluiting op laagwater zou de lage waterstand die men daarna overhield op de IJssel, nadelig werken: het was dan onmogelijk aan de afgesloten Hollandse IJssel water te onttrekken, wilde men ooit weer bij gelijke waterstand kunnen overgaan tot trekken van de schuif. Nu de tweede schuif er is, die ook tijdens stroom kan worden gesloten, zijn de genoemde bedrijfsbeperkingen weggevallen, en kan men gunstiger aanvangsvoorwaarden scheppen waarmee een 'zoute periode' met gesloten schuif kan worden overleefd. Ook in het opzicht van zoetwaterbeheer betekent de nieuwe schuif dus een belangrijke vooruitgang.

De wegverbindingen over het Hellegatsplein

In de maand juni van het afgelopen jaar werd het gedeelte van rijksweg 19 tussen de Haringvlietbrug en de overbrugging van het sluizencomplex in het Volkerak voor het verkeer opengesteld. Opnieuw was daarmee een fase afgerond in de uiteindelijke vormgeving van het Hellegatsplein, dat fungeert als knooppunt van de rijkswegen 18 en 19. Met de aanleg van dit wegenknooppunt middenin het water werd zo'n twintig jaar geleden een begin gemaakt. Maar het Hellegatsplein is niet met het oog op de wegen aangelegd. Het ging primair om de aanleg van een secundaire Deltadam; deze dam kon echter tevens dienen om een deel van de Zuidhollandse en Zeeuwse eilanden en van West-Brabant uit hun isolement te verlossen, dat wil zeggen, vanuit de Randstad gemakkelijk toegankelijk te maken.

In 1957 kwam de werkhaven te Willemstad gereed, en daarna kon het werk aan de afdamming en aan de aanleg van het verkeerseiland een aanvang nemen. In 1958 en 1959 kwam de secundaire dam over de Hellegatsplaten klaar. Hij vormde een deel van de afsluiting tussen het Haringvliet en het Volkerak, maar tevens de ondergrond voor de aardebaan waarop aan de Flakkeese kant de toerit zou komen naar de brug bij Numansdorp over het Haringvliet. Aan de Haringvlietzijde van deze dam werd een tuimelkade gemaakt van zand bekleed met asfalt, met een kruinhoogte van N.A.P. + 6,75 m, om de weg op N.A.P. + 5,10 m te beschermen tegen hoge waterstanden en tegen opwaaiing zolang het Haringvliet nog niet afgesloten zou zijn.

In 1964 werd op de aan de Volkerakzijde gelegen brede berm één hoofdrijbaan met

twee rijstroken van asfaltbeton aangelegd, en een 5 m brede parallelweg van klinkers. In dat jaar kwam ook de brug over het Haringvliet gereed. De wegverbinding Hoekse Waard-Flakkee kon toen in gebruik worden genomen.

Inmiddels was men begonnen met de bouw van twee schutsluizen in het Volkerak. Deze sluizen konden in 1967 worden opgeleverd.

Twee jaar later werd de laatste caisson geplaatst in het resterende sluitgat.

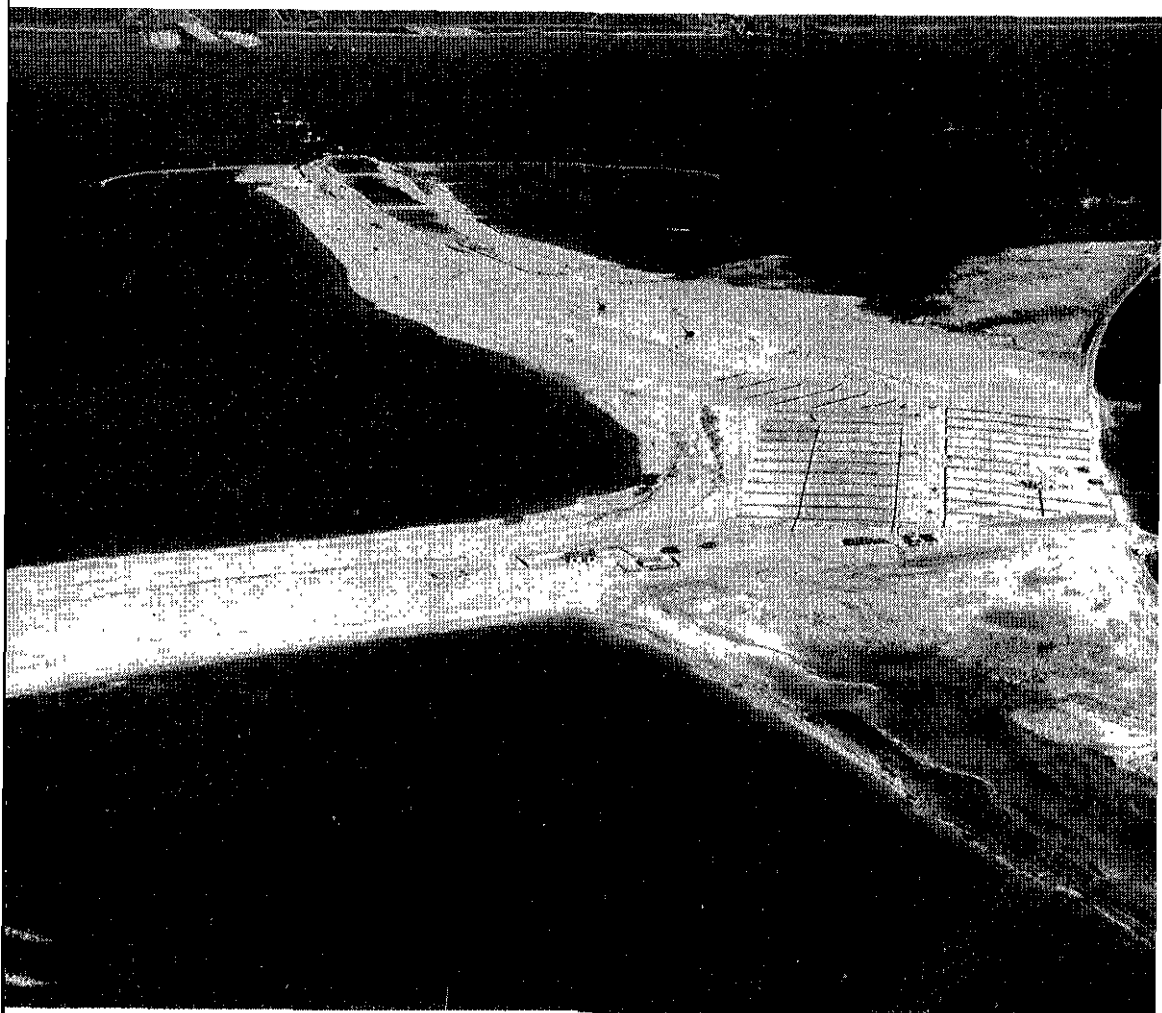
Zodra de caissons waren gesloten werd begonnen met het opspuiten van het Hellegatsplein. Toen daar in 1970 de asfaltwegen op waren uitgevoerd, kon de verbinding met Brabant tot stand worden gebracht. Deze verbindingsweg, die later werd uitgebreid tot een verkeersweg van 2 x 2

rijstroken en daarnaast een parallelweg, had destijds een bochtig tracé vanwege het feit dat hij liep over de zuidelijke ringdijk van de bouwput voor de Inlaatsluis en de jachtensluis. Er kwam een gelijkvloerse met stoplichten beveiligde T-aansluiting tot stand tussen deze weg en de eerder genoemde verbinding Hoekse Waard-Flakkee. Voor de definitieve tracés van de wegen werden intussen zoveel mogelijk de aardebanen aangelegd als deel van het opspuitwerk op het Hellegatsplein. De bedoeling was dat er uiteindelijk een driehoekig verkeersknooppunt op het eiland zou ontstaan met ongelijkvloerse kruisingen. Een 'snavelbek' heet dat verkeerstechnisch. De verbinding tussen de Hoekse Waard en Noord-Brabant - rijksweg 19 - was daarbij ontworpen als doorgaande weg, met een horizontale straal van 1500 m. Er zouden op het plein geen lokale aansluitingen gemaakt worden. Alle recreatieve

bestemmingen op het plein zouden uitsluitend bereikbaar worden gemaakt vanaf de parallelweg.

De verticale belijning van rijksweg 19 eiste zeer veel ruimte, vanwege de grote doorvaart-hoogte die werd aangehouden voor de jachtensluis; niet minder dan 19 m. Dat hield in dat de bovenkant van de weg daar op N.A.P. + 22 m moest komen te liggen. Deze hoge brug sloot aan op de verlengde overbrugging van de noodzakelijk gebleken derde schutsluis op N.A.P. + 17,40 m. Maar de grote vrije doorvaarthoogte van de nieuwe jachtensluis is zeker in het belang van de weggebruiker. Tot nu toe betekende passage van elk jacht met meer dan 14 m masthoogte een brugopening; in juli 1975 waren er bijvoorbeeld gemiddeld 20 brugopeningen per dag. *Dit is voor een rijksweg die in de toekomst*

Het verkeersplein op de Hellegatplaten in aanbouw.
Opname van februari 1962



een directe verbinding gaat vormen met Antwerpen onaanvaardbaar, temeer daar 3,5 km noordwaarts weer een beweegbare brug ligt, namelijk de brug over het Haringvliet, en de weggebruiker dus binnen enkele minuten twee keer voor een op aanvraag omhoog gedraaide brug kan komen te staan. Men verwacht echter nu de passage tot 19 m vrij is, dat er bijvoorbeeld zelfs in 1990 in de maand juli niet meer dan 1 of 2 brugopeningen per dag voor de pleziervaart nodig zullen zijn.

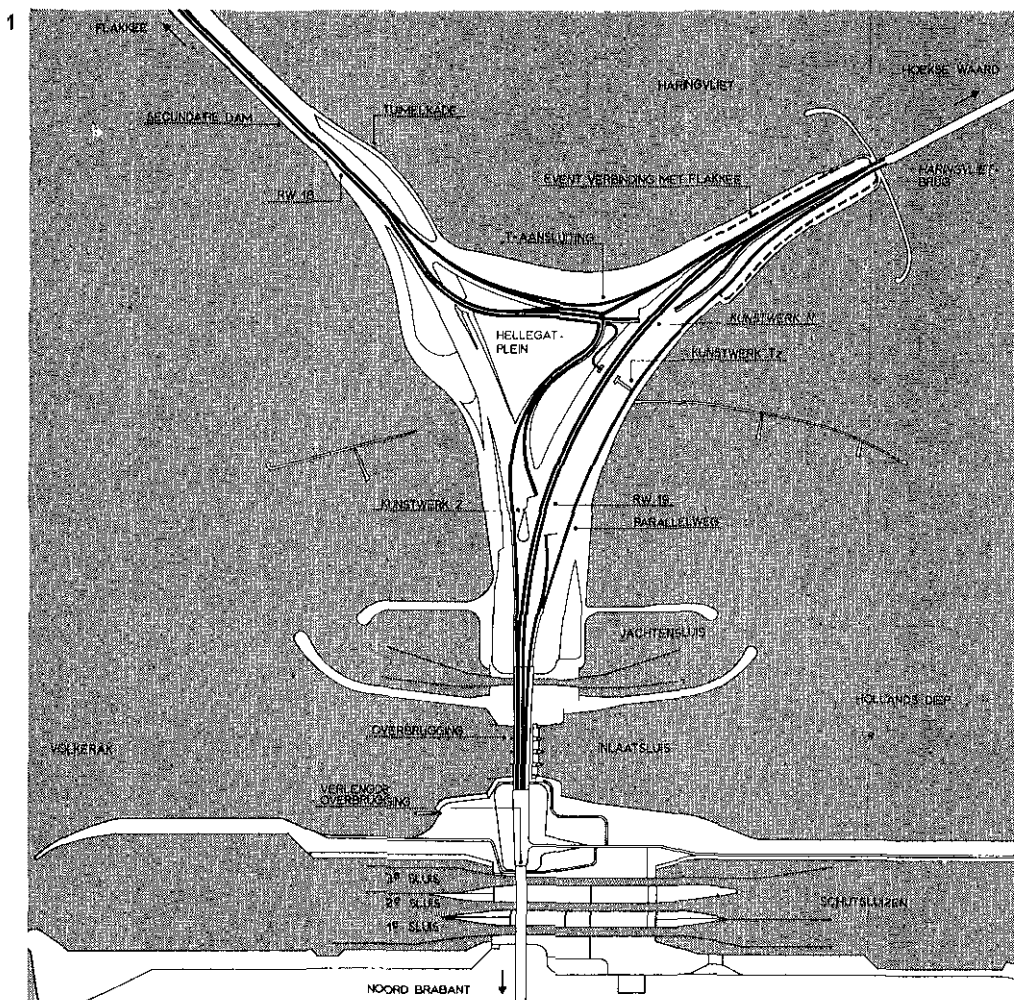
Dwarsprofiel

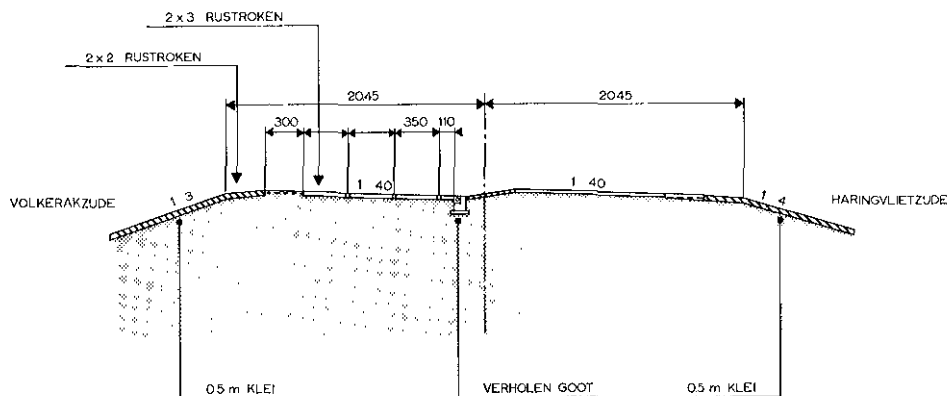
Rijksweg 19, nu uitgevoerd met 2 x 2 rijstroken, is wat het grondwerk betreft geschikt voor 2 x 3 rijstroken. Hiermee is met de asfaltverharding nu reeds rekening gehouden, doordat men de thans aanwezige

Fig. 2 Dwarsprofiel van rijks-
weg 19

Foto: de dam over de Hellegat-
pieten

Fig. 1. Overzicht van het
Hellegatsplein





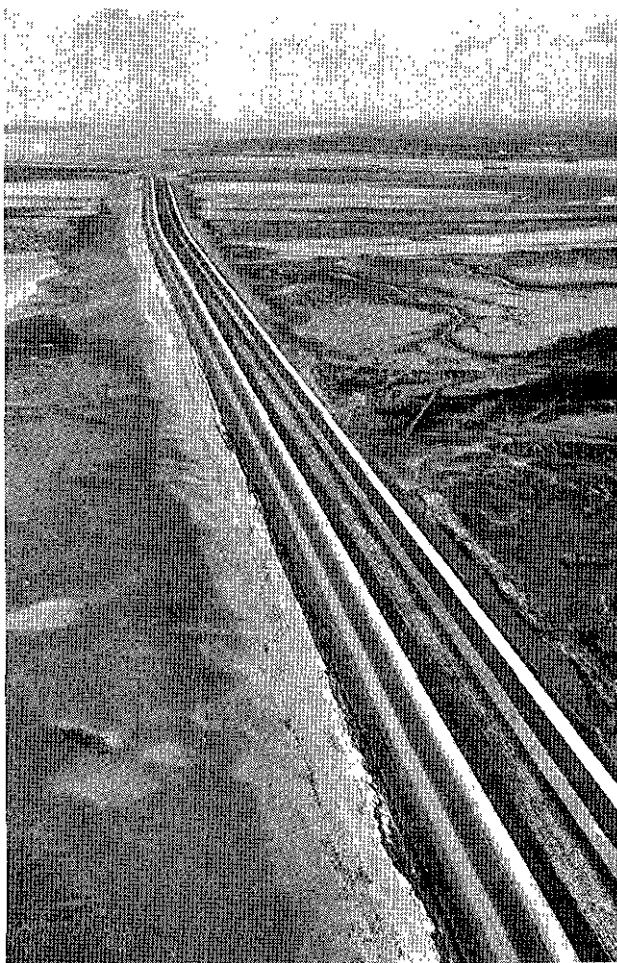
vluchtstrook de breedte heeft gegeven van een toekomstige derde rijstrook, om in de toekomst een langснаad in deze strook te voorkomen.

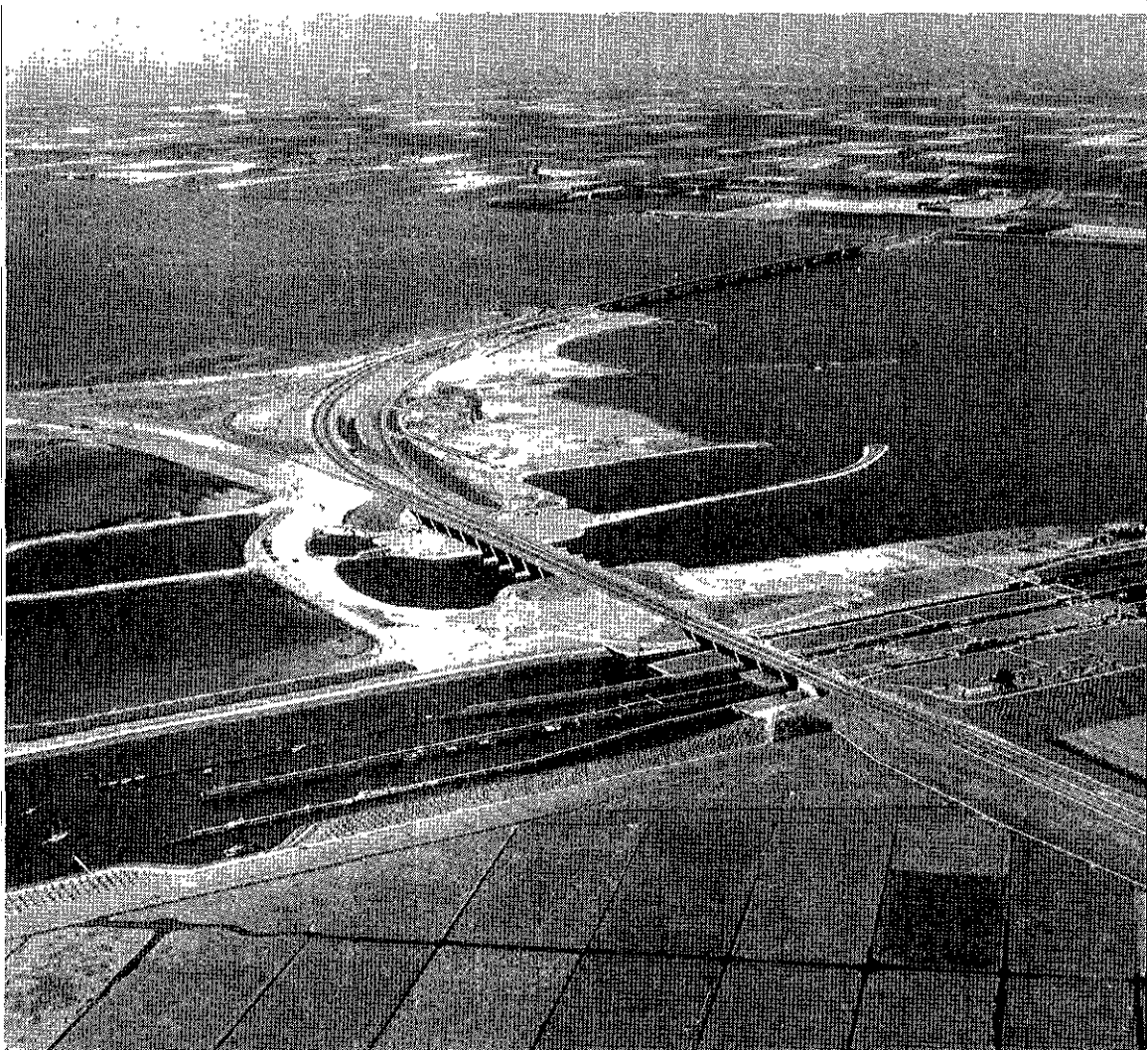
Verbreding tot 2 x 3 rijstroken op de Haringvlietbrug is echter pas mogelijk indien de thans aanwezige 5 m brede parallelweg op die brug kan vervallen.

Het dwarsprofiel van de brug over de schutsluizen is wel geschikt voor 2 x 3 rijstroken, weliswaar dan zonder vluchtstroken, met instandhouding van de parallelweg. De overige verbindingswegen op het plein bestaan uit 2 rijstroken met een vluchtstrook. De verlegde parallelweg tussen de overbrugging en de Haringvlietbrug heeft een asfaltbreedte van 5 m.

Rijksweg 19 wordt geleid over verkeerskokers in de verbindingswegen Flakkee – Hoekse Waard en Brabant – Flakkee; de parallelweg gaat door een afzonderlijke koker. Deze drie kunstwerken konden zonder meer op staal worden gebouwd; in één geval was een grondverbetering van 3 m nodig.

De onderdoorgangen N en Z (zie fig. 1), die een lengte hebben van 120 m, zijn 15,50 m breed. Hierin is begrepen een extra breedte voor de nodige zichtlengte, daar de kokers zijn gelegen in horizontale stralen van 400 en 580 m. Bovendien zijn de kokers al op ruime afstand herkenbaar door hun lange vleugelmuren, die in een zeer opvallende rode kleur zijn geschilderd. De kunstwerken zijn vanwege hun lengte ook nog voorzien van een dag- en nachtverlichting. De directe werkzaamheden tot realisering van de huidige wegverbindingen op het plein zijn in feite begonnen in 1972 met de verlenging van de overbrugging van de schutsluizen in





verband met de bouw van de derde schutsluis. Hiertoe werd het verkeer ruim een jaar lang over drie bailybruggen geleid. Tegelijk werden een inlaatsluis en een jachtensluis gebouwd, de in rijksweg 19 gelegen overbrugging, en de eerder genoemde verkeerskokers.

Om het verkeer zo weinig mogelijk hinder te laten ondervinden van de werkzaamheden en omgekeerd moest het verkeer verscheidene malen worden omgelegd. Om voldoende zand uit de zuidelijke ringdijk te kunnen vrijmaken en de continuïteit van de graafwerkzaamheden te verzekeren moest op een gegeven moment worden besloten om het verkeer in twee richtingen door de zuidelijke verkeerskoker te laten rijden, waarvoor per richting één rijstrook beschikbaar was. Ondanks het bochtige tracé en spitsuur-intensiteiten van zo'n 1350 auto's per uur gaf dit geen moeilijkheden.

Op 27 maart 1976 zou de eerste stroming van het verkeer over de Moerdijkbrug optreden door het plaatsen van een nieuw brugdeel. Te verwachten was dat dit een aanzienlijke vergroting van het verkeersaanbod op het plein ten gevolge zou hebben. Daarom is er – en met succes – naar gestreefd om voor die datum weer 2 x 2 rijstroken voor het verkeer te kunnen openstellen. Hiertoe werd de nieuwe oprit in de verbinding naar Brabant aangesloten op de reeds van asfalt voorziene overbrugging van de inlaat- en de jachtensluis.

Nadien ging men verder met de afwerking en het asfalteren van de aardebaan van rijksweg 19 en de verbindingswegen in de richting van de Haringvlietbrug. De asfaltconstructie van de hoofdrijbanen bestaat uit twee lagen grindasfaltbeton, 8 en 6 cm dik, en een 4 cm dikke laag open asfaltbeton. De parallelwegen bestaan uit één laag grindasfaltbeton van 7 cm en een laag open asfaltbeton van 4 cm. In een later stadium zullen alle wegen nog van een toplaag worden voorzien.

Daar na de doortrekking van rijksweg 19 alleen nog maar het verkeer van Brabant naar Flakkee en van Flakkee naar de Hoekse Waard en omgekeerd van de T-aansluiting gebruik zou maken, is ook deze aansluiting gereconstrueerd.

Hiertoe was reeds eerder de parallelweg ter plaatse verlegd. Ook werd een herstelmogelijkheid voor foudrijders ingebouwd. Deze T-aansluiting, ook weer van verkeerslichten voorzien, draagt overigens een tijdelijk karakter. Wanneer namelijk ook rijksweg 18 door het afgraven van de tuimelkade op de

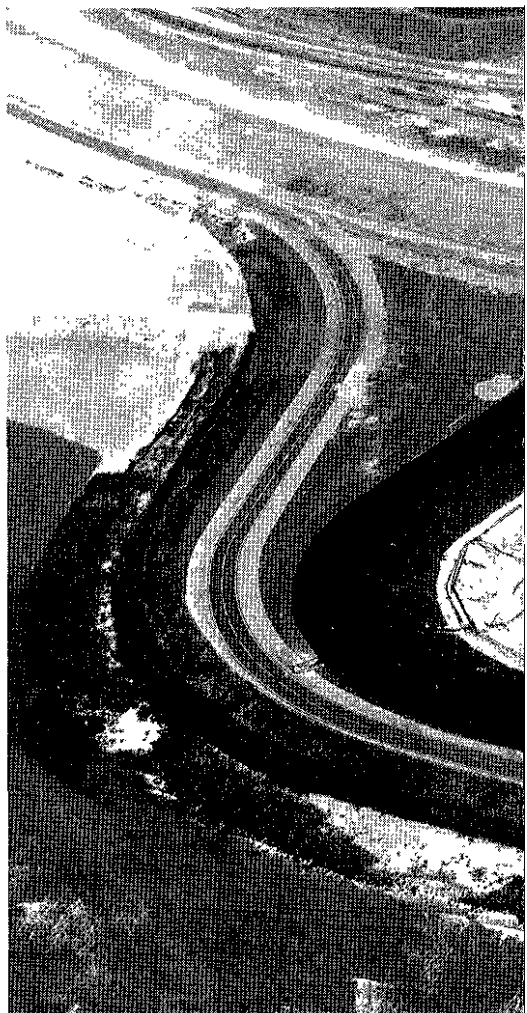
Hellegatdam tot 2 x 2 rijstroken kan worden verbreed en de twee nog te maken kunstwerken op het Hellegatsplein kunnen worden gebouwd, kan deze T-aansluiting vervallen. Voor de bouw van het viaduct over rijksweg 18 is al bij voorbaat een slag gelegd in de verbindingsweg tussen de de Hoekse Waard en Flakkee.

De doorlaatsluis in de Brouwersdam in zijn laatste uitvoeringsfase

Al eerder werden in dit tijdschrift de functies en het ontwerp van de doorlaatsluis in de Brouwersdam besproken (Bericht 71, februari 1975). De bouw is thans zover gevorderd dat de laatste onderdelen van het kunstwerk, het aanvullen van de bouwput en het doorbaggeren van de ringdijk, zijn aanbesteed. Ze zullen in 1977 worden uitgevoerd in combinatie met een kustsuppletie bij de Kop van Goeree.

De doorlaatsluis in de Brouwersdam zal fungeren als belangrijke 'kraan' voor het beheer van het Grevelingenmeer. Als men het Grevelingenmeer zoet wil maken, kan de sluis dienen als lozingsmiddel. Bij een zout Grevelingenmeer dient hij gecombineerd met een lozingsmiddel in de Grevelingendam als inlaatmiddel, zodat een west-oost gerichte zoute doorspoeling kan worden ingesteld, of als lozingsmiddel, als men liever een oost-west gerichte zoute doorspoeling zou willen hebben. Een nog te bouwen sluis in de Grevelingendam is daarbij dan als inlaatmiddel nodig.

Door de beslissing die is genomen over de Oosterschelde is het tegelijk komen vast te staan dat het Grevelingenmeer tenminste tot 1986 zout zal blijven. Verzoeting kan immers pas plaatsvinden nadat de Philipsdam en de Oosterdam zijn gesloten en het Zoommeer ontzilt is. Door de bouw van een inlaatsluis in het noordelijk deel van de Grevelingendam kan daarna eventueel zoet water uit het Zoommeer in het Grevelingenmeer worden ingelaten. In ieder geval zal er tot 1986 naar gestreefd moeten worden het Grevelingenmeer zo goed mogelijk zout te houden. Of het na 1986 zout zal blijven of zoet moet worden, hoeft nu nog niet te worden beslist.



Het beheer van het Grevelingenmeer maakt in ieder geval ook de aanleg nodig van een doorlaatwerk in de Grevelingendam, aan de oostzijde van het bekken.

De situering van deze sluis is afhankelijk van de vraag of het Grevelingenmeer uiteindelijk een zout of een zoet meer zal worden. Bij een zoet Grevelingenmeer moet het doorlaatwerk *in het noord-oostelijk deel van de Grevelingendam aangelegd worden*, maar blijft het meer zout dan moet de sluis zorgen voor verbinding met de open Oosterschelde, en dat betekent dat hij in het zuid-westelijk deel van de Grevelingendam moet komen. Omdat de definitieve keuze tussen een zout en een zoet Grevelingenmeer nog niet gemaakt is, zal ook het definitieve doorlaatwerk in de Grevelingendam nog niet gebouwd kunnen worden. Dit zou betekenen dat het zoutgehalte

en het peil van het zoute Grevelingenmeer tot 1986 hoofdzakelijk met behulp van de sluis in de Brouwersdam geregeld moeten worden. Het zal evenwel moeilijk zijn in het zoute Grevelingenmeer een voldoende hoog zoutgehalte van ongeveer 16 000 mg Cl/l te handhaven met alleen de doorlaatsluis in de Brouwersdam. Dit noodzaakt er toe, die sluis afwisselend enige tijd als inlaatmiddel en als lozingsmiddel dienst te laten doen, met andere woorden peilvariaties toe te laten op het Grevelingenbekken. Er zullen dan weer peilschommelingen van enige decimeters optreden op het Grevelingenmeer. De verversing van het oostelijk deel van het meer zal bij deze maatregelen mogelijk wat achterblijven. Om toch ook het oostelijk deel van het bekken te kunnen verversen wordt thans overwogen voor de periode tot 1986, waarin het



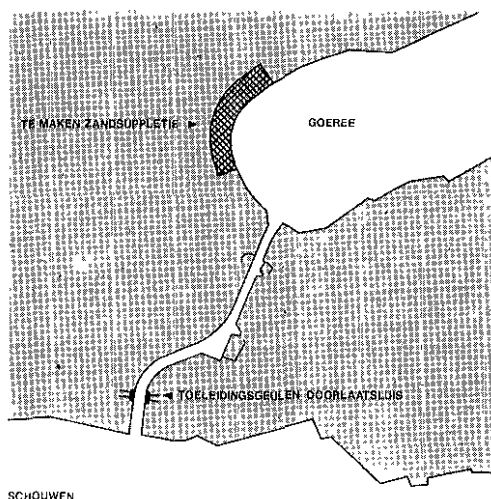


Fig. 1. Situatie van de uit te voeren werken

Fig. 2. Overzicht van de ligging van de sluis en van de toeleidingsgeulen

Grevelingenmeer dus in ieder geval zout zal blijven, een tijdelijk doorlaatwerk in de Grevelingendam aan te leggen met een beperkte capaciteit van 20 à 30 m³/sec. Daarnaast wordt onderzocht of misschien tijdelijk volstaan kan worden met aanvullende spuivoorzieningen bij de schutsluis te Bruinisse

In ieder geval zal de doorlaatsluis in de Brouwersdam onmiddellijk na de ingebruikneming in januari 1978 afwisselend als inlaat- en lozingsmiddel moeten functioneren. Dit is overigens mogelijk gemaakt door het ontwerp van de sluis, omdat de bodembeschermingen aan weerszijden zowel de functie van ontvangbed als van stortebed kunnen vervullen.

De eerste maanden van het operationeel gebruik van de sluis zullen de uit het modelonderzoek afgeleide afvoercharacteristieken voor infaten en lozen aan de werkelijkheid worden getoetst. Op grond van die ijking kunnen dan bedieningsinstructies worden opgesteld.

Het betonwerk van de twee sluiskokers van de doorlaatsluis, elk 195 m lang, en ook dat van de vissluis, was eind 1976 vrijwel voltooid.

Aan de zeezijde van de sluis was een 121 m lang stortbed aangebracht van zware stortsteen. Het betonwerk van het schuiven- en bedieningsgebouw onder de kruin van de dijk is nog niet helemaal klaar, maar het moet in maart 1977 zover gevorderd zijn dat de schuiven in de kokers geplaatst kunnen worden.

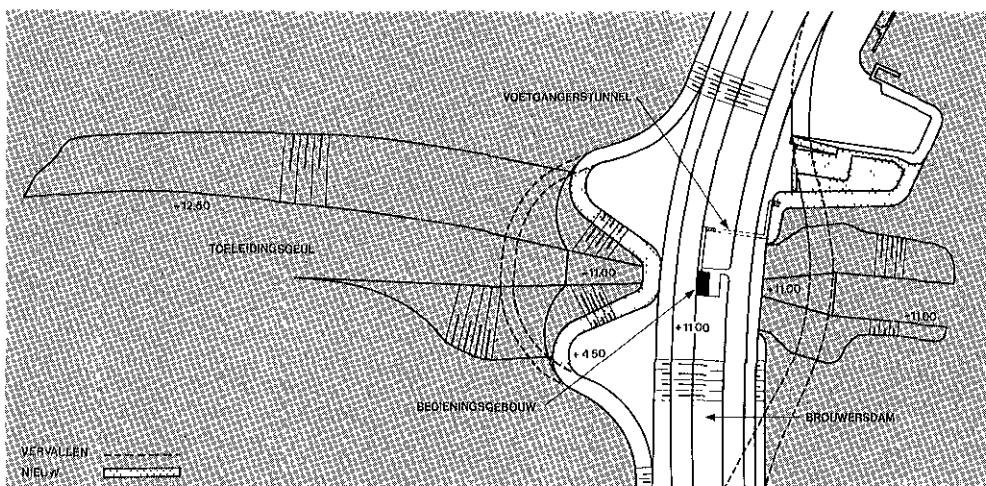
Zijn de hoofdschuiven in de sluiskokers geplaatst, dan kan de bouwput onder water worden gezet. De bronbemaling, die nu 50

bronnen met een capaciteit van 50 m³/uur omvat, kan dan worden verwijderd. Daarna zal het grondwerk boven de sluiskokers weer aangevuld moeten worden.

De bovenkant van de sluiskokers ligt op N.A.P. - 1 m, en de hoogte die men moet bereiken is N.A.P. + 7 m, zijnde het niveau van de binnenberm van de Brouwersdam. De hoofdrijbaan en de parallelweg, die voor de duur van de sluisbouw zijn omgelegd over de oostelijke ringdijk van de bouwput, moeten weer worden teruggelegd over de binnenberm. Vervolgens zal de oostelijke ringdijk opgeruimd kunnen worden. Eerst worden de bekledingsconstructies verwijderd, en vervolgens baggert men het dijklichaam weg. Van de oostelijke ringdijk en van het stukje toeleidingsgeul dat dan weer gemaakt moet worden, komt 200 000 m³ zand vrij. Het grootste gedeelte van de toeleidingsgeul naar de sluis aan de Grevelingenzijde is reeds eerder gemaakt, en toen gebruikt als zandwingebied voor de ringdijk van de bouwput. Als de ringdijk in het Grevelingenmeer is opgeruimd, moet hier bij wijze van stroomgeleiding aan elke kant nog 100 m damwandscherm geheid worden in het verlengde van de sluiswanden. Tussen deze damwandschermen zal in den natte een stortebed worden aangebracht op N.A.P. - 11 m. Het zal bestaan uit een 50 cm dikke onderlaag van grind en een 1 m dikke laag zware stortsteen 10/300 kg.

Voordat de ringdijk aan de zeezijde kan worden doorgegraven moet het profiel van de Brouwersdam weer helemaal hersteld zijn, met de kruin op N.A.P. + 11 m en de buitenberm op N.A.P. + 5 m.

Voor het aanvullen van de sluis en het

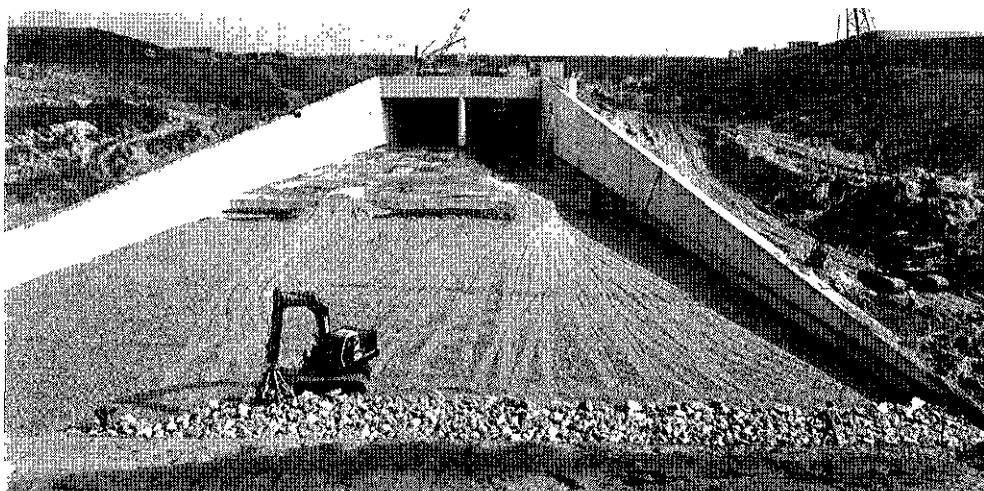


herstel van de Brouwersdam moest ongeveer een half miljoen kubieke meter zand met vrachtwagens teruggedragen worden van de depots op de Middelpaalt en de Kabbelaarsbank, die zijn aangelegd bij het ontgraven van de bouwput.

Deze grondaanvullingen kunnen overigens pas omstreeks maart 1977 gereedkomen, wanneer het betonwerk van het schuiven- en bedieningsgebouw onder de kruin van de dam klaar is. Tenslotte zullen dan weer asfaltbekledingen worden aangebracht. Aan de zeezijde wordt dat vanaf de getijzone tot de buitenberm op N.A.P. + 5 m een met gietaasfalt gepenetreerde stortsteenbekleding, en hogerop een asfaltbetonbekleding.

De aldus herstelde Brouwersdam kan samen met de betonnen sluiskokers en de dubbele

Het stortebed aan de zeezijde tussen de betonnen vleugelwanden. Opname november 1976



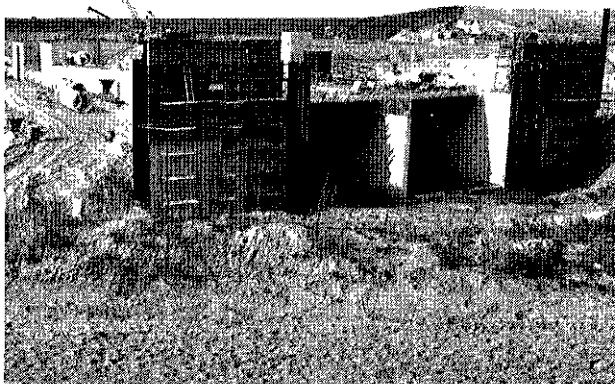


Fig. 3. Duinprofiel bij de
vuurtoren van de Westkop van
Goeree

schuiven in die kokers weer de functie van primaire waterkering overnemen. De ringdijk aan de zeezijde van de bouwput zal dus in de zomer van 1977 doorgebaggerd kunnen worden nadat de asfaltbekleding eraf is gehaald. Bij dit karwei moet 46 000 m² asfaltconstructies worden opgebroken; samen met andere vrijkomende materialen zoals kraagstukken en dergelijke zal het asfaltpuin verwerkt worden in de zuidelijke uitbreiding van het haventerrein op de Middelpaats. Ook aan de zeezijde van de doorlaatsluis moet aansluitend aan het stortbed nog een toeleidingsgeul gebaggerd worden. Deze geul wordt aangelegd op een diepte van N.A.P. - 12,5 m. Bij het eind van het stortbed is hij 60 m breed en dit verloopt tot 120 m op ongeveer 450 m zeewaarts. Met die breedte wordt hij dan verder doortrokken tot de dieptelijn van N.A.P. - 12,5 m op zee. Totaal wordt de geul ongeveer 800 m lang. Bij dit werk komt ongeveer een miljoen m³ zand vrij.

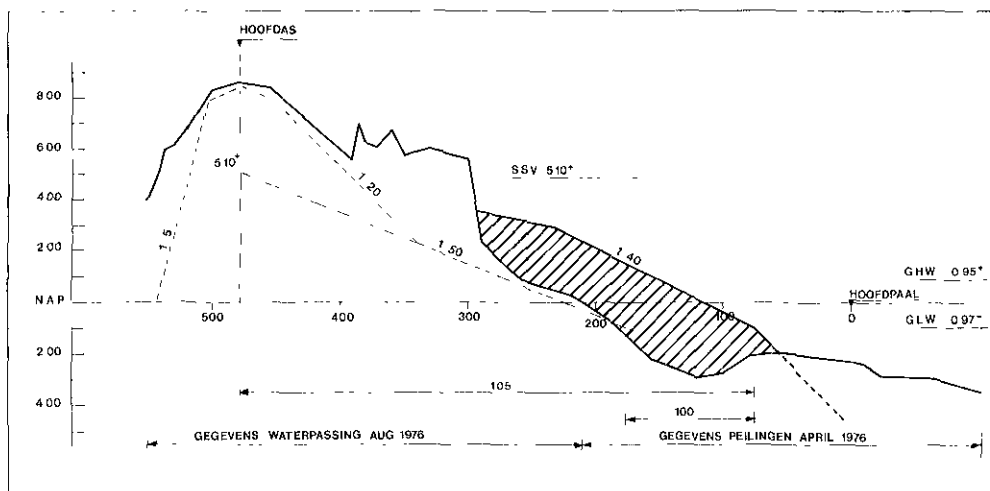
De kustsuppletie bij Goeree

In 1977 komt derhalve bij de werken aan de sluis in de Brouwersdam ongeveer 1 miljoen m³ zand vrij aan de zeezijde en ongeveer 200 000 m³ aan de Grevelingenzijde. Besloten is dit zand te gebruiken voor een kustsuppletie bij het westhoofd van Goeree. In de Berichten 65 (augustus 1973) en 67 (februari 1974) zijn mededelingen gedaan over vorige suppleties bij de kop van Goeree. Uit deze artikelen blijkt dat de kust van het eiland Goeree in de omgeving van de vuurtoren op de westkop sterk aan erosie onderhevig is. Jaarlijks verdwijnt daar 200 000 à 300 000 m³ zand, waarvan een deel elders

langs de kust weer voor enige aangroei zorgt. De laatste zandsuppletie bij het westhoofd van Goeree werd uitgevoerd tussen oktober 1973 en april 1974.

Er werd toen 3 miljoen m³ zand aangebracht waarvan 1,5 miljoen m³ als strandsuppletie en de rest als duinverzwaring. Maar het strand is nu alweer zover geërodeerd dat er niet meer voldaan wordt aan de bij de Delta-werken gestelde normen voor de veiligheid. Er wordt nog op gestudeerd of de kustaantasting bij Goeree in de toekomst bestreden moet worden door regelmatige kustsuppletie of door het afsluiten van het geultje het Schaar met een zanddam dwars op de kust. Het gebruik van het in 1977 bij de doorlaatsluis in de Brouwersdam vrijkomende zand als kustsuppletie heeft als voordeel dat de beslissing nog even kan worden uitgesteld. Bovendien is deze vorm van werk met werk maken financieel aantrekkelijk.

De persafstand vanaf de toeleidingsgeulen bij de sluis in de Brouwersdam naar het westhoofd van Goeree is echter vrij groot, gemiddeld een kilometer of negen. Hierbij zullen zelfs verscheidene tussenstations nodig zijn. Als voor de suppletie echter een afzonderlijk zandwingsgebied gezocht moest worden, zou dit waarschijnlijk nog verder uit de kust op zee hebben gelegen. Zandwinning uit het Grevelingenmeer zoals bij de vorige suppleties is namelijk niet meer toegestaan. Op grond van de ervaringen die zijn opgedaan bij de vorige drie suppleties wordt verwacht dat de hoeveelheid van 1,2 miljoen m³ zand die men nu wil aanbrengen, voldoende is als compensatie voor de kusterosie tot omstreeks 1981. Sinds in 1965 een duindam op de Kop van



Goeree is aangelegd zijn nog de aan de voet van de bladzijde opgesomde suppleties verricht.

De hoge verliezen tijdens de eerste suppletie zijn voor een deel te verklaren doordat het werk in het stormseizoen plaatsvond en deels door de lange uitvoeringsduur van dertien weken. De komende suppletie wordt uitgevoerd in het zomerseizoen, en het tempo ervan zal bepaald worden door het strakke tijdschema van de werken bij de doorlaatsluis in de Brouwersdam. Voor de recreatie op de stranden van Goeree is deze uitvoeringsperiode ongunstig: de strandgedeelten waar gespoten wordt, moeten uit veiligheidsoverwegingen worden afgezet. Er zal naar gestreefd worden het opspuiten zoveel mogelijk in vakken onder te verdelen, zodat niet het hele gebied van ongeveer 3 km voor de volle 2 à 3 maanden afgesloten hoeft te worden. Voor de uitvoering is de zomerperiode met een geringere kans op stormen wel aantrekkelijk; te meer daar vrijwel al het zand dit keer aan de zeezijde van de Brouwersdam moet worden gewonnen.

De ligging van de zuiger in de westelijke toeleidingsgeul naar de doorlaatsluis is op

zich weinig aantrekkelijk, omdat er in deze omgeving geen vluchthavens zijn. De voormalige werkhaven Springersdiep bij de Punt van Goeree is te veel aangezand en te ongunstig gelegen als vluchthaven bij storm. Bovendien zou de vaarafstand over zee om de Middelpaas heen nog ten minste 15 km bedragen.

Gezien de vereiste nauwkeurigheid van de toeleidingsgeulen naar de doorlaatsluis zal het grondverzet met een zeewaardige cutter-zuiger worden uitgevoerd.

	tijdvak	hoeveelheid	verliezen tijdens uitvoering
1e suppletie	winter 1969-1970	400.000 m ³	ca. 50%
2e suppletie	voorjaar 1971	600.000 m ³	ca. 25%
3e suppletie	winter 1973-1974	1.500.000 m ³	ca. 20%
4e suppletie	zomer 1977	1.200.000 m ³	(prognose) 25%

Het werkeiland voor de sluizen in de Philipsdam

Bij Koninklijk Besluit van 20 september 1976 is vastgesteld dat het sluizencomplex in de Philipsdam gesitueerd zal worden op de Plaat van de Vliet.

Deze beslissing moest al zo spoedig vallen na de regeringsbeslissing over de Oosterschelde, omdat tijdig met de aanleg van een werkeiland met bouwputten voor de sluizen dient te worden aangevangen, wil het gehele complex van afsluitings- en compartimenteringswerken in 1985 gereed kunnen zijn. In dit artikel wordt nader ingegaan op het tijdschema van de Philipsdam en het ontwerp en de bouw van het werkeiland. Daarbij bespreken we ook de verbindingen tussen het werkeiland en de vaste wal voor personeel, materieel en materialen. Het hele tijdschema voor de bouw van de Philipsdam en de erin opgenomen sluizen is een gevolg van de in de Tweede Kamer geuite wens om de compartimenteringsdammen vrijwel gelijktijdig met de stormvloedkering te sluiten. Dit heeft de volgende redenen. Sluiting van de beide compartimenteringsdammen een of meer jaren vóór de stormvloedkering zou weliswaar ten oosten van deze dammen eerder zorgen voor de optimale veiligheid, maar dat zou gaan ten koste van de veiligheid in het gebied westelijk van de dammen sluiting van de Philipsdam en de Oosterdam bij een nog geheel open Oosterscheldemond veroorzaakt zoals in een desbetreffend artikel in deze aflevering wordt toegelicht opslingeren van het getij in de omgeving van de compartimenteringsdammen en daarmee verhoging van de stormvloedstanden in het aangrenzende gebied. Afgezien daarvan is sluiting van de Philipsdam in 1983 of 1984

praktisch niet haalbaar. Maar het sluiten van de compartimenteringsdammen een of meer jaren na de ingebruikneming van de stormvloedkering heeft ook ongewenste gevolgen. Het getij in het ongecompartimenteerde Oosterscheldebekken wordt dan in de tussenliggende periode meer gedempt dan de bedoeling is.

Door de extra demping van het getij zouden de Volkeraksluizen een vergroot zoutbezwaar veroorzaken op het zoete Haringvliet/Hollands Diep, hetgeen niet strookt met de functie van deze wateren in het zoetwaterbeheer. Een extra gedempt getij zou bovendien minder gewenst zijn voor het milieu en de visserij in de Oosterschelde en voor de afwatering van de Brabantse wal op het oostelijk deel van de Oosterschelde. De conclusie uit deze redenering is dat de sluiting van de Philips- en Oosterdam min of meer moet samenvallen met die van de stormvloedkering. De rest van het tijdschema vindt men door vanaf 1985 terug te rekenen. Afsluiting van het Krammer in 1985 is alleen mogelijk als de schutsluizen begin 1984 in gebruik zijn. Om in 1983 de geleidewerken voor de sluizen te kunnen plaatsen moeten al in 1982 de ringdijken van de bouwput weggebaggerd kunnen worden. In 1982 moet de sluisbouw dus zover gevorderd zijn dat de bouwput weer onder water gezet kan worden. Uitvoering van het betonwerk van het gehele sluizencomplex neemt ongeveer vier jaar in beslag. Dit betekent dat omstreeks september 1978 met het betonwerk van de sluizen moet worden begonnen. De bouwput moet dan geheel zijn ontgraven tot een diepte van ongeveer N.A.P. - 14 m, en drooggemalen zijn. De aanleg van het werk-

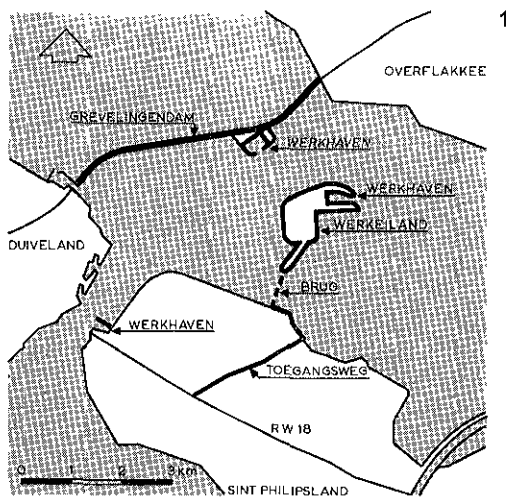


Fig. 1. Situatie van het uit te voeren werk

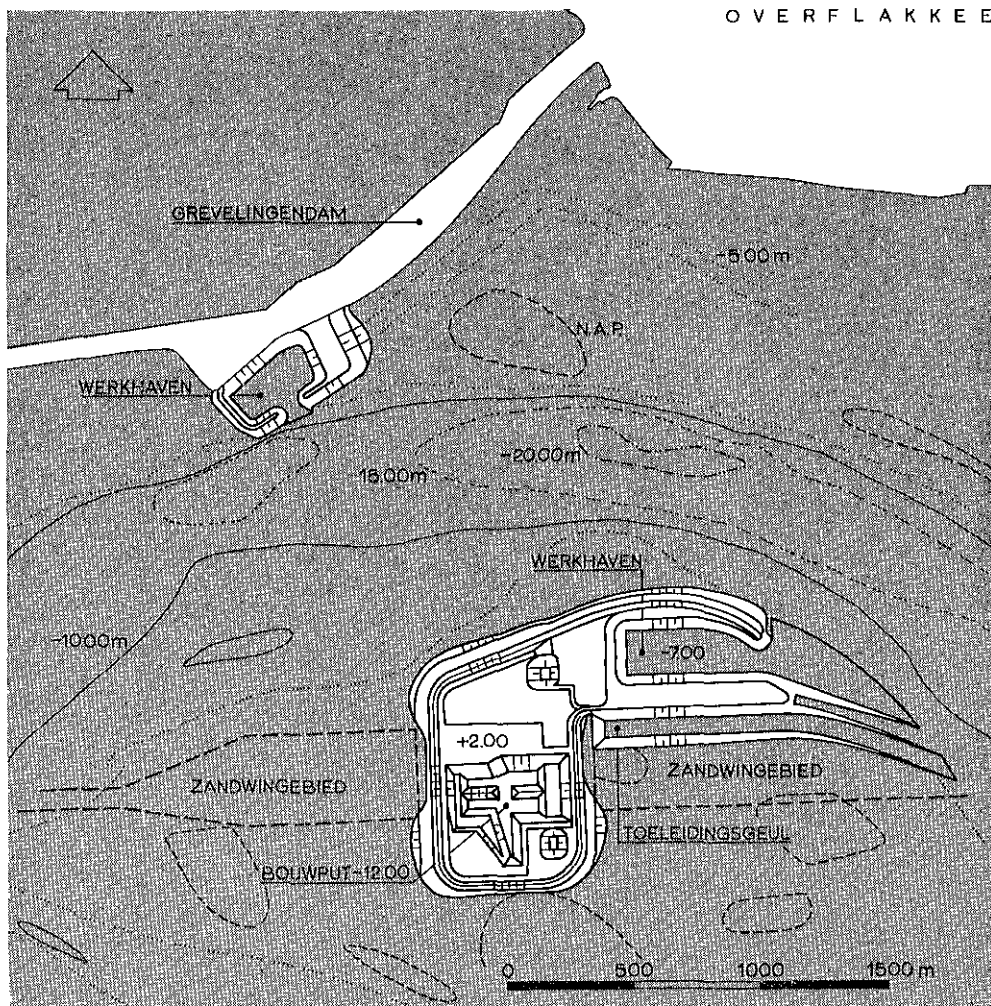


Fig. 2. Overzicht van het werkeiland en de werkhaven

eiland en het ontgraven in den natte is half januari 1977 begonnen volgens een tijdschema dat erop gericht is dat in maart 1978 kan worden aangevangen met het installeren van de bronbemaling.

De aanleg van het werkeiland is op 30 november 1976 aanbesteed en inmiddels gegund voor een bedrag van f 30,9 miljoen (inclusief B.T.W.)

Ontwerp van het werkeiland

Voor de bouw van het werkeiland wordt gebruik gemaakt van zand dat vrijkomt uit het baggerwerk voor de werkhaven, de bouwput voor de sluizen en de toeleidingsgeul naar de sluizen. Het werkeiland wordt ongeveer 1000 x 550 m groot. Deze afmetingen zijn voornamelijk bepaald door de situering van de sluizen. In eerste instantie worden twee duwvaartsluizen van 24 m x 280 m en een jachtensluis van 9 m x 75 m gebouwd; er wordt ruimte gereserveerd voor een derde duwvaartsluis en een tweede jachtensluis. De overbrugging van het sluisencomplex krijgt een lengte van ca. 700 m.

Aangezien op deze scheepvaartroute een eis van onbeperkte doorvaarthoogte geldt, zal de overbrugging van een van de duwvaartsluizen beweegbaar moeten zijn. De doorvaarthoogte ter plaatse van de jachtensluis zal waarschijnlijk 18 m bedragen. De overbrugging komt aan de oostzijde van de sluizen boven de remmingwerken.

Bij de aanleg van het werkeiland worden daar waar later de landhoofden van de overbrugging moeten komen reeds twee terpen aangelegd met een hoogte van respectievelijk N.A.P. + 14 m en N.A.P. + 18 m, om te zorgen dat de grond op die plaatsen alvast inklinkt. Voor de bouw van de betonwerken is een oppervlakte van ongeveer 10 ha aan werkterrein nodig.

In het getijmodel M 1000 van het Oosterscheldebekken is onderzocht welke vorm het werkeiland op de Plaat van de Vliet moet hebben om zo weinig mogelijk aanleiding te geven tot ontgrondingen aan de rand van de stroomgeulen Slaak en Krammer. Er is een vorm en een situering gevonden waarbij de stroombeelden rondom het werkeiland gunstig zijn (zie foto). De aanleg van het werkeiland in deze vorm zal geen invloed hebben op de waterstanden in de omgeving; wel zullen de stroomsnelheden in het Krammer en het Slaak toenemen, in het Krammer 10 à 15%, tot 1,3 m/sec bij maximale ebstroom en tot 1,1 m/sec bij maximale vloedstroom; in het Slaak echter tot niet meer dan 1 m/sec.

Aan de hand van modelproeven is de juiste vorm en plaats van het werkeiland bepaald

De aanleghoogte van de ringdijken is afgeleid van waterstanden met een frequentie van 1 : 500 per jaar. Dat leverde een ontwerppeil van N.A.P. + 5,10 m op, waarbij aan de westzijde nog 2,40 m moest worden geteld voor golfoploop. De ontwerphoogten variëren derhalve van N.A.P. + 7,50 m aan de westzijde tot N.A.P. + 5,50 m aan de oostzijde. Naar de stabiliteit van de dammen rond het werkeiland en langs de werkhavens, en van de taluds van de bouwput is onderzoek door het Laboratorium voor Grondmechanica verricht. De ondergrond bestaat voornamelijk uit draagkrachtig zand.

Bij het ontwerp van de bekledingsconstructies van de ringdijken is rekening gehouden met hun tijdelijke aard. Er werd in het algemeen naar gestreefd materialen toe te passen die later weer gemakkelijk kunnen worden opgenomen en eventueel elders verwerkt. Ter plaatse van de voorhavens van de sluizen zullen de ringdijken immers in 1982 weer worden verwijderd, en ook bij de aansluitingen van de verschillende havendammen en damvakken van de Philipsdam op het werkeiland zullen de bekledingsconstructies van de ringdijken weer kunnen worden teruggewonnen.

De onderwatertaluds van de ringdijken worden bekleed met kraagstukken van kunststofweefsel, waarop bevestigd een rietmat en een roosterwerk van wiepen, bestort met 600 kg/m² lichte stortsteen. De teenconstructie bestaat uit een rij perkoenpalen met teen-schot. Hierop sluit onder een helling van 1 : 3 een glooiing aan van betonblokken 50 x 50 cm, die 15, 20 of 25 cm dik zijn al naar gelang de ligging van de ringdijk het nodig maakt. De dikkere betonblokken worden aan de westzijde gezet, en de dunnere aan de beschutte oostzijde. De aanleghoogte van de terreinen rond de bouwput bedraagt N.A.P. + 2 m op een klein gedeelte na in de zuid-westelijke hoek van het eiland, waar later kunstwerken moeten worden gebouwd voor het zout-zoet bestrijdingssysteem van de



sluizen. Dit terrein dient voor de opslag van betonblokken voor de sluiting van het Krammer en als bouwterrein voor een eindstation van de kabelbaan. Aan de noordzijde van het werkeiland ligt nog een 5 ha groot terrein op N.A.P. + 5,50 m. Het terrein is erop berekend dat de helft van het benodigde aantal blokken in 1984 in depot wordt opgestapeld op het werkeiland terwijl de andere helft in depot komt bij de werkhaven langs de Grevelingendam.

De vorm en de afmetingen van de bouwput zijn gebaseerd op de afmetingen van de duwvaartsluizen, de riolen voor het zout/zoet bestrijdingssysteem en de overbruggingen. De bouwput wordt ongeveer 480 m lang en 280 m breed. Omdat er mogelijk zettingsvloeiingen kunnen optreden tijdens het cutteren van de taluds van de bouwput, mogen ze zolang de ringdijk van het werkeiland nog niet gesloten is niet steiler ontgraven worden dan 1 : 8. Na het sluiten van de ringdijk kunnen de taluds afgewerkt worden tot een helling van 1 : 4½. In de bouwput moet dan een constante waterstand van N.A.P. + 1 m worden onderhouden.

Tenslotte kunnen de taluds nadat de bouwput in 1978 drooggemalen zal zijn in den droge onder 1 : 4 worden gebracht. De vrij kleine bouwput voor de jachtensluis zal dan tevens in den droge ontgraven kunnen worden.

De werkhaven bij het werkeiland is zo gesitueerd dat hij later kan dienen als voorhaven voor de jachtensluis. De lengte van de werkhaven bedraagt 500 m, en de grootste breedte 170 m. De bodem ligt op N.A.P. - 7 m. Aan de zuidzijde van de werkhaven is ten behoeve van de bouw van de sluizen 6 ha terrein beschikbaar voor het opstellen van betoninstallaties, het inrichten van opslagterreinen, en als werkterrein voor het buigen van wapeningstaal. Aan de noordzijde van de haven is 2,5 ha voor overslag en opslag van materialen gereserveerd.

Ook bij de werkhaven kunnen tijdens de uitvoering mogelijk zettingsvloeiingen optreden. Ter plaatse van de onder 1 : 4 aan te leggen taluds mag daarom een strook grond ter breedte van 20 m pas ontgraven worden wanneer de aangrenzende opgespoten terreinen voldoende ontwaterd zijn.

Langs de Grevelingendam wordt eveneens een werkhaven aangelegd, met afmetingen op de bodem van 350 x 150 m en een bodemdiepte van N.A.P. - 7 m. Deze haven komt bij het restaurant op de Grevelingendam, daar waar vroeger de Oostkophaven lag, een werkhaven voor de aanleg van de Grevelingendam. Van de Oostkophaven is

thans alleen nog een stortstenen havendam over, die voor het restaurant ligt.

De haven zelf is opgeslibd tot ongeveer N.A.P. - 2 m.

Bij het baggerwerk voor de nieuwe werkhaven komt 200 000 m³ specie vrij. Maar deze specie is slecht, en onbruikbaar voor de ophogingen van de werkterreinen aan de noordoostzijde van de nieuwe haven. Ze zal dan ook worden afgevoerd naar een stortplaats in de westelijke monding van het Slaak. Er moet bij het baggeren van de nieuwe werkhaven langs de Grevelingendam bovendien rekening mee gehouden worden dat zich hier nog restanten zullen bevinden van vroegere stortsteendepots. Vanwege de krappe termijn van uitvoering, met de start in het winterselzoen, zal grote zorg moeten worden besteed aan de inzet van voldoende varende materieel, zoals bakken, drijvende kranen en zuigers van behoorlijke capaciteit, en van een flink aantal machines voor droog grondverzet.

Verbinding met de vaste wal

Aangezien het sluizencomplex wordt uitgevoerd op een eiland, moet er of een boot- of een brugverbinding komen met de vaste wal, en wel voordat in september 1978 met de bouw van het sluizencomplex wordt aangevangen.

Daar de voorbereiding en de bouw van een eventuele brugverbinding over het Slaak ongeveer anderhalfjaar in beslag neemt, moest de keuze tussen een boot- of een brugverbinding nog in 1976 gemaakt worden. De alternatieven zijn daarom uitgewerkt en met elkaar vergeleken. Uitgangspunt voor de vergelijking was een prognose van het op het werkeiland te werk te stellen personeel. Tussen eind 1978 en begin 1985 zullen gemiddeld 315 mensen op het eiland werkzaam zijn, tijdens de uitvoering van de betonwerken van de sluizen zelfs 370 man. Volgens informatie bij de betrokken arbeidsbureaus zal het personeelsaanbod voor de Oosterscheldewerken, dus zowel voor de stormvloedkering als voor de compartimenteringswerken voor 30% afkomstig zijn uit Zeeland en voor 70% uit Noord-Brabant. De compartimenteringswerken zullen gezien hun situering waarschijnlijk voor meer dan 70% door Brabanders worden gemaakt. In 1975 bedroeg de geregistreerde mannelijke arbeidsreserve in de grond-, weg- en waterbouw in Zeeland 295 man en in Noord-Brabant 1960 man. Voor de bouw en utiliteitsbouw bedroegen deze cijfers respectievelijk 290 en 9600.

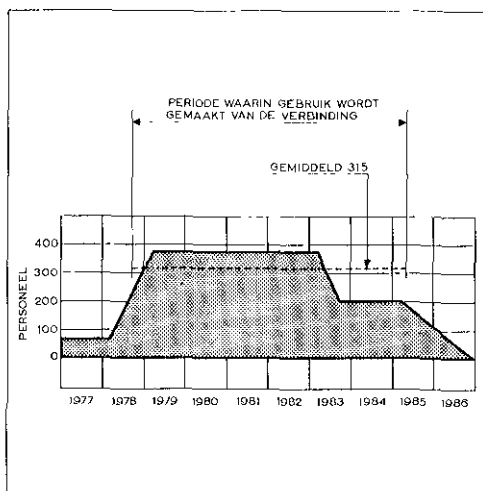


Fig. 3. Verloop en gemiddelde van het personeel dat werkzaam zal zijn op het werkeiland

Een belangrijk gegeven is voorts dat de reistijden voor het personeel op het werkeiland bij een bootverbinding $\frac{1}{2}$ à 1 uur per werkdag langer zullen zijn dan bij een brugverbinding over het Slaak naar St.-Philipsland. Er is ook gekeken welke materiaaltransporten men te verwachten heeft. Alles moet worden aangevoerd: keten, loodsen, betonpalen, bekistingen, wapeningsstaal, vloerbalken, prefab onderdelen, cement, asfalt, rijshout, schuiven, bewegingswerktuigen, enzovoort. Aan materieel moeten draglines, bulldozers, heistellingen, vrachtwagens, kranen en dergelijke worden overgebracht. Verder kan gedacht worden aan onderdelen voor een eventuele kabelbaansluiting van het Krammer en aan de aanvoer van beton in geval de betoncentrale op het werkeiland zou uitvallen.

Bij de bouw van de Kreekraksluizen bedroeg het aantal transporten alleen al voor de betonwerken over de weg gemiddeld over 5 jaar 17 per dag. Voor het werkeiland in de Philipsdam wordt dit aantal gemiddeld over de periode 1979 tot en met 1983 op tenminste 25 per dag geraamd, inclusief de transporten van de stalen sluisonderdelen. Het hele werk impliceert dus ongeveer 25 000 transporten van gemiddeld 20 ton. Snelheid bij het vervoer van materialen en materieel, goede bereikbaarheid van het eiland bij slecht weer

en calamiteiten pleiten mede voor een brugverbinding boven een bootverbinding. Er zal dus een brug worden gebouwd.

De kosten voor de brugverbinding zijn relatief laag, omdat de hoofdonderdelen opnieuw gebruikt kunnen worden. De aanlegkosten zijn hierdoor zelfs lager dan die voor een bootverbinding van voldoende capaciteit gedurende $6\frac{1}{2}$ jaar.

Een brug van betonnen liggers op pijlers van stalen palen bleek van alle mogelijke constructies het goedkoopste te zijn. Daarbij kon het brugontwerp zo worden opgezet dat de betonnen liggers na de sluiting van het Slaak in 1985 weer als liggers voor de overbrugging van het sluisencomplex zouden kunnen dienen.

De stalen palen voor de pijlers van de tijdelijke brug over het Slaak kunnen zo ontworpen worden dat ze later opnieuw gebruikt kunnen worden voor de wachtplaatsen in de voorhavens van de sluizen. De hoofdonderdelen van de hulpbrug kunnen dus ook dienst doen als onderdeel van het definitieve kunstwerk. In verband met het zware materieel- en materiaaltransport zal de brug van dezelfde verkeersklasse moeten zijn als de toekomstige overbrugging van het sluisencomplex. Maar de 700 m lange tijdelijke brug is geen onderdeel van de openbare weg. Het is voldoende als hij bestaat uit één rijstrook van 3,5 m breed, met een wisselplaats halverwege de brug. Voor de wegverbinding over de Plaats van de Vliet tussen de brug en het werkeiland kan de scheidingsdam tussen het lage en het hoge bufferbekken gebruikt worden. Deze dam moet daartoe reeds in 1978 aangelegd worden. De wegaansluiting op St.-Philipsland kan lopen via rijksweg 18, de gedeeltelijk te verbeteren Lage weg en via een weg over de nog te verhogen dijk langs de noordkust van St.-Philipsland.

Om de pijlers van de brug ter plaatse van de schorren voor St.-Philipsland te kunnen heien en de aanvoer van de betonnen liggers mogelijk te maken, zal tijdelijk een zandbaan vanaf de oever aangelegd moeten worden met een kruinbreedte van 15 m. Dit deel van de brug kan pas worden uitgevoerd wanneer de weg over de dijkversterking als toegangsweg naar het werk voltooid is.

Daar tussen 15 oktober en 15 april niet aan de waterkering gewerkt mag worden, moeten de dijkversterking en de wegverbinding vóór 15 oktober 1977 voltooid zijn.

Om de brug omstreeks augustus 1978 in gebruik te kunnen nemen, kan niet later dan in juli 1977 met de bouw worden begonnen.

Vorderingen

1 oktober 1976 — 1 januari 1977

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

Toeleidingswerken naar de derde sluis en de jachtensluis

In de verslagperiode zijn de toeleidingswerken van de derde sluis gereedgekomen. Ook is begonnen met de demonstratie van de vaste remming aan de Volkerakzijde tussen de eerste en tweede sluis en met het heikwerk voor de remmingen voor de jachtensluis aan de Hollands-Diepzijde.

Geleidedammen, voorhavens, toeleidingsgeulen en stortebedden voor de inlaatsluis en jachtensluis

De wegenwerken op het Heliëgatsplein zijn thans geheel gereed. Ze worden in een afzonderlijk artikel in deze aflevering nader besproken. De zuidelijke ringdijk werd op 23 september ter plaatse van de inlaatsluis doorgebaggerd.

Op 3 december was de ringdijk ter plaatse van de inlaatsluis geheel weggebaggerd. Bij de jachtensluis is de dijk van 12 oktober doorgebaggerd. Op de dammen C en D aan de Maltha-oever en in de ontgrondingskuil is men verder gegaan met het maken en afzinken van zinkstukken. De kleitaluds worden thans aangebracht en afgewerkt.

Brouwershavense Gat

Bouw van de doorlaatsluis

In de verslagperiode werd voortgegaan met de uitvoering van het schuivengebouw en het heien van de kwelschermen en de

vleugelwanden aan de Grevelingenzijde. Het betonwerk van de voetgangstunnel werd voltooid. Het kunstwerk is inmiddels grotendeels gereed. Aan weerszijden van de doorlaatkokers zijn stortebedden aangebracht.

Aanvulling van de bouwput voor de doorlaatsluis en zandsuppletie voor de westkust van Goeree

Op 12 oktober 1976 heeft de aanbesteding plaatsgevonden van een bestek voor het aanvullen van de bouwput, het maken van toeleidingsgeulen voor de doorlaatsluis in de Brouwersdam en het uitvoeren van een zandsuppletie voor de westkust van Goeree.

Het werk werd gegund aan het Aannemers- en Handelsbedrijf Van Oord Werkendam B.V. te Werkendam voor een bedrag van f 9 068 000 exclusief B.T.W.

Een begin is gemaakt met het inrichten van het werkterrein en het plaatsen van keten en loodsen. (Zie verder het afzonderlijk artikel over de doorlaatsluis in de Brouwersdam, elders in dit nummer)

Oosterschelde

Opruimingswerkzaamheden

In de Roompot werd behulp van een baggermolen 30 000 m² zoolstukken opgebaggerd, die waren bestort met fosforakken. Toen dit werk klaar was, heeft men soortgelijk opruimwerk gedaan in de Schaar van Roggenplaat. Het uitkomend materiaal, polypropeendoek, rijshout, fosforakken, randballen en zand, werd met behulp van splijtbakken geklapt in een van de bouwputten in de Oosterschelde.

Aan Van Splunter Heikwerken te Fijnaart werd op 5 oktober 1976 het verwijderen van de kabelbaantoren uit de sluitgaten in de Oosterschelde opgedragen. Op 20 oktober werd met de werkzaamheden begonnen. In de eerste helft van november zijn alle pyloonkoppen en pylonen met behulp van de drijvende bok 'Simson' — hefvermogen 250 ton — verwijderd; ze werden

opgeslagen op een terrein bij de damaanzet op Noord-Beveland.

In december begon de aan- nemer met het verwijderen van de palen in de Hammen. De eerste paal werd getrokken op 9 december.

Uitbreiding van de bodembeschermingen

Begin oktober werd een aan- vang gemaakt met het leggen van blokkenmatten in de Room- pot, als uitbreiding van de reeds bestaande bodembescherming. Ook de bodembescherming van steenasfaltmatten in de Schaar van Roggenplaat moet worden uitgebreid. Hiermee werd een begin gemaakt in november.

Aanvoer van materialen

In de verslagperiode is de aanvoer van materialen, voor- namelijk steen en fosforakken, voortgezet. De steen werd opgeslagen in depot in de haven Noordland.

Een begin werd gemaakt met de aanvoer van een partij gebroken kalksteen 20/40. Dit materiaal wordt gestort in een waldepot bij de haven Neeltje Jans. Ten behoeve van de afdeling Dijk- versterking wordt aan de west- zijde van de haven Schelphoek zand in depot geperst. Het zand wordt gewonnen uit een geul die men trekt naar de plaats tussen de bouwputten die bestemd is voor het dumpen van opgebaggerd zinkwerk en voor de aanleg van een nieuw depot van fosforakken. Het werkterrein bij Burghsluis wordt inmiddels uitgebreid om ruimte te verschaffen voor nieuw bij te plaatsen directiegebouwen. Met zuigertjes wordt zand aangevoerd, dat vervolgens met auto's in het werk wordt gebracht.

Verantwoording van de foto's

Aero carto 503-505
Aart Klein 500
Hofmeester 497-506-508
J. v.d. Kam 479 487
Rijkswaterstaat 498-511-512

