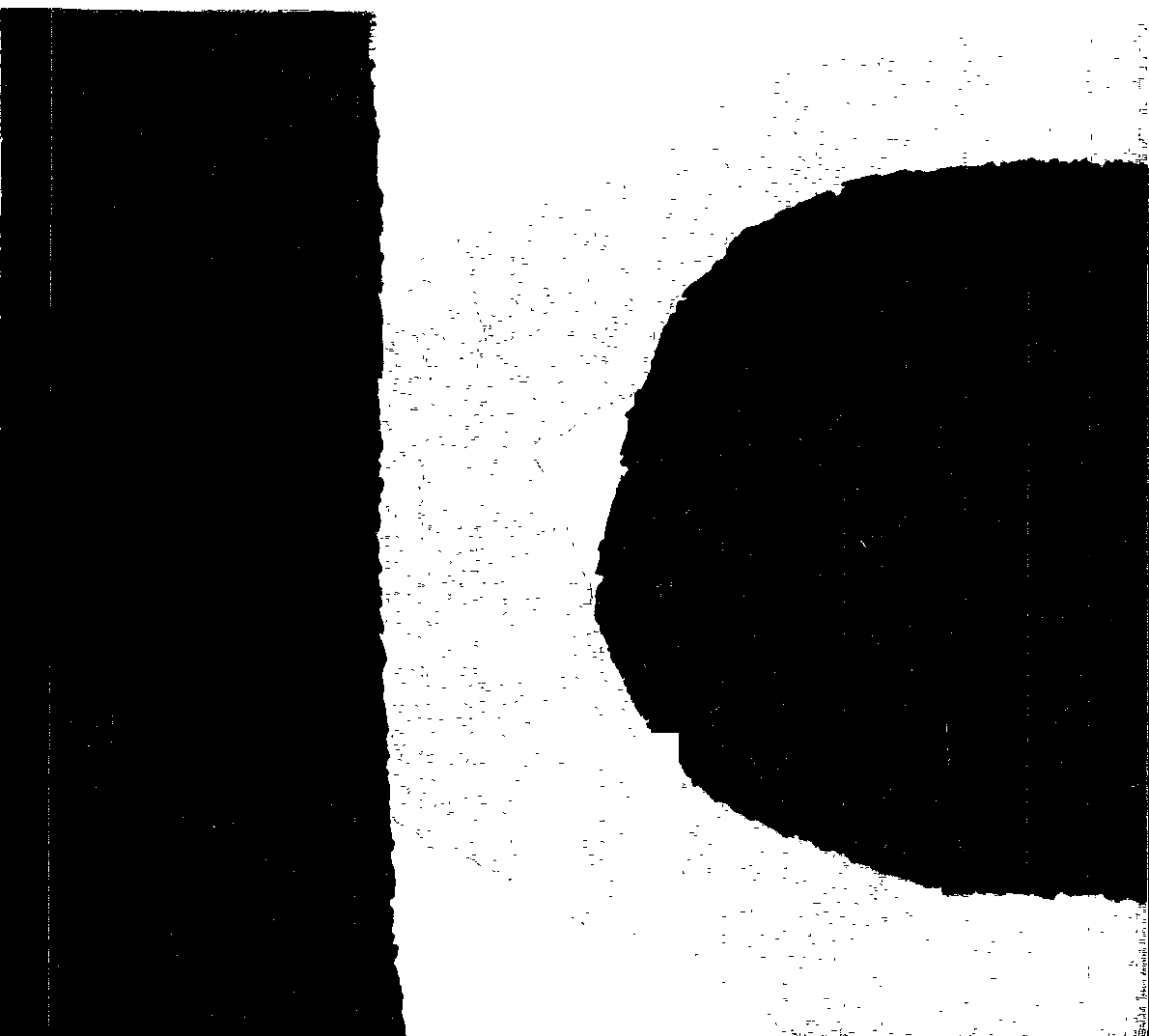


Driemaandelijks Bericht
nummer 111, februari 1985

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadeaan 400
2597 AT 's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Postbus 20014
2500 EA 's-Gravenhage
Telefoon: 070-78 99 11

De prijs bedraagt f 28,50 per jaar
of 7,50 per nummer

Inhoud

Themanummer Compartimenteringswerken

Inleiding 3

Gevolgdde aanpak 5

Technische ontwerpen 15

Zandsluiting van het Krammer 17

Zandsluiting van het Tholense gat 25

Steensluiting van het Tholense Gat 29

Kostenramingen en prijsvorming 38

Samenvattingen/Summaries 40

Vorderingen 44





Inleiding

De compartimenteringswerken achterin de Oosterschelde omvatten een groot aantal kunstwerken, zoals bruggen, spui- en scheepvaartsluizen, en natte waterbouwkundige werken. De kunstwerken zijn, op de Bergse-Diepsluis na, nu allemaal of opgeleverd of in een vergevorderd stadium van uitvoering. Van de natte werken dienen enkele belangrijke onderdelen nog te worden aanbesteed. Dat geldt voor de sluitingen, voor enkele damvakken en voor een aantal afrondende werkzaamheden.

De sluiting van de compartimenteringsdammen is reeds geruime tijd onderwerp van studie. De besluitvorming met betrekking tot de toe te passen sluitingstechnieken heeft stapsgewijs plaatsgevonden, parallel aan de ontwikkeling van het inzicht in de mogelijkheden.

Eerst werd uitgegaan van sluitingen bij het volle getij, om niet afhankelijk te zijn van het gereedkomen van de stormvloedkering. Na vergelijking van een aantal alternatieve sluitingstechnieken leek het in 1978 het beste om het Tholense Gat evenals het Krammer geleidelijk te sluiten door er een beteugelingsdam in op te storten van betonblokken. Deze methode was financieel aantrekkelijk, omdat gebruik zou kunnen worden gemaakt van gedeelten van de tijdelijke hulpbrug van Schouwen naar Neeltje Jans.

In tweede instantie werd in 1980 besloten bij het ontwerp van de sluiting rekening te houden met het feit dat het getij op de Oosterschelde tijdens de sluitingen door de bouw van de stormvloedkering wordt gereduceerd. Deze reductie wordt pas goed voelbaar tijdens het plaatsen van de dorpelbalken.

Na vergelijking van drie sluitingsalternatieven werd in 1982 besloten om het Krammer met zand te sluiten. Dit is alleen mogelijk als gebruik wordt gemaakt van de stormvloedkering. Het getij kan dan zo worden beïnvloed dat de stroomsnelheden in het sluitgat in voldoende mate kunnen worden beheerst, vooral tijdens de kritieke fase van de sluiting. Men zou dan bijvoorbeeld een enkeldaags getij moeten instellen gedurende de laatste drie à vier weken van de sluiting. Dit zogeheten gerekt getij wordt gekenmerkt door één hoogwater en één laagwater per etmaal, met daar tussenin een min of meer stagnante periode. Ook deze

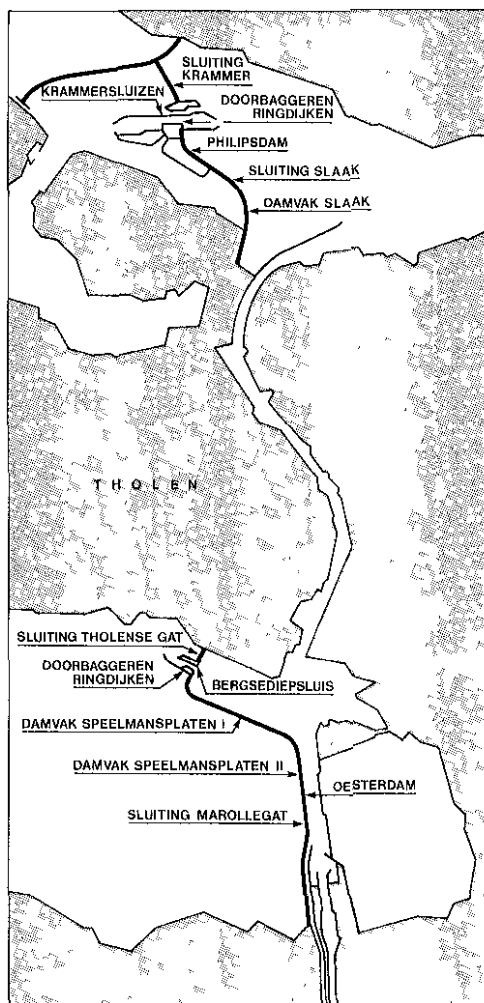


Fig. 1. Overzicht van de nog uit te voeren compartimenteeringswerken

stap in de besluitvorming betekent, evenals de voorgaande, een aanzienlijke verlaging van de kosten.

In 1983 werd besloten de sluiting van de Philipsdam te verschuiven van eind 1986 naar medio 1987, om zodoende een verlichting van de jaarlijkse financiële lasten te bewerkstelligen. Bij dit laatste besluit werd het sluitingstijdstip van de Oesterdam niet gewijzigd. Door de reductie van het getij tengevolge van de bouw van de stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde wordt de verversingstijd van de Oosterschelde verlengd van één tot drie maanden. Vooral in de kom van de Oosterschelde wordt het milieu kwetsbaarder voor zoetwaterinvloeden, in het bijzonder in perioden van zware regenval, en ook voor het zoetwaterbezuur via de Kreekraksluizen. Door tijdige aanleg van de Oesterdam wordt de kom aan de oostzijde tegen genoemde invloeden afgeschermd, en wordt bovendien het getijverschil iets vergroot. Alvorens tot deze aanpassing van het sluitingsschema over te gaan, heeft de Minister hierover advies gevraagd aan de Raad van de Waterstaat.

De Raad heeft toen de suggestie gedaan om een beroep te doen op de creativiteit en inventiviteit van zowel de Rijkswaterstaat als de aannemingsmaatschappijen om tot kostenbesparingen te komen.

Na een concours waaraan zowel aannemerscombinaties als de Rijkswaterstaat meededen, werd op grond van de resultaten besloten dat bij uitvoering van de ontwerpen van de Rijkswaterstaat voor het Rijk de meest gunstige resultaten mochten worden verwacht, zowel technisch als financieel.

In het voorliggende Bericht, dat als themanummer voornamelijk aan de sluitingen van de compartimenteringsdammen is gewijd, wordt een samenvatting gegeven van de voor de hoofdgeulen Tholense Gat en Krammer in de tweede helft van 1983 gemaakte ontwerpen. Voor het Krammer is alleen een zandsluiting ontworpen; voor het Tholense Gat zijn twee ontwerpen gemaakt: een zandsluiting en een steensluiting.

Op grond van deze ontwerpen is in het voorjaar van 1984 uit financiële overwegingen gekozen voor een zandsluiting in het Tholense Gat. In dit artikel wordt de steensluiting wel aan de orde gesteld, mede vanwege de in dat ontwerp verwerkte ervaring, die opgedaan is met de aanleg van de westelijke Markiezaatskade. De overige nog uit te voeren onderdelen, waarvoor eveneens ontwerpen zijn gemaakt, worden hier verder buiten beschouwing gelaten.

Gevolgde aanpak

De damvakken die nog aangelegd moeten worden, zullen hoofdzakelijk bestaan uit zand. Dit is een goedkoop materiaal, dat in de onmiddellijke omgeving van het werk kan worden gewonnen. Door zand te gebruiken in plaats van te importeren steen of speciaal te vervaardigen betonblokken, kunnen aanzienlijke kostenbesparingen worden bereikt. Door de toepassing van zand is tevens het grootste gedeelte van het damvak gerealiseerd zodra de sluitkade is aangelegd. Bij een sluitkade van steen of betonblokken dient daarna nog bijna het gehele damvak te worden opgespoten. Door het ontwerp zo in te richten dat het werk kan worden uitgevoerd met behulp van traditioneel materieel kunnen verdere kostenbesparingen worden bereikt. Het voorschrijven van weinig voorkomend of nog te ontwikkelen materieel kan sterk kostenverhogend werken. Ook het voorschrijven van zeer grote verwer-

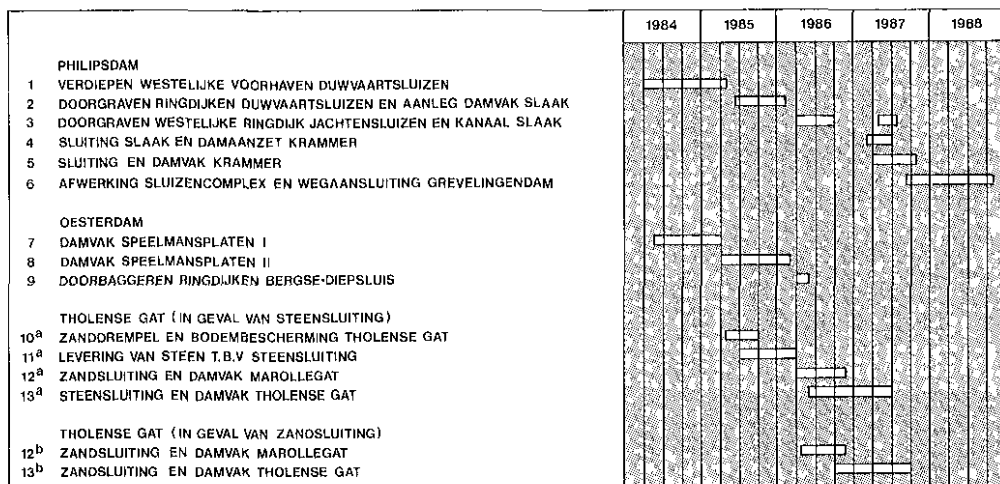
kingscapaciteiten is ongunstig, omdat dan een te groot beroep wordt gedaan op de markt. Dit is bijvoorbeeld een van de redenen waarom is afgezien van een simultane zandsluiting van het Krammer en het Tholense Gat.

De aanwezigheid van de stormvloedkering ten tijde van de uitvoering van de sluitingen schept de unieke situatie dat de waterstanden en stroomsnelheden op het Oosterscheldebekken kunnen worden beïnvloed. Het wordt daardoor mogelijk om beide hoofdgeulen met zand te sluiten. Om onverantwoorde risico's voor het milieu en de visserij te vermijden dient van de stormvloedkering een weloverwogen gebruik te worden gemaakt. Gezocht wordt naar een systeem waarmee de beïnvloeding van het getij tijdens de sluiting van het Krammer kan worden aangepast aan de heersende omstandigheden en de behoefte.

Met het oog op kostenbesparingen is het in het algemeen zeer lucratief om werk met werk te maken. Waar mogelijk is dit principe toegepast; dit is vooral bij de Philipsdam het geval.

Om tot optimale oplossingen te komen zijn uitgebreide risico-analyses uitgevoerd van het ontwerp, de uitvoering, de planning en de kosten. Tevens is grote aandacht geschonken aan het gebruik van de stormvloedkering ten behoeve van de zandsluitingen in relatie tot het milieu en de visserij.

Fig. 2. Tijdschema voor de voltooiing van de compartimenteringswerken



Uitgangspunten

Bij de voltooiing van de compartimenteringsdammen moet rekening gehouden worden met een aantal uitgangspunten.

De Philipsdam mag niet eerder worden gesloten dan de Oesterdam. Zou dit wel gebeuren, dan zouden de getijstroomen in het Tholense Gat en de Eendracht sterk toenemen als gevolg van de vulling en lediging van het Volkerak via deze wateren in plaats van via het Krammer. De stabiliteit van de oevers en de veiligheid van de scheepvaart zouden in gevaar worden gebracht. De Oesterdam mag wel eerder worden gesloten dan de Philipsdam, mits er sprake is van gereduceerd getij en er scheepvaartbegeleiding wordt ingesteld bij de noordelijke mond van de Eendracht, in verband met het optreden van sterke dwarsstromen. Met de sluiting van het Krammer mag pas worden begonnen als met de Krammersluizen kan worden gesloten; dit zal uiterlijk op 1 maart 1987 het geval zijn.

Het Bathse Spuikanaal moet operationeel kunnen zijn kort nadat de compartimenteringsdammen zijn gesloten; dit met het oog op het peilbeheer van het Zoommeer en het Volkerak. Er mogen geen sluitingen worden uitgevoerd in de maanden januari en februari omdat de kans op het optreden van vorst te grote risico's meebrengt.

Sluitingen mogen alleen worden uitgevoerd in het stormseizoen, tussen oktober en april indien de stormvloedkering kan worden gebruikt om hoge waterstanden te voorkomen. Het tijdschema voor de voltooiing van de Philipsdam en de Oesterdam is gebaseerd op het thans vigerende tijdschema voor de bouw van de stormvloedkering.

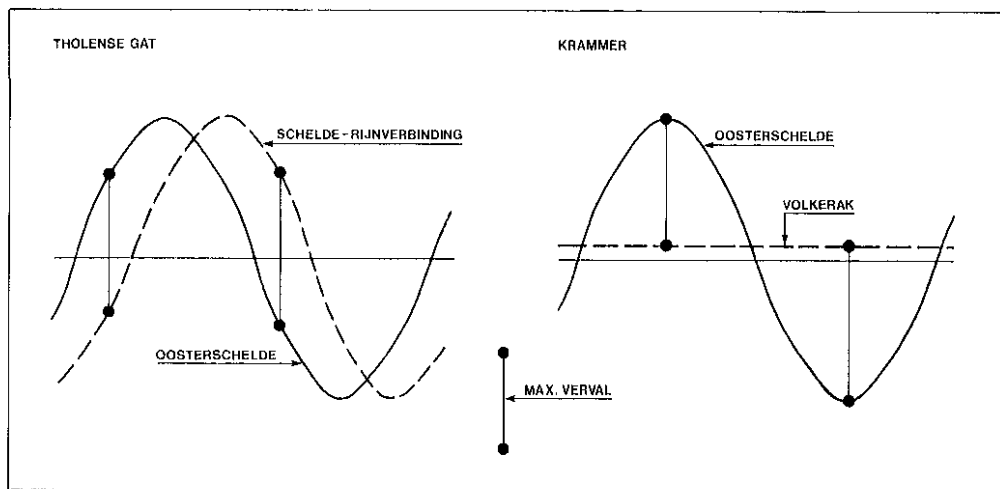
Gevolgen voor milieu en visserij

Bij de zandsluitingen van het Tholense Gat en het Krammer speelt de stormvloedkering een essentiële rol.

Wanneer de stormvloedkering volledig openstaat en de compartimenteringsdammen nog niet zijn gesloten bedraagt het gemiddelde getijverschil op de Oosterschelde zo'n 2,5 m. Bij dit getijverschil zouden de snelheden in het sluitgat in de laatste fase van de sluitingen oplopen tot meer dan 5 m/s.

Bij alle tot nu toe uitgevoerde zandsluitingen bleef de maximum snelheid beperkt tot 2 à 2,5 m/s. Het zandtransport is ongeveer evenredig met de derde tot vijfde macht van de stroomsnelheid. Nu deze snelheid tot 5 m/s kan oplopen betekent dit dat het zandverlies vele malen groter zal zijn dan bij vroegere sluitingen. Dit feit, gevoegd bij de aanzienlijk grotere diepte van de hier beschouwde sluitgaten, zou leiden tot benodigde zandproducties die niet te realiseren zijn.

Het is niet mogelijk om op basis van elders opgedane ervaringen voorspellingen te doen over het zandverlies dat bij deze sluitingen zal optreden. De gehanteerde zandverliesformules berusten voornamelijk op empirische relaties bij rivieren met natuurlijk zandtransport. Wat er precies gebeurt met fijn zand in een sluitgat bij snelheden van 5 m/s, kan thans niet worden voorspeld. Om deze redenen is het absoluut noodzakelijk de maximale stroomsnelheid bij de zandsluitingen te beperken. Dit is alleen mogelijk door het getij op de Oosterschelde met de stormvloedkering te beïnvloeden. Het gemiddelde getijverschil te Yerseke, berekend over een periode van vele jaren, bedraagt 3,50 m. In de eindsituatie zal het gemiddelde





De getijstroom loopt door een bijna voltooide sluitkade; in dit geval de Westelijke Markie-zaatskade

Fig. 3. Waterstandsverloop in de laatste fase van de sluitingen

getijverschil te Yerseke 3,05 m bedragen (Bericht 105, augustus 1983). Tussen juli 1985 en mei 1986 zal de doorstroomopening als gevolg van het plaatsen van de dorpelbalken kleiner worden; het gemiddelde getijverschil te Yerseke neemt dan geleidelijk af van 3,50 m tot 2,60 m.

In de periode juni–november 1986 zal de Oosterscheldekering, met uitzondering van enkele onderbrekingen, gedeeltelijk worden gesloten door het neerlaten van schuiven. Ten behoeve van het plaatsen van de bovenbalken wordt op deze wijze rustig werkwater gecreëerd. Deze gedeeltelijke sluiting houdt in, dat of de Hammen of de Schaar wordt gesloten, afhankelijk van de locatie waar de werkzaamheden op dat moment plaatsvinden. In de Roompot worden de bovenbalken achtereenvolgens vanuit de noord- en de zuidoever geplaatst;

vanuit de oever worden dan steeds meer schuiven gesloten, tot maximaal de halve Roompot dicht is. Het gemiddelde getijverschil te Yerseke zal in deze periode 2,25 à 2,00 m bedragen.

Op deze wijze kunnen de twaalf bovenbalken in het midden van de Roompot echter niet goed worden geplaatst.

Daarom wordt eind juli 1986 de gehele Roompot maximaal 2 weken afwisselend 12 uur gesloten en geopend. Het gemiddelde getijverschil te Yerseke bij een gesloten Roompot bedraagt 1,20 m. De periode met het kleinste getijverschil laat men bij voorkeur 's nachts vallen om het uitdrogen van slikken en platen en sterfte van bodemdieren zoveel mogelijk te voorkomen. In oktober 1986 zal het getij enige dagen extra worden gereduceerd, en daarna zal de Oosterscheldekering gedurende maximaal twee dagen geheel worden gesloten ten behoeve van de zandsluiting van het Tholense Gat. Vanaf 1986 tot half april 1987 zullen alle schuiven van de stormvloedkering weer open staan, en het gemiddelde getijverschil te Yerseke zal dan als gevolg van de grote komberging 2,70 m bedragen. De Philipsdam is dan immers nog niet gesloten. In april 1987 zal het getij nogmaals aanzienlijk worden beïnvloed ten behoeve van de zandsluiting van het Krammer. Na deze sluiting zal de eindsituatie zijn bereikt, met een gemiddeld getijverschil te Yerseke van 3,05 m.

Tot nog toe is het begrip gemiddeld getijverschil gehanteerd. Dit is echter een berekende situatie die in de praktijk zelden voorkomt. Om een indruk te krijgen van het werkelijke getijverloop zijn, voor de periode juli 1985-juli 1987, de getijverschillen gedurende de dood- en springtijfase volgens het astronomisch getij

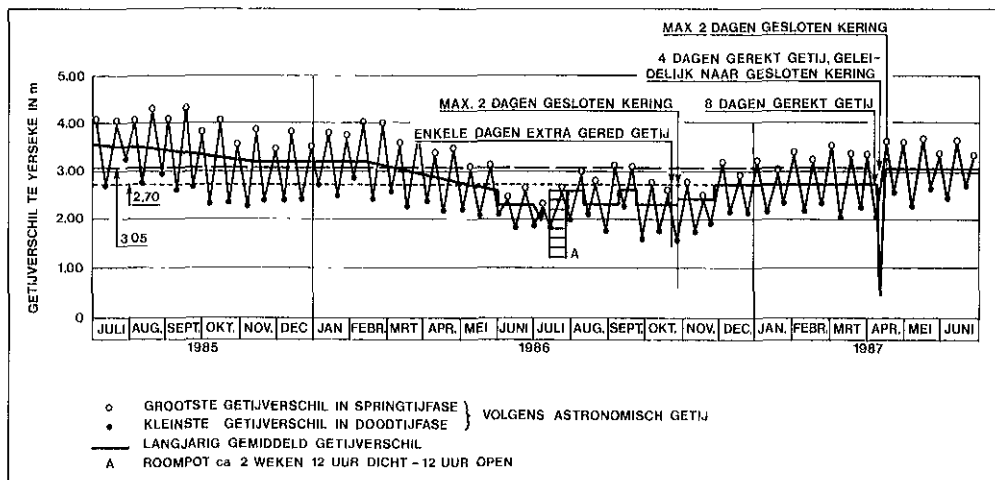
bij Yerseke berekend overeenkomstig de inzichten en plannen zoals die in januari 1985 bestonden (figuur 4). Behoudens meteorologische invloeden zoals op- en afwaaiing en de onzekerheidsmarge in de berekening, zal het werkelijke getijverschil te Yerseke volgens deze berekende waarden verlopen. Veranderingen in de planning van de werken kunnen los daarvan tot wijzigingen leiden.

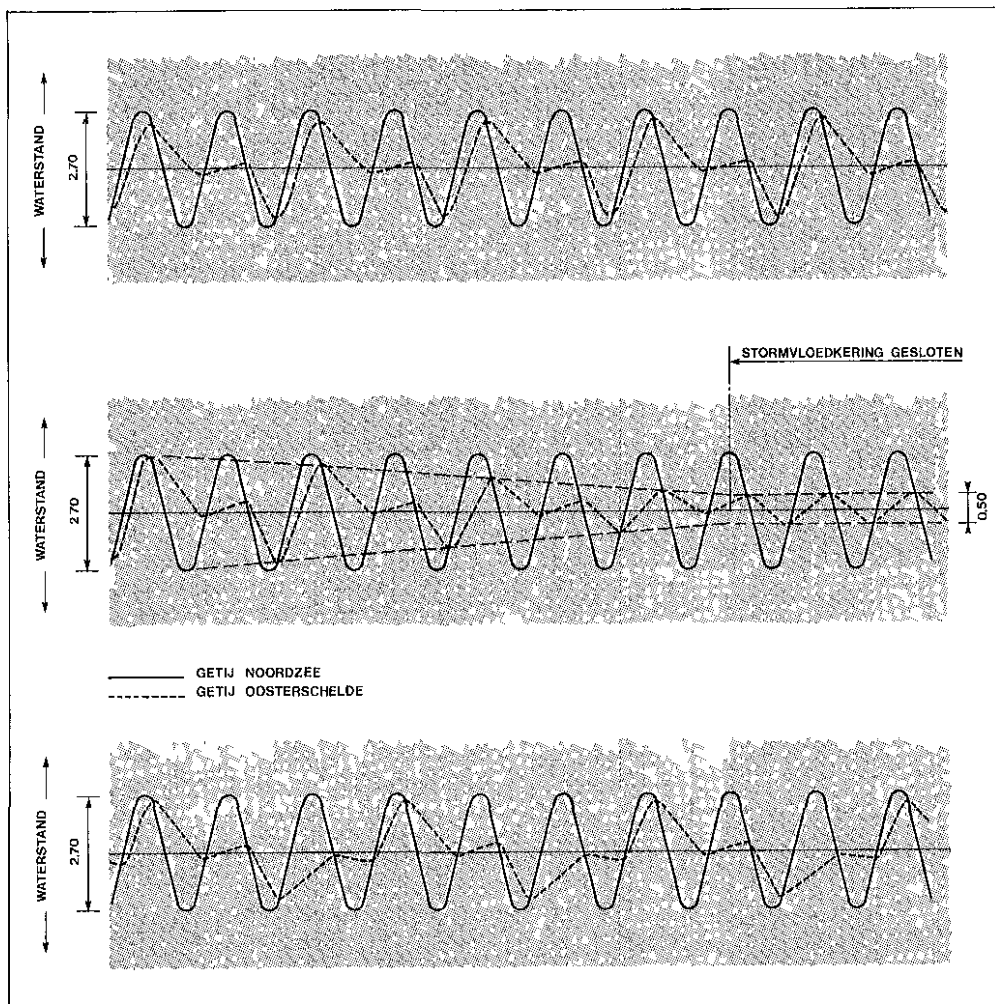
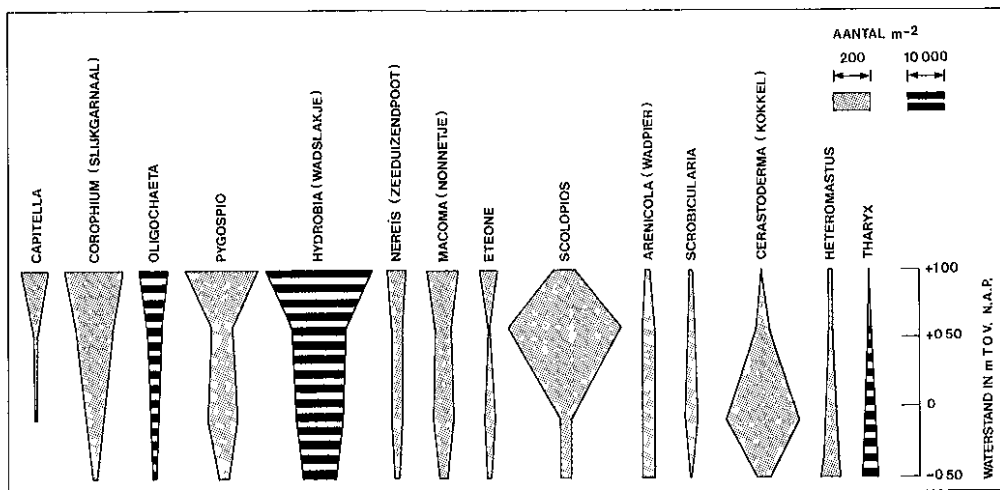
Figuur 4 vormt de basis voor een prognose van de gevolgen van het beleid voor milieu en visserij in het bekken. Het zal duidelijk zijn dat de gevolgen van het gebruik van de Oosterscheldekering op een bepaald tijdstip mede afhankelijk kunnen zijn van een eventueel gebruik in de periode daaraan voorafgaand. Een gedegen effectbeschrijving over de gehele periode is daarom van belang. In een later Bericht zal hierop uitvoerig worden teruggekomen. Hier

Fig. 5 Verdeling van de biomassa over de getijzone

Fig. 6 Drie scenario's voor de getijregulatie: Van boven naar beneden tot tweemaal gerekt, gerekt en geknepen en tot driemaal gerekt getij

Fig. 4. Berekende getijverschillen te Yerseke in de periode juli 1985-juli 1987





beperken we ons tot een globale beschrijving van het milieu-aspect van de zandsluitingen van de compartimenteringsdammen. De getijbeweging, die een van de belangrijkste abiotische milieufactoren vormt in de Oosterschelde, wordt onderscheiden in een verticale en een horizontale component.

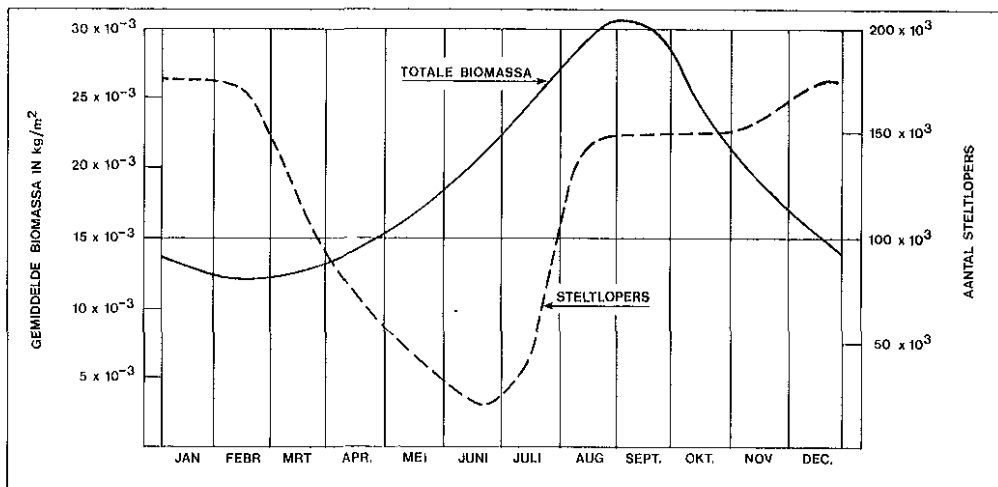
Met het eerste wordt het op en neer gaan van de waterspiegel bedoeld, terwijl het tweede staat voor de stroomsnelheden die met het getij gepaard gaan. Deze splitsing is gemaakt omdat de milieuaspecten die met beide componenten verweven zijn gedeeltelijk verschillen, en omdat het mogelijk is het horizontale en het verticale getij met de stormvloedkering afzonderlijk te beïnvloeden. Het verticale getij is met name van belang voor vogels, vissen en bodemdieren, voor de planten- en dierengemeenschappen op dijksglooiingen en schorren, voor de schorren en platen zelf, en voor de afwatering van het omliggende gebied. De vogels vinden op de droogvallende platen voedsel. Ze blijken voornamelijk de waterlijn te volgen tijdens het fourageren. Het seizoen speelt een belangrijke rol: de aantallen zijn niet altijd even groot (figuur 7). Van half april tot half juli zijn de aantallen minimaal. Figuur 7 laat tevens zien hoe het voedselaanbod varieert met het seizoen. Ook de vissen vinden tijdens hoogwater voedsel in de getijzone. De platen moeten terwille van de bodemdieren regelmatig overspoeld worden om uitdroging en sterfte te voorkomen. Zonneschijn, zoutgehalte en temperatuur spelen een grote rol bij de snelheid van afsterven. Figuur 5 laat zien dat bepaalde soorten vooral bovenin, en andere vooral onderin de getijzone voorkomen. Op de hogere plaatdelen komen weinig bodemdieren

voor; bovendien zijn de daar voorkomende organismen beter tegen droogstand bestand. Ook schorren en platen hebben belang bij wisselende waterstanden: bij een waterstand die te lang op één niveau blijft, kan er bij storm erosie van schorkliffen en plaatranden optreden. Voor de plantengemeenschappen op dijksglooiingen geldt hetzelfde als voor de bodemdieren; een te langdurig lage waterstand veroorzaakt verdroging en sterfte. De schorvegetatie is veel minder gevoelig.

Het horizontale getij is de pomp die zorgt voor de uitwisseling in het bekken, en van het bekken met de Noordzee. Ook de aanvoer van voedingsstoffen naar en de afvoer van afvalstoffen van plaatsgebonden organismen wordt door de getijstroom verzorgd. Mosselverwaterplaatsen bij voorbeeld zijn er geheel van afhankelijk. Verder transporteert de stroom zand en klei, waarmee de schor- en plaatvorming ten nauwste samenhangt.

Het zoete water dat op de Oosterschelde geloosd wordt, wordt door de turbulente stroming en de wind gemengd met het zeewater. Hierdoor wordt voorkomen dat het zoete water een afluitende laag vormt op het bekken. Door stratificatie, de vorming van waterlagen met een verschillend zoutgehalte, kan de zuurstofvoorziening van het diepere water in gevaar komen. Daarnaast kan de zoete bovenlaag vanuit het Volkerak of de Schelde-Rijnverbin-

Fig. 7. Seizoensinvloeden op de biomassa en het aantal steltlopers



ding waar deze laag in beginsel zal ontstaan, na verloop van tijd doordringen tot de kom van de Oosterschelde en daar het zoutgehalte verlagen. Vermindering van het horizontale getij zal sedimentatie tot gevolg hebben van in het water zwevende deeltjes. Het belangrijkste gevolg daarvan is een verbetering van het lichtklimaat onder water, waardoor de produktie van algen kan toenemen.

Na deze toelichting zal het duidelijk zijn, dat het gebruik van de kering gevolgen kan hebben voor vele onderdelen van het ecosysteem. De ernst van de gevolgen is echter sterk afhankelijk van het seizoen waarin de ingreep plaatsvindt, en van de voorafgaande en heersende weersomstandigheden.

Vroegere sluitingen

Om inzicht te krijgen in de gevolgen van het gedeeltelijk wegvallen van het getij in het bakken is het nuttig de ervaringen van eerdere afsluitingen te evalueren. Bij twee sluitingen in het Deltagebied, beide voltrokken in het voorjaar, is onderzoek gedaan naar veranderingen in het systeem. De hier beschreven gevolgen traden alle op in de eerste weken na de afsluiting.

Op 3 mei 1977 werden de schuiven van de doorlaatcaissons in het Brouwershavense Gat gesloten. Hierdoor werd de getijbeweging, zowel de verticale als de horizontale, gereduceerd tot ongeveer een kwart van het getij bij open Brouwershavens Gat. Tot 3 mei was er nog nauwelijks sprake geweest van vermindering van het getij. Na 3 mei nam het getij geleidelijk verder af, als gevolg van het op hoogte komen van de blokkendam in het zuidelijk sluitgat, en de afdichting ervan met grind en zand. Rond half juni was de getijbeweging tot nul gereduceerd. Toevalligerwijs viel het begin van de sluiting samen met een aanzienlijke verbetering van het weer, waardoor de temperatuur van het water in tien dagen vijf graden steeg.

Gedurende de eerste weken werden markante effecten op het milieu gesignaleerd. Ongeveer 30 uur na het definitief droogvallen van een plaatdeel op ongeveer N.A.P. werd de werking daarvan op het gedrag van de bodemdieren zichtbaar; na ongeveer 60 uur werd de eerste sterfte vastgesteld. Na negen dagen waren alle kokkels, mosselen en zeepieren boven de waterlijn dood.

Op de plaatdelen die steeds onder water bleven, werden gedurende de eerste weken geen veranderingen vastgesteld in de levensgemeenschap.

Na twee tot drie dagen stierven de algenmatten



af tussen de vegetatie van de drooggevalen schordelen en op de dijkglooingen. Binnen een week stierf de rest van de levensgemeenschap op de drooggevalen dijkglooingen af. Enkele weken na de sluiting van de caissonschiiven begonnen de oppervlakkig wortelende en de op het slijk voorkomende planten, met name de zeegrassen, te verdrogen. Ook hier geldt dat geen effect geconstateerd is op onder water blijvende delen.

De vogels bleven nog enkele weken langs de waterlijn fourageren. Abnormale sterfte trad hier niet op: de vogels weken geleidelijk uit naar aangrenzende gebieden. In mei is het aantal steltlopers in het Deltagebied trouwens altijd vrij gering.

Ongeveer 10 dagen na het sluiten van de schuiven werd nabij Dreischor bacterievorming aangetroffen op geweisponzen en andere

vastzittende organismen in dieper water. Na 20 dagen was dit verschijnsel sterk toegenomen. Op plaatsen waar het horizontaal getij ook vóór de afsluiting al klein was, zoals in de omgeving van Bruinisse, trad het niet op of pas veel later. Op 12 mei was de temperatuur van het water gestegen tot 15°C, terwijl die op 3 mei nog maar 10°C bedroeg. In dezelfde periode daalde het gehalte van zwevende stof door sedimentatie als gevolg van het vrijwel wegvallen van de stroming. Hierdoor verbeterde het lichtklimaat, zodat de primaire produktie van algen toenam. Dat kwam tot uiting in een stijging van de zuurgraad en een verhoging van het zuurstofgehalte. Gedurende de eerste weken na de sluiting werden bij metingen op verscheidene plaatsen en diepten zuurstofgehalten gevonden die niet of nauwelijks onder het verzadigingsgehalte lagen; er was zelfs duidelijk sprake van oververzadiging als gevolg van de toegenomen primaire produktie. De successie van algensoorten in het water week niet af van die in andere jaren.

Door de sluiting van de Markiezaatskade nam het getijverschil in het Markiezaat tussen 30 maart en 20 april 1983 af van 3,00 m tot 0,25 m. Dit was een koude en regenachtige periode. Naar de effecten op bodemdieren op enkele permanent droogvallende respectievelijk onder water komende plaatdelen is ook toen onderzoek verricht. Van de meest gevoelige soort bleek op de drooggevallene delen de helft na tien dagen dood. Bij andere gevoelige soorten was dat na dertig dagen het geval. In vergelijking met de Grevelingen trad dus pas in een veel later stadium sterfte op. Dit kan voor een groot deel worden toegeschreven aan het verschil in weersomstandigheden.

Fig. 8. Principe van het eenzijdig getij

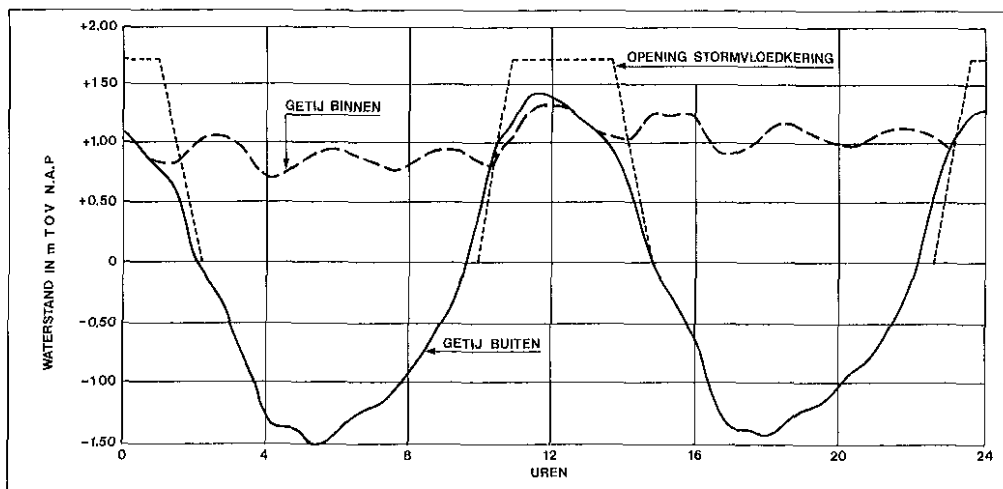
Oosterschelde

Het getij op de Oosterschelde kan tijdens de zandsluiting van het Krammer met behulp van de stormvloedkering door een combinatie van beheersscenario's worden beïnvloed (figuur 6). Het getij kan worden gerekt tot een periode die tweemaal of driemaal zo lang is als de normale getijperiode; bovendien kan de doorstroombopening verder worden verkleind, met als grenstoestand de volledige sluiting. Vanwege lekken door de drempel van de stormvloedkering blijven dan nog kleine variaties in de waterspiegel over, van 25–50 cm. Daarnaast is nog een zogenaamd eenzijdig getij mogelijk: hierbij wordt de stormvloedkering geopend of gesloten bij een bepaald waterstandsverschil; er ontstaat dan een translatiegolf, die zorgt voor variatie in de waterstand, maar vooral in de stroomsnelheden (fig. 8).

Het is nu nog niet bekend, welke combinatie van getijbeïnvloedingsmogelijkheden zal worden gebruikt voor de zandsluiting van het Krammer. Misschien is het zelfs wel verstandiger om te wachten met een definitieve keuze tot de ervaringen met de zandsluiting van het Tholense Gat bekend zijn.

Onderstaande beschrijving van de gevolgen voor milieu en visserij heeft dan ook nog een globaal karakter. Wel is er van uitgegaan, dat





de sluiting van het Krammer plaatsvindt in de maand april van 1987.

Een tot tweemaal zo lang gerekt getij kan van invloed zijn op milieu en visserij. In deze fase valt een groot gebied slechts gedurende één laagwaterperiode per dag droog, terwijl de zone daarboven slechts gedurende één hoogwaterperiode per dag wordt overspoeld. Sterfte van bodemdieren in de hogere plaatdelen en van de flora en fauna langs dijk-glooiingen zal naar verwachting niet optreden, omdat alleen de voor droogstand minder gevoelige soorten minder vaak worden overspoeld. Wel zal er door de langere perioden van droogstand remming op kunnen treden in de groei.

Omdat de aantallen vogels in april afnemen en er elke dag een fourageerperiode overblijft, lijkt de schade voor vogels beperkt. De voorjaarstrek- kers hebben echter een zeer sterke trekdrang, en daarom ook een grote voedselbehoefte, om de broedgebieden in goede conditie te kunnen bereiken. Een gerekt getij zou tot versnelde doortrek van vogels kunnen leiden. Het verdient aanbeveling om de stagnante periode zoveel mogelijk 's nachts te kiezen. De kans op extra erosie van plaatranden is klein, omdat het stormseizoen in principe voorbij is.

Het horizontaal getij wordt bij een tot twee keer zo lang gerekt getij telkens twaalf uur onderbroken. In die gebieden van de Oosterschelde waar de stroomsnelheid ook nu al laag is – een groot deel van de kom en de Krabbenkreek – worden op voorhand geen storingen verwacht, omdat de turbulentiegraad van het water daar vooral wordt bepaald door de golfwerking. In de andere gebieden zal het telkens opjagen van het getij naar verwachting voldoende zijn om bacterievorming op vastzittende organismen

en vermindering van het zuurstofgehalte te voorkomen.

Een tot drie keer de normale duur gerekt getij zal ongunstiger zijn dan een getij van dubbele lengte. Toch zal er naar verwachting ook dan nog geen sterfte optreden van bodemdieren, zeewieren en zeegrasen boven N.A.P.

De voorzichtige conclusie is, dat bij een sluiting in april geen belangrijke negatieve gevolgen voor milieu en visserij te verwachten zijn van een gerekt getij. Het ecosysteem van de Oosterschelde in het vroege voorjaar is echter zo ingewikkeld, dat deze conclusie nooit met zekerheid kan worden getrokken. De toestand is bovendien afhankelijk van het verdere gebruik van de kering in 1986 en van de weersomstandigheden.

Er is al met al reden om de gevolgen voor milieu en visserij van de laatste sluitingsfase voorzichtigheidshalve enigszins optimistisch in te schatten.

Als het gerekte getij ook nog geknepen wordt, neemt het *getijverschil in enkele dagen af tot 0,5 m*. Het horizontale getij neemt evenredig af. Bij droog en warm weer zullen de bodemdieren op de platen in de hogere getijzone, boven N.A.P. + 0,75 m, in moeilijkheden komen: de voor droogstand relatief gevoelige soorten sterven ten dele af.

Tevens zullen de zeewieren op platen en dijken boven dat peil afsterven. Sterfte van betekenis in de rest van de levensgemeenschap beneden N.A.P. is onwaarschijnlijk. De schorrenvegetatie zal geen last ondervinden. Vogels blijken in stresssituaties langer te fourageren dan normaal. Indien dit onvoldoende voedsel oplevert zullen ze doortrekken. Vogels uit het Deltagebied zullen in het voorjaar bijna uitsluitend doortrekken naar of de Waddenzee

– dit doen de Scandinavische en West-Siberische populaties – of naar Engeland, zoals de IJslandse en Groenlandse populaties. Bij zeer harde wind bestaat in deze periode een kans op extra erosie van plaatranden. Op vastzittende organismen in dieper water kan tijdelijk overmatige bacterievorming optreden, afhankelijk van de reductie van de stroomsnelheid op een bepaalde plaats, en van de heersende watertemperatuur. Een mogelijke negatieve factor vormt de stratificatie. Voortdurend wordt zoet water aangevoerd door de Volkeraksluizen en door de Brabantse rivieren. Zelfs als deze aanvoer vanaf het najaar van 1986 wordt geminimaliseerd, leidt dit bij 2,65 m getijverschil tot een aanzienlijke zoet/zoutgradiënt in de richting van het Zijpe. Door het wegvallen van het getij houdt de menging op, waardoor een brakke waterlaag boven op het zoute Oosterscheldewater gaat drijven en zich als een olievlek verspreidt. Dit kan een daling van het zoutgehalte veroorzaken. De grenslaag tussen beide watersoorten is bovendien matig tot slecht doorlatend voor zuurstof. Berekeningen hebben aangetoond, dat er maar een geringe kans bestaat dat het zuurstofgehalte bij een gerekte en geknepen getij in de onderste waterlaag zakt tot beneden 25% van het verzadigingsgehalte bij een watertemperatuur van 10°C. In ondiepere gebieden daarentegen wordt het zuurstofgehalte eerder hoger dan lager, omdat het lichtklimaat door de toenemende sedimentatie gunstiger wordt voor primaire produktie. Het dichtzetten van de stormvloedkering tijdens de laatste fase van de sluiting kan misschien het beste beginnen op een hoogwaterkentering aan het begin van de dag. Door het lekken van de kering daalt de waterspiegel binnen een dag tot ongeveer N.A.P. Rekening houdend met de beperkte duur van deze fase behoeven geen grote problemen te worden verwacht. De platen komen gedurende deze laatste fase droog te staan, althans boven N.A.P. De kans op droog en zonnig weer met als gevolg veel verdamping is in april aanwezig, zodat misschien enige sterfte van bodemdieren verwacht moet worden. Mogelijk treedt ook enige sterfte op door de relatief lage zoutgehalten.

Nagegaan wordt nog of en in hoeverre een verbetering van de situatie zou kunnen worden bereikt door een rondstroming in te stellen via het Bathse Spuikanaal naar de Westerschelde en een stroming op te wekken van de Grevelingen via de Flakkeese Spuisluis in de Grevelingendam.

Bij de zandsluiting van het Tholense Gat zal het getij veel korter geknepen hoeven te worden dan bij de Krammersluiting: twee dagen lang wordt er een gewoon dubbeldaags getij met een amplitude van ongeveer 1,50 m opgewekt. Na deze periode zal de kering één tot twee dagen gesloten moeten worden. Naar verwachting zullen de gevolgen voor de levensgemeenschappen en de visserij meevallen, vooral door de korte duur. Uldroging van bodemdieren zal niet zo snel optreden, zeegrassen en sommige zeewieren sterven van nature af. De bodemdieren hebben in de herfst veel reservestoffen opgeslagen, waardoor hun weerstand vrij groot is. Vogels zullen in deze periode ten dele uit kunnen wijken naar de Westerschelde. De zoutgehalten zullen slechts plaatselijk zakken tot het toelaatbaar minimum, zodat ook deze factor geen problemen van betekenis zal opleveren. Ten aanzien van de visserij is er één belangrijk verschil tussen april en oktober: in april zijn de mosselverwaterplaatsen vrijwel leeg, in oktober zijn ze in vol bedrijf. Een meer concrete beschrijving van de gevolgen voor het milieu in de Oosterschelde van de zandsluiting van het Tholense Gat kan slechts gegeven worden in samenhang met de effecten ten gevolge van de voltooiing van de stormvloedkering.

Het is duidelijk, dat het niet mogelijk is lang van te voren een kant en klaar recept op te stellen. Bovendien is uit getijberekeningen gebleken dat de stroomsnelheden in het sluitgat in de allerlaatste fase van de sluiting, wanneer het gaat om de laatste honderden vierkante meters, zeer gevoelig zijn voor het gebruik van de stormvloedkering. Operationele begeleiding met een mathematisch getijmodel is dan ook noodzakelijk. Daarnaast is een goede informatiestroom nodig betreffende getij, weersomstandigheden, waterkwaliteit en de toestand waarin de levensgemeenschappen zich bevinden. Een groep van deskundigen zal de sluiting dan ook begeleiden.

Technische ontwerpen

In dit Bericht wordt een samenvatting gegeven van de eind 1983 opgestelde schetsontwerpen van de zandsluiting van het Krammer en van de zand- en steensluiting van het Tholense Gat. Vooraf gaat een beschrijving van de risico-analyse die is uitgevoerd, en waarvan de resultaten bij de sluitingen worden vermeld.

Inmiddels zijn nieuwe gegevens bekend geworden, waardoor bijstelling van de schetsontwerpen nodig zal zijn. Het betreft onder andere de te verwachten lek van de stormvloedkering, waardoor ook bij gesloten kering een restgetij blijft bestaan op de Oosterschelde, met een getijverschil van ongeveer een halve meter. Dit zal een belangrijke bemoeilijking van de laatste sluitfase tot gevolg hebben.

Een andere belangrijke wijziging betreft de te verwachten onderwatertaluds. Op grond van een uitgebreide inventarisatie blijkt dat met aanzienlijk flauwere taluds rekening moet worden gehouden, terwijl de onzekerheid eveneens groot blijft.

Deze en andere factoren zullen tijdens de achtereenvolgende sluitingen van het Marolles-

gat, het Slaak en het Tholense Gat worden geëvalueerd. Ze kunnen dan leiden tot bijstelling van het ontwerp van de Krammersluiting.

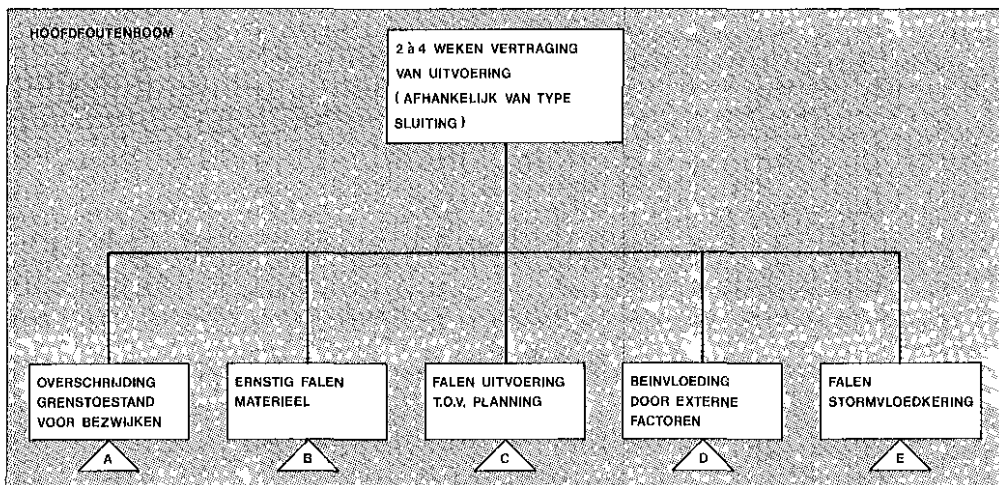
Risico-analyse

Als verstrekkende ongewenste gebeurtenis beschouwt men in de risico-analyse een vertraging in de uitvoering van enkele weken. Zo'n tegenslag kan in hoofdzaak voortvloeien uit een beperkt aantal categorieën van tegenvallers. Voor de zandsluitingen in het Krammer en het Tholense Gat zijn dat de categorieën A t/m E van figuur 9, hierbeneden.

Om inzicht te verkrijgen in aard en grootte van de risico's is voor ieder sluitgat een afzonderlijke risico-analyse opgesteld. Zo'n analyse biedt de mogelijkheid uitvoeringsproblemen, constructieve aspecten en externe oorzaken parallel in de beschouwing te betrekken. De gebeurtenissen en omstandigheden die kunnen leiden tot het optreden van de meest ongewenste gebeurtenis, worden door het opstellen van foutenbomen opgespoord en systematisch verkend.

De volgende stap in de analyse is het toekennen van kansen van optreden aan de verschillende gebeurtenissen in de foutenboom. Het constructieve deel daarvan – het optreden van grenstoestanden – kan veelal worden benaderd met probabilistische sterkteberekeningen. Voor de kwantificering van externe gebeurtenissen die de uitvoering beïnvloeden, is geput uit databanken en ervaringsgegevens en verder uit gegevens omtrent de dagproducties van het materieel; te denken valt dan vooral aan situaties waarbij het werk uitloopt als gevolg van veel kleine tegenvallers.

Nadat de foutenboom of een deel daarvan is



9

gekwantificeerd, kan het resultaat leiden tot aanpassing van de constructie of de uitvoeringsmethode.

Zulke aanpassingen, die meestal vanuit een oogpunt van geldbesparing ontstaan, kunnen bijvoorbeeld de kruinhoogte en -breedte van de sluitkade betreffen.

Vertraging kan in de eerste plaats ontstaan als de constructie tijdens de bouw bezwijkt. Een overzicht van mogelijke grenstoestanden is gegeven in figuur 10, op deze pagina.

Ten tweede is het mogelijk dat het gebruikte materieel zozeer beschadigd raakt dat een vertraging van enkele weken onvermijdelijk wordt. Ten derde kan een samenloop van ongunstige omstandigheden en op zich kleine tegenvallers tot gevolg hebben dat de geplande totale bouwduur sterk overschreden wordt.

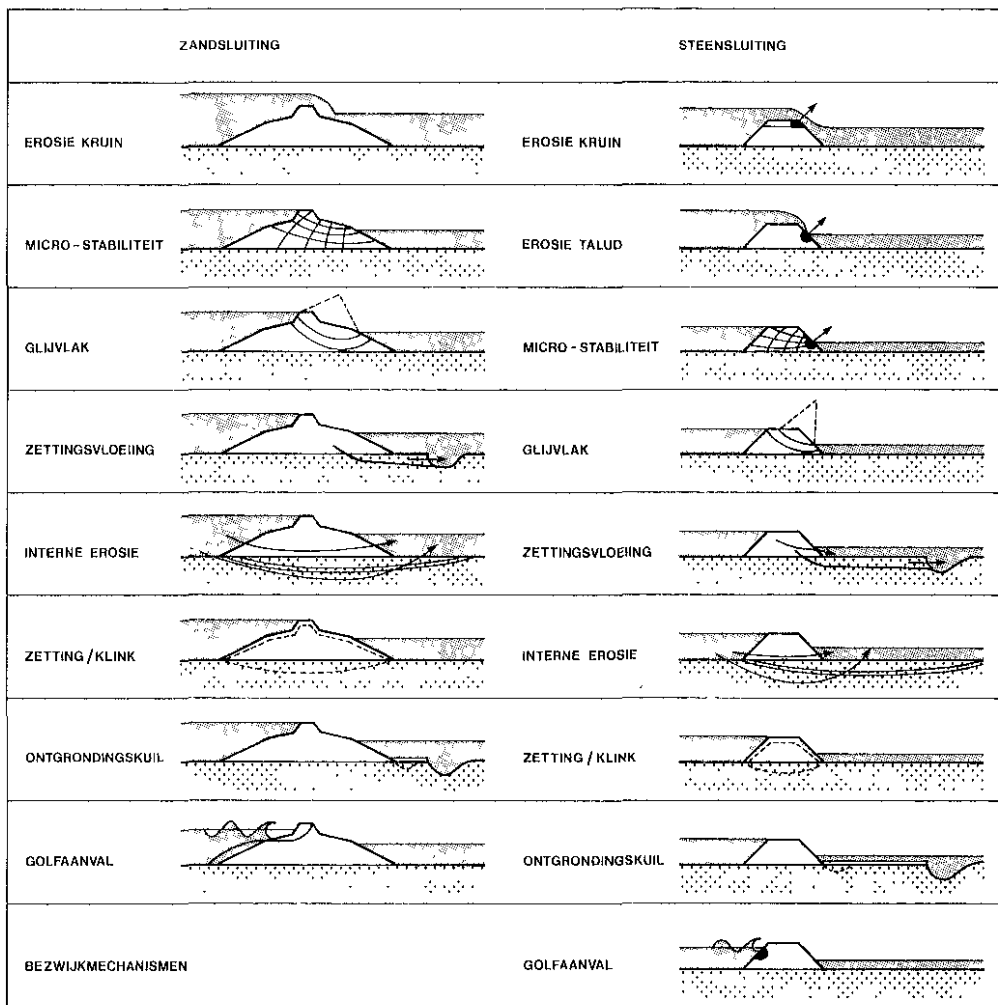
Ten slotte is het mogelijk dat het werk door

externe factoren, zoals staking en milieu-acties, of door het falen van de stormvloedkering wordt beïnvloed.

De eerste twee categorieën hebben een incidenteel en calamiteus karakter. De derde betreft het normale uitvoeringsbedrijf met de bijbehorende stochastische afwijkingen in productiecapaciteit, zandverliezen, werkcoëfficiënt en onwerkbaar weer. Het effect van deze factoren zal bestudeerd worden aan de hand van een planning waarin de totale bouwduur op probabilistische wijze wordt berekend uit de verwachtingswaarde en de stochastische afwijking daarvan.

De risico-analyse is niet alleen van belang voor de beoordeling en eventueel de bijstelling van het ontwerp en de uitvoering; de resultaten zijn ook gebruikt voor de bepaling van de financiële consequenties van de technische risico's.

10



Zandsluiting van het Krammer

In 1982 is besloten om het Krammer met behulp van zand te sluiten. Dit is echter alleen mogelijk als gebruik wordt gemaakt van de stormvloedkering; het getij dient zo te worden beïnvloed dat de stroomsnelheden in het sluitgat in voldoende mate kunnen worden beperkt, vooral tijdens de kritische fase van de sluiting. Een zandsluiting is financieel zeer aantrekkelijk; hij kan ongeveer 35 miljoen gulden goedkoper zijn dan een betonblokken-sluiting bij gereduceerd getij, waarvan aanvankelijk werd uitgegaan. Laatstgenoemde sluiting is op zijn beurt weer 20 miljoen gulden goedkoper dan een sluiting bij het volle getij.

Bij de zandsluiting van het Krammer speelt de stormvloedkering een centrale rol. Het gebruik van de kering dient echter aan strikte grenzen te worden gebonden om te grote risico's voor het milieu en de visserij te vermijden. Dit heeft consequenties voor de ontwerpaanpak.

De Krammersluiting zal, overeenkomstig het in figuur 2 gegeven tijdschema, worden uitgevoerd in april 1987. Vroeger is praktisch niet mogelijk, omdat het schutbedrijf van de Krammersluizen zonder aanmerkelijke kostenverhoging niet voor 1 april 1987 gereed kan zijn. De maand april is overigens gunstig uit milieu-oogpunt, onder meer in verband met de dan nog lage water- en luchttemperaturen.

De zandsluiting van het Krammer komt er in feite op neer dat vanaf één of beide oevers een sluitkade van zand wordt opgespoten. In het kleiner wordende sluitgat nemen de snelheden toe en dus stijgen de zandverliezen. De hoeveelheid zand die nodig zal zijn om de sluiting uit te voeren hangt af van het netto-volume van de sluitkade en van de optredende zandverliezen.

Die verliezen zijn behalve van de korreldiameter van het zand en enkele andere parameters

vooral afhankelijk van de duur en de grootte van de stroomsnelheden. Deze laatste twee grootheden spelen een belangrijke rol in het ontwerpproces.

De snelheden kunnen worden beïnvloed met behulp van de stormvloedkering. Ten behoeve van het ontwerp worden hiervoor verschillende gebruiksscenario's opgesteld; het effect ervan op de sluiting wordt bepaald met behulp van zandverliesberekeningen. De duur van de sluiting is mede afhankelijk van de bereikte zandproductie. Hoe groter de productie, des te sneller de voortgang van de zandsluiting, en des te kleiner de totale zandverliezen.

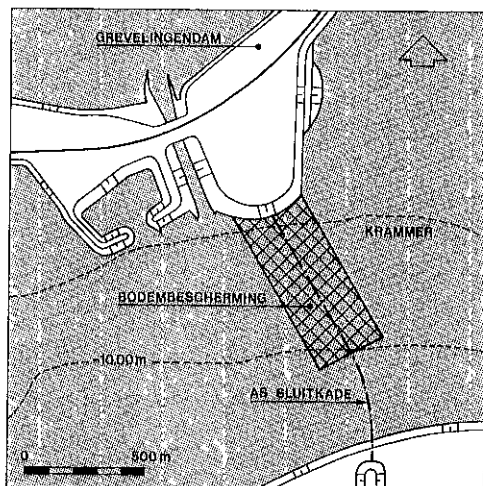
De zandsluitingsberekeningen gaan uit van verschillende netto-zandproducties en een vooraf gekozen dwarsprofiel voor de sluitkade. Uiteindelijk is een combinatie gekozen van een verantwoord geacht gebruiksscenario voor de stormvloedkering en een netto-zandproductie per uur waarmee de sluiting vlot kan worden uitgevoerd.

Tijdens de gehele duur van de sluiting zullen manoeuvres met de stormvloedkering in de Oosterscheldemond er voor moeten zorgen dat in het sluitgat Krammer slechts omstandigheden optreden die behoren bij een gemiddeld getij. Dientengevolge behoeft geen rekening te worden gehouden met risico's ten gevolge van hoge waterstanden, en worden hoge snelheden in het sluitgat in de springtijperiode vermeden. Tijdens de sluiting zullen de waterstanden zich bewegen tussen gemiddeld hoogwater en gemiddeld laagwater. Voor een groot aantal verschillende doorstroombrofielen zijn getijberekeningen uitgevoerd met het eindimensionale mathematische model IMPLIC; daarbij werd het gebruiksscenario voor de stormvloedkering telkens gevarieerd. De afvoercoëfficiënten van het sluitgat zijn geschat uit stroombeeldonderzoek in het fysische overzichtsmodel M 1000. Ze nemen toe van 0,70 bij het begin van de sluiting tot 0,85 aan het eind. De snelheidsverdeling in het sluitgat is vrij gelijkmatig.

Bij een ongestoord gemiddeld getij bereiken de stroomsnelheden maximale waarden van 5 m/s bij een kleiner wordend sluitgat (figuur 13). Bij het instellen van een gerekt gemiddeld getij met behulp van de stormvloedkering zullen de maximale snelheden nagenoeg even hoog blijven, de gemiddelde snelheden nemen echter sterk af, waardoor de totale zandverliezen beperkt blijven. Bij het ontwerp en de uitvoering dient voor de maand april rekening te worden gehouden met een significante golfhoogte van 0,9 m, die een overschrijdingsfrequentie heeft van 10^{-2} per jaar.

De bodem van het gebied is tot N.A.P. -25 à 35 m vrijwel geheel opgebouwd uit matig grof

Fig. 11. Overzicht van het
Krammer



Beneden: de situatie in vogel-
vlucht, gezien van west naar
oost



Fig. 12. Bouwfases van de zandsluiting in het Krammer

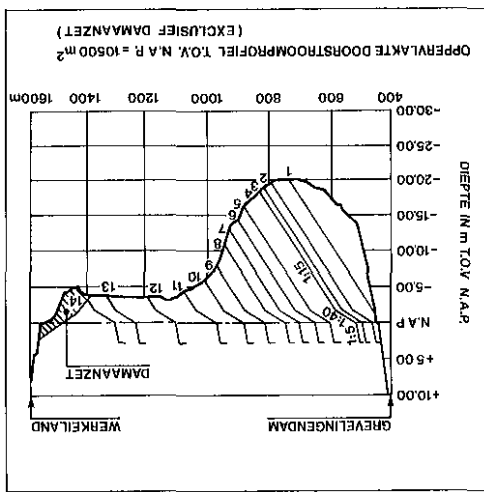
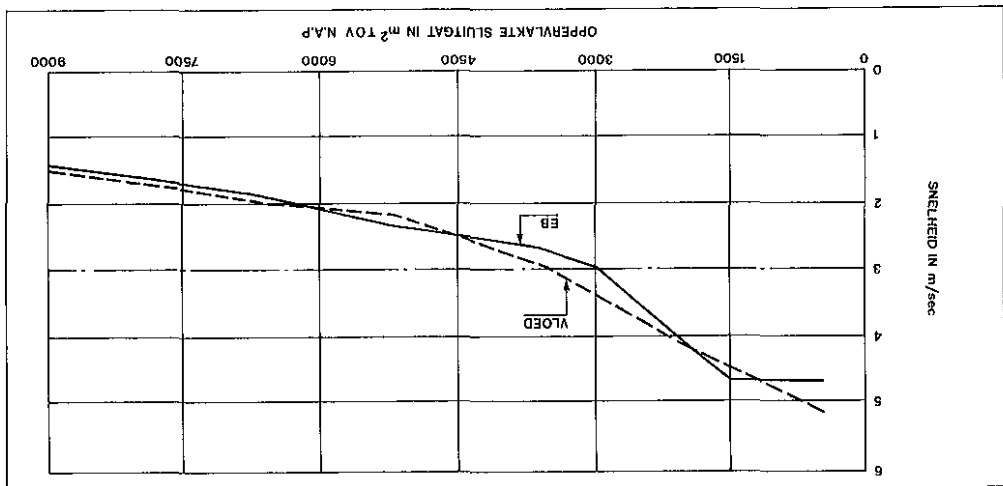


Fig. 13. Maximale snelheid bij gemiddeld getij afhankelijk van het doorstroomprofiel



uit alle onderzochte varianten de meest aantrekkelijke.

Er zal gesloten worden van noord naar zuid, dat wil zeggen van diep naar ondiep. Bij deze werking worden de verliezen op het zandstort, die veel groter zijn dan de bodemverliezen, beperkt, omdat de stortingen tegen het einde van de sluiting sterk afneemt (figuur 12).

Voor de sluitkade is, rekening houdend met het getij en de korrel diameter van het zand, een dwarsprofiel gekozen op grond van praktijk-ervaring (fig. 14). De kruinbreedte houdt verband met de omvang van het spuitbedrijf. Als de sluiting een flink eind gevorderd is zal begonnen worden met de uitbouw van een sluitkade vanaf de zuidelijke damaanzet; daarbij zal opnieuw zand uit de bekens worden gebruikt.

Alvorens met de sluiting te beginnen wordt een korte damaanzet opgespoten tegen het werkeiland aan, met zand uit de bekens van de Krammersluizen; zo wordt werk met werk gemaakt. De damaanzet, die niet verdedigd zal worden, dient om tijdens de sluiting de stroom van de oever af te leiden. Deze oplossing bleek

tot matig fijn jong zeezand, waarvan gezien het grote porringehalte moet worden aangenomen dat het zettingssvloeiingsgevoelig is. Bij ontgronden en de zandwinplaats en in de sluitgatbodem heeft een gemiddelde korrel diameter van 210 micron. De zandwinplaats biedt ruimte aan maximaal 4 winzuigers, met per stuk een maximale brutoproduktie van 4000 m³/u.



Ter bepaling van de vereiste zandproductie, de totaal benodigde zandhoeveelheid, inclusief de verliezen, en de duur van de sluiting zijn berekeningen uitgevoerd met de klassieke zandtransportformule van Morra-Kalinske. Deze rekenmethode werd bij eerdere sluitingen met redelijk succes toegepast. Toch is voorzichtigheid geboden, omdat bij de Krammersluiting in verband met de grote sluitgatdiepte en de mogelijk zeer hoge stroomsnelheden ver buiten het ervaringsgebied van de vroegere toepassingen wordt getreden. In verband hiermee wordt voorzichtigheidshalve gekozen voor gebruiksscenario's voor de stormvloedkering waarbij het zandverlies per getij nooit groter is dan 50% van de zandproductie in diezelfde periode, en waarbij bovendien de maximale snelheid, gemiddeld over het sluitgat, niet meer bedraagt dan 3 m/s.

Zandsluiting van het lage
bekken bij de Krammersluizen,
augustus 1979

Fig. 14 Dwarsprofiel van de
sluitkade

Fig. 15 Verloop van de
waterstanden en van de
snelheid in het sluitgat, bij een
kritisch profiel van 3000 m² en
gerekt getij

Mogelijk zullen deze criteria op grond van verdere studie nog verder beperkt moeten worden.

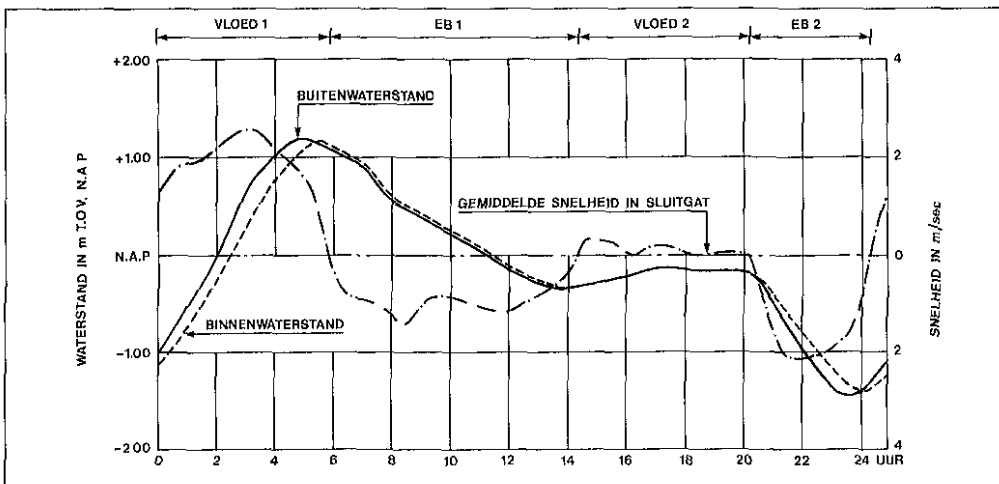
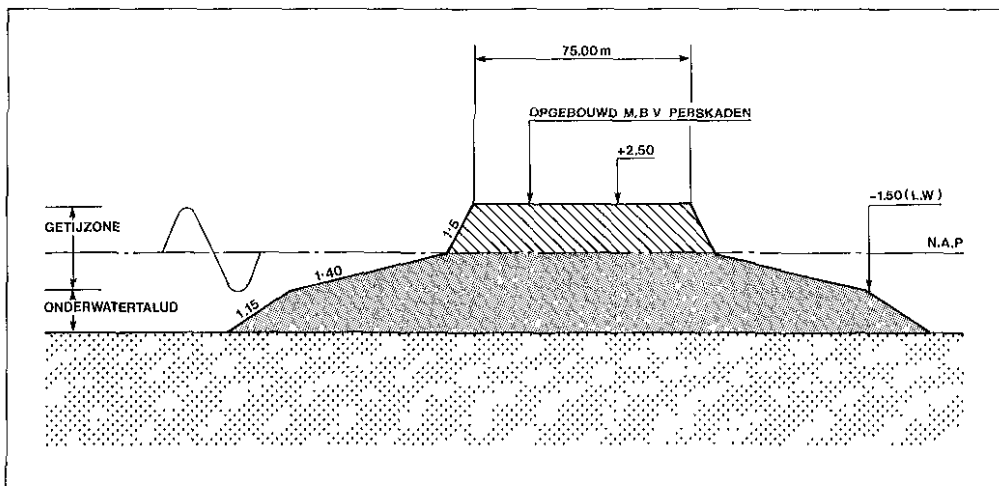
Het gebruik van de stormvloedkering kan verlopen volgens verschillende beheersscenario's; men kan in principe werken met een gewoon getij, met een tot twee of meer keer zolang gerekt getij, en met een geknepen getij, waarbij de stormvloedkering steeds minder ver geopend wordt. Mogelijk is ook een eenzijdig getij, waarbij met de stormvloedkering translatiegolven worden opgewekt die het bekken in beweging houden terwijl de snelheden in het sluitgat toch beperkt blijven, en tenslotte een geheel gesloten stormvloedkering.

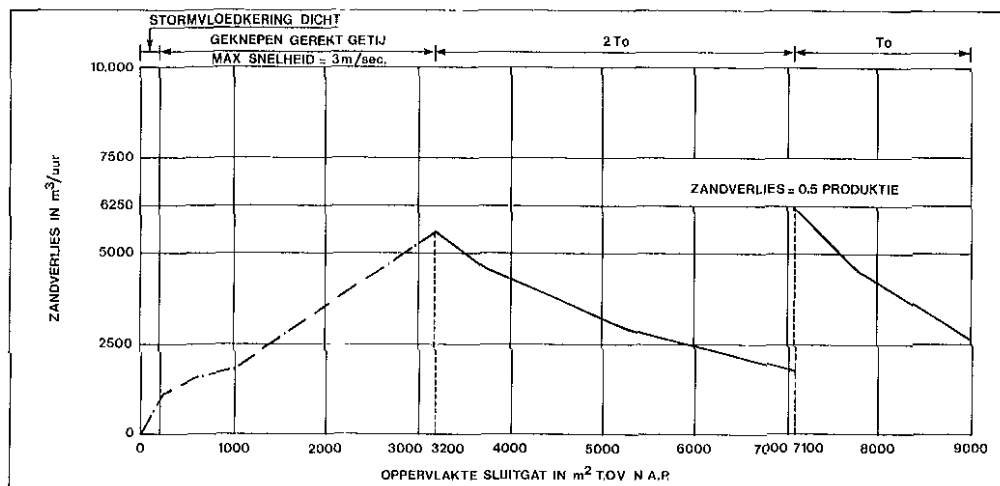
Uiteraard zijn nog andere scenario's denkbaar, en alle mogelijke combinaties van scenario's. Voor het schetsontwerp van de zandsluiting

zoals dat eind 1983 met de toen beschikbare kennis werd vastgesteld, is ervan uitgegaan dat verschillende scenario's zullen worden toegepast.

De stormvloedkering blijft geopend tot de zandverliezen per getij zijn opgelopen tot 50% van de productie. Dit duurt waarschijnlijk een week. Vervolgens wordt het getij gerekt tot de maximale snelheden in het sluitgat een waarde bereiken van 3 m/s, vermoedelijk weer na een week. Daarna wordt het getij zo geknepen dat in het steeds kleinere sluitgat de maximale snelheden niet hoger worden dan 3 m/s.

Opnieuw ongeveer een week later moet de stormvloedkering tenslotte een à twee etmalen dicht, namelijk wanneer het sluitgat zo klein is geworden dat verder spuiten geen zin meer heeft. Bij een gesloten stormvloedkering en





een waterstand die varieert rond N.A.P. wordt dan met behulp van een droog bedrijf gesloten. Bij elk van de beheersscenario's zijn zandsluitingsberekeningen uitgevoerd voor netto-zandproducties van 10 000 m³/u, 12 500 m³/u en 15 000 m³/u, in de verwachting dat de te kiezen zandproductie binnen dit scala zou vallen. Het resultaat van deze berekeningen is weergegeven in figuur 16, waarin het gemiddelde zandverlies per uur wordt weergegeven als functie van het sluitgatoppervlak bij de verschillende stormvloedkeringsscenario's. Duidelijk blijkt op welk punt wordt overgestapt op het volgende scenario.

In figuur 17 zijn de resultaten weergegeven van berekeningen van de verwachtingswaarden van de totaal benodigde hoeveelheid zand en de sluitingsduur, afhankelijk van de productie. Met het oog op het zandverlies en de belangen van milieu en visserij, maar ook uit economische overwegingen, moet een hoge zandproductie worden gerealiseerd, om de sluiting zo kort mogelijk te laten duren.

Gekozen wordt voor een netto-productie van 12 500 m³/u op het noordstort. Een grotere netto-productie is niet met zekerheid haalbaar, door de beperktheid van het zandwingebied; er kunnen niet meer dan 4 zuigers tegelijk werken, die per zuigput bruto maximaal 4000 à 4500 m³/u winnen.

In de laatste fasen van de sluiting wordt een extra-productie van 3000 m³/u op het zuidelijke stort gebracht, om daar de damaanzet uit te bouwen. Dit zuidelijke stort wordt gevoed vanuit de beide bekkens met twee cutterzuigers van elk netto 1500 m³/u. Het gebruik van dit zuidstort heeft als voordelen dat het de laatste fasen van de sluiting bekort, en daarmee de

erosie in het sluitgat vermindert.

Ook vermindert de erosie van de benedenstrooms gelegen bodem en oevers, en men benut er overtollig zand mee, met andere woorden: er wordt werk met werk gemaakt. Om er zeker van te zijn dat het noordstort door het uitbouwen van de zuidelijke damaanzet niet met grotere verliezen te kampen krijgt, wordt met het zuidstort pas begonnen wanneer de sluiting is gevorderd tot het tweede overstap-punt. Vanaf dat moment is de hydraulische belasting van het noordstort niet meer afhankelijk van het doorstroombroefiel; door het knippen van de stormvloedkering blijft het verloop van de stroomsnelheden in het sluitgat vrijwel gelijkvormig.

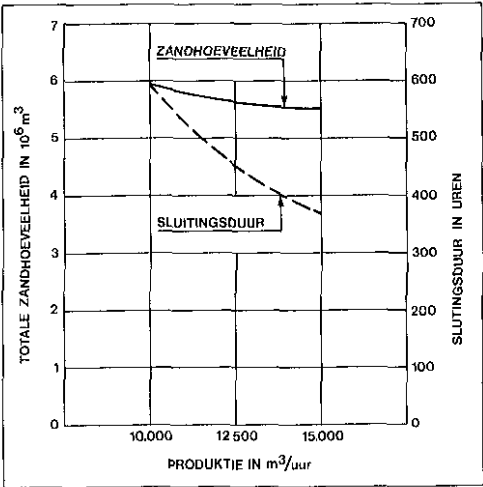
De stroming zal bij het passeren van het sluitgat eerst toenemen en daarna weer minder worden, met als gevolg dat de zandtransport-capaciteit eerst toeneemt en vervolgens weer afneemt. De erosie en sedimentatie die hierbij optreden, zijn afhankelijk van de mate waarin de stroom verzadigd is met zand. Op het stort wordt zoveel zand aangeboden dat de stroom oververzadigd raakt, zodat benedenstrooms van het stort alleen sedimentatie zal optreden. In de rest van het sluitgat zal erosie optreden in de buurt van het tracé, en op grotere afstand sedimentatie. Achter het stort kan een neer ontstaan, met op de grens van neer en hoofd-stroom een verhoogde eroderende werking. Het uitgebouwde stort zelf zorgt ervoor dat deze erosie voldoende ver uit de oevers blijft. Bij een sluiting vanuit één oever zou dan nog erosie kunnen optreden aan de oever waar niet gespoten wordt. Door in de laatste fasen van de sluiting ook aan de zuidkant zand te spuiten wordt erosie van de oever voorkomen. Extra bodembescherming buiten het sluitgat wordt

Fig. 16. Zandverliezen bij de verschillende scenario's voor de stormvloedkering

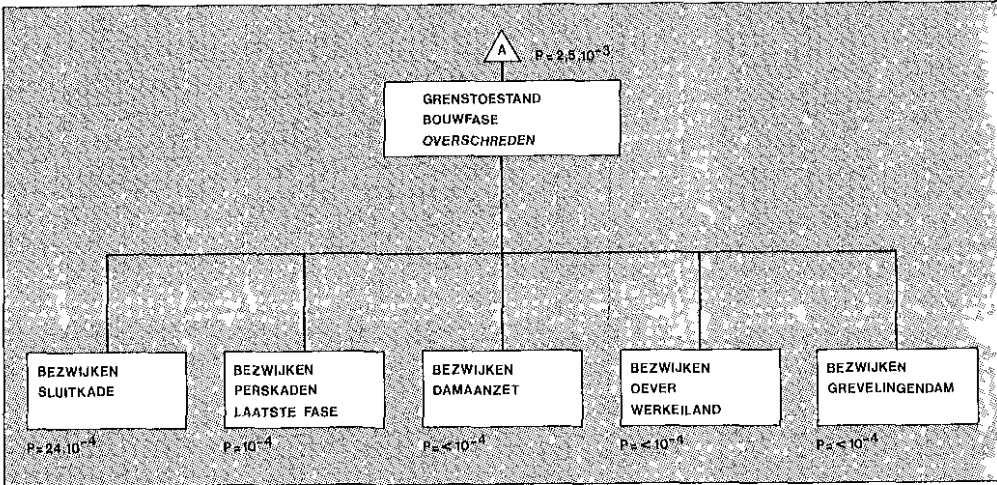
Fig. 17. Resultaat van de zandsluitingsberekeningen

Fig. 18. Gekwantificeerde foutenboom. P: faalkans

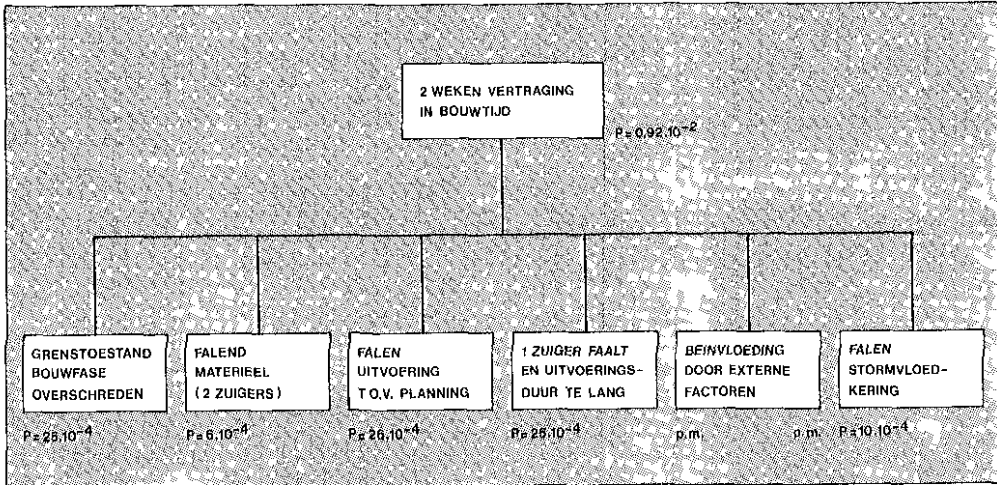
Fig. 19. Gekwantificeerde hoofd foutenboom



17.



18



19.

dan ook in het ontwerp niet voorzien. Bij flauwe taluds en geringe ontgrondingen is de kans op grondmechanische instabiliteiten van belangrijke omvang, zoals zettingsvloeiingen, zeer klein. Wel kunnen lokaal kleine afschuivingen optreden, maar die zijn eenvoudig te repareren, terwijl ze de stabiliteit van de constructie als geheel niet in gevaar brengen. Het is essentieel dat de voorgeschreven netto-zandproductie ook inderdaad wordt gehaald.

De werkzaamheden op het stort dienen zo te worden georganiseerd dat de zandproductie zo effectief mogelijk wordt benut ten behoeve van de voortgang van het werk. Hiertoe zullen onder meer perskaden worden opgezet en onderhouden tot aan de waterlijn.

Het eindresultaat voor onderdeel A van de hoofdfoutenboom (figuur 9), dat van belang is voor het ontwerp, wordt vergezeld van een kwantificatie, weergegeven in fig. 18. De berekende faalkansen geven geen reden tot bezorgdheid.

Verscheidene oorzaken van niet te voorziene aard kunnen de uitvoering langer doen duren dan gepland. Er kunnen afwijkingen optreden van de waarden die in de berekeningen zijn gehanteerd met betrekking tot de korreldiameter, de stroomsnelheden, de zandproductie, het stroombeeld, de taluds van de sluitkade, de bodemruwheid, enzovoort. Met probabilistische berekeningen zijn de spreiding in de uitvoeringsduur en de benodigde totale zandhoeveelheid benaderd. Voor alle relevante parameters werd een spreiding aangenomen op basis van onderzoeksgegevens of praktijkervaring. Het eindresultaat van deze berekeningen is samengevat in het onderstaande overzicht.

We herinneren eraan dat bij het onderzoek naar de spreiding de overgang van het normale getij naar het gerekte getij plaatsvindt op het moment dat het verlies per getij gelijk is aan de helft van de productie. Theoretisch is de standaardafwijking van het maximumverlies dan ook gelijk aan 0. Bij zandverliezen groter dan de verwachtingswaarde zal eerder, dat wil zeggen bij een groter sluitgat, op het volgende gebruiksscenario van de stormvloedkering moeten worden overgestapt, met als gevolg

dat langer zal worden gewerkt met gerekt en geknepen getij. Hier wordt in het midden gelaten in hoeverre dit uit een oogpunt van milieu en visserij aanvaardbaar is. Figuur 19 geeft een totaaloverzicht van de faalkansen. De totale faalkans van de zandsluiting, de kans dat de sluitingsduur uitloopt met 2 weken of meer, wordt geschat op 1%. Verder is te zien dat de kansen evenwichtig verdeeld zijn over de onderscheiden ongewenste gebeurtenissen. Bij de uitvoering is bijzondere zorgvuldigheid vereist bij het gebruik van de stormvloedkering ten behoeve van de zandsluiting. Rekening moet worden gehouden met de randvoorwaarden vanuit het milieu en de visserij; daarnaast dient zo goed mogelijk te worden voldaan aan de eisen die de geplande zandsluiting stelt. Men moet kunnen inspelen op onvoorziene omstandigheden die zich ten tijde van de sluiting kunnen voordoen; bijvoorbeeld extreme waarden van het zoutgehalte, de watertemperatuur of de luchtvochtigheid, in verband met het uitdrogen van de platen. Ook wanneer de uitvoering van de zandsluiting tegenvalt, moet worden nagegaan of bijstelling van een stormvloedkeringsscenario mogelijk is. Een en ander vraagt om meet- en waarnemingssystemen en om operationele mathematische modellen waarmee op grond van de nieuwste gegevens het verloop van de zandverliezen kan worden gevolgd en korte-termijnprognoses kunnen worden gegeven voor het getij en andere parameters. De uitvoering zelf zal door een team van deskundigen worden begeleid.

Na voltooiing van de sluiting wordt de sluitkade afgewerkt tot het definitieve dwarsprofiel.

	Max verlies (m ³ /getij)	Sluitings- duur (uur)	Totale zand- hoeveelheid (m ³)
Verwachtingswaarde	μ 78000	450	5,7 · 10 ⁶
standaardafwijking	σ 0	125	1,5 · 10 ⁶

Register

Driemaandelijks Bericht Deltawerken Nr. 101 t/m 110

A

aanzanding 132, 150
'Acra' 193
akoestische zandtransportmeter 430, 537, 541
ankerbehandeling 193
ARIMA-model 527
asfaltmastiek 235
'Asterias' 159

B

BALANS 48
BARCON 521
Bathse Spuikanaal 99
– bruggen over 215
– bouwputten 442
beleidsanalyse 315
BEMORF-model 544
beton 230
betonblok 211, 546
blokkenmat 230
bouwfasenonderzoek 197
breuksteen 237

C

Callantsoog 109
'Cardium' 136, 251, 291, 346, 528, 533
CARJAN-bedrijf 527, 533
caissonsluiting 125
CBR-apparaat 547
commissie-Klaasesz 125
compartimenteringsdammen
– fasering 77, 313
– planning 88
– sluitingsmethode 77, 90

D

Deltawet 275
Den Helder 564
'Donax I' 185, 407
Dorpsbouw 168
dorpelbalk 368
duikers 159
duinafslag 109
duwvaart 275
dijkverzwaring 109, 564

E

echolood 243
ecologie 261
ELMAR-stroommeter 541
erosie 38, 44
erosietoestel 549

F

filter, losgestort 59, 408
filterconstructie 14
Flakkeese Spuisluis 550
– capaciteit 554

G

getij-analyse 72
getijverschil 247
getijvolume 20
GONO-model 164
granulaire materialen 234, 237
Grevelingendam 20, 550
Grevelingenmeer 92
grind 238
grindwiepenmat 408

H

Hansweert 275
HATYAN-programma 73
heien 220
hevel 550
HISTOS 155
hulpdam 210
Hydro-Meteo-Centrum 160, 193, 528, 545
hijlsframe 498

I

IMPLIC-model 531
inrichting en beheer 331, 377, 384
inspectie onder water 159
'Interplot' 242
'Ir. J. W. Topshuis' 375, 392, 572

J

'Jan Heymans' 59, 144, 418, 533
Jansen, P. Ph. 3
'Joker' 193

K

Kanaal door Zuid-Beveland 275
klei 212, 546
KNMI 160, 531
koperslakblok 211
Krammer 19, 34, 377, 550
Krammersluizen 325
kunststoffen 231
kwaliteitskeuring 230

L

Laboratorium voor Grondmechanica 24, 70, 549
landschapsplan 100, 389
'Libra' 63

M

'Macoma' 172, 189, 407
maricultures 364
Markiezaat 331
Markiezaatskade 24
meetdienst 154, 420, 439
meetnet 163
milieu 39, 83, 316, 381, 523
modelonderzoek 17, 46, 197, 208, 230, 308, 368, 422
morfologie 19, 34
mosselaangroei 205
mijnsteen 238
'Mytilus' 66

N

nalijning 542
Neeltje Jans 555

O

Oesterdam 77, 209, 548
ontgrendeling 188
ontgronding 30
ontgrondingskuil 294
ontzanding 60, 64
Oosterschelde 39
- milieu 83, 316, 381
- scheepvaart 88, 379
- schorren 267
- visserij 85, 316, 379
- zoutgehalte 79, 83, 305
Oosterschelddijken 523
Oosterscheldedekering 123, 165
- afvoercoëfficiënt 165
- ankerbehandeling 193
- bedieningsgebouw 375, 392, 572
- beheer 521
- beleidsplan 555
- besluitvorming 169
- bewegingswerken 5, 469
- bliksembeveiliging 491
- bodembescherming 359
- doorstroombopening 247
- dorpelbalken 368
- drempel 14, 62
- elektrische installatie 7, 480
- energievoorziening 9, 490
- faalkans 7, 361
- financiën 174
- funderingsmatten 59, 129, 147, 166, 352, 527, 533
- gedeeltelijke sluiting 361
- historische ontwikkeling 125
- hydrauliek 5, 480
- inspectie en onderhoud 507
- kostenbewaking 174
- kwaliteitszorg 229
- landschappelijke vormgeving 389
- maatvoering 131
- meetactiviteiten 154
- mosselaangroei 205
- ontgrondingen 294
- peilingen 239
- planning 174
- project-organisatie 166
- pijlers 411
- pijlerplaatsing 407
- schade aan 255
- schuifbesturing 484
- schuiven 5, 461
- stabiliteit 70
- tegelmatten 130, 147, 165, 407
- tijd/weg-diagram 353, 535
- verdichting 66
- verval 207
- voorspelsysteem 160
- werkomstandigheden 534

– werkschepen 59, 66, 136, 138, 144, 146,
152, 156, 172
organische stof 40
'Ostrea' 152

P

peiling 61, 65, 156
perkoenpaal 213
Philipsdam 22, 77, 548
– werkeiland 34
Plaat van de Vliet 20, 35, 384
plaatsbepaling 156, 240
'Portunus' 159
proces-analyse 151
proctordichtheid 549
Provinciale Zeeuwse Courant 374
Pump Filter Sampler 537
puntlast 368

R

raamovereenkomst 139, 168
Rattekaai-West 270
recreatie 102, 334, 381, 384, 560
reductor-sluiting 526
risico-analyse 147

S

scheepsbouw 142
scheepvaart 88, 277, 314, 321, 379
scheepvaartbegeleiding 194
Schelde/Rijn-verbinding 27, 314
schelpdieren 39
schorklif 270
schuifgeleiding 132
sedimentbaan 542
sedimentering 34, 40
'Sepia' 408, 415
Slaak 19, 34
slakken 238
slibtransport 39
snelpeil 156, 160, 537
steenasfalt 259
steendepot 62
steensluiting 77
stormvloedkering zie Oosterscheldekering
stormvloedwaarschuwing 27, 164
stortsteen 255, 368
Stromos Mobiel 536
stroommeetapparatuur 251, 536
stroommeetcoördinator 528

T

tegelmot 131, 185
toleranties 131, 155
toplaagstort 62, 64
transportformule 252

U

UPS 162, 193, 239
'Ursus' 193

V

verdichting 64, 66
verhaalschipper 349
visserij 85, 95, 316, 379, 523, 557, 560
voedingsstoffen 93
vogelonderzoek 105
Volkerak 377
voorlichting 371, 559
vormgeving 99

W

waterbouwasfalt 234
waterkwaliteit 92
Waterloopkundig Laboratorium 251, 546
werkbeproeving 146
Westerschelde 84
'Wijker Rib' 159

Y

Yerseke 247

Z

zand 237
zandasfalt 299
zandconcentratie 430, 541
zandsluiting 77
Zoommeer 84, 305
zout/zoetproblematiek 79, 83, 305, 380
zijdelingse sonar 538, 539

Zandsluiting van het Tholense Gat

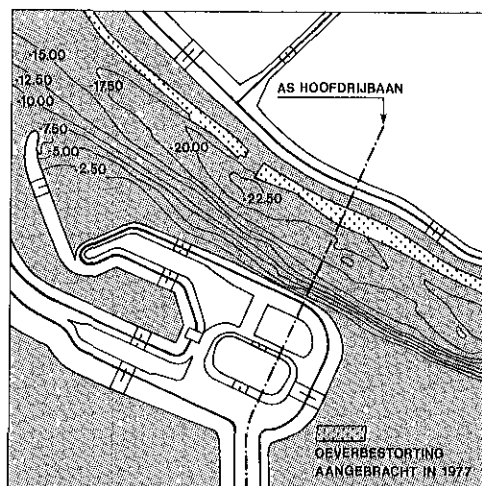
Het Tholense Gat zal, als alternatief van de steensluiting, met zand worden gesloten. Een steensluiting mag worden uitgevoerd als het plaatsen van de dorpelbalken van de stormvloedkering bijna of geheel is voltooid; verder verloopt zo'n sluiting onafhankelijk van de bedienbaarheid van de schuiven. Een zandsluiting kan echter alleen worden uitgevoerd als van de stormvloedkering gebruik wordt gemaakt om de stroomsnelheden in het sluitgat en daardoor de zandverliezen te beperken.

Zandsluiting van het Tholense Gat, uit financieel oogpunt zeer aantrekkelijk, kan daarom op z'n vroegst plaatsvinden in oktober 1986.

De milieuraandoorwaarden zijn wel wat gunstiger in de maand april, waarin de Krammersluiting is gepland. Oktober is evenwel acceptabel, omdat voor de sluiting van het Tholense Gat een veel beperkter gebruik van de stormvloedkering behoeft te worden gemaakt.

De ontwerp-aanpak vertoont veel overeenkomst met die voor de zandsluiting van het Krammer. Een duidelijk verschil is er echter bij het gebruik van de stormvloedkering; voor de zandsluiting van het Tholense Gat kan en moet worden volstaan met een eenvoudiger gebruiksscenario.

Er wordt van uitgegaan dat ter verkleining van de uitvoeringsrisico's tijdens de sluiting en de afwerking van het damvak waterstanden boven het springtijhoogwater met behulp van de stormvloedkering zullen worden afgetopt. Tijdens de sluiting van het Tholense Gat is het Krammer nog open. Om de waterstanden en stroomsnelheden te bepalen zijn getijberekeningen uitgevoerd voor een groot aantal door-



stroomprofielen. De maximale snelheden als functie van het sluitgatprofiel bij een open stormvloedkering zowel als bij een tot 6000 m² geknepen doorstroombopening in de kering worden weergegeven in de figuren 21 en 22. Na de sluiting moet rekening worden gehouden met de volgende waterstanden aan de westkant van de dam:

	(m t.o.v. N A P.)	
	HW	LW
Gemiddeld springtij	+ 1,64	- 1,48
Gemiddeld getij	+ 1,48	- 1,44
Gemiddeld doottij	+ 1,18	- 1,15

De stroming zal bij het passeren van het sluitgat eerst toenemen en daarna kleiner worden, met als gevolg dat ook de zandtransportcapaciteit eerst toeneemt en vervolgens weer afneemt. De erosie en sedimentatie daarbij zullen afhankelijk zijn van de mate waarin de stroom verzadigd is met zand. Op het stort wordt zoveel zand aangeboden dat de stroom oververzadigd raakt. Benedenstroms van het stort zal daarom alleen sedimentatie optreden.

Omdat het noordelijk en het zuidelijk stort elkaar vrijwel vanaf het begin van de sluiting raken, zal de oververzadigde stroom benedenstroms van het stort alleen sedimentatie veroorzaken. Bovendien blijft de stroom, door het uitbouwen vanaf beide oevers, in het midden van de geul geconcentreerd. Extra bodembescherming in de omgeving van het sluitgat wordt daarom niet nodig geacht. Wel zullen maatregelen moeten worden

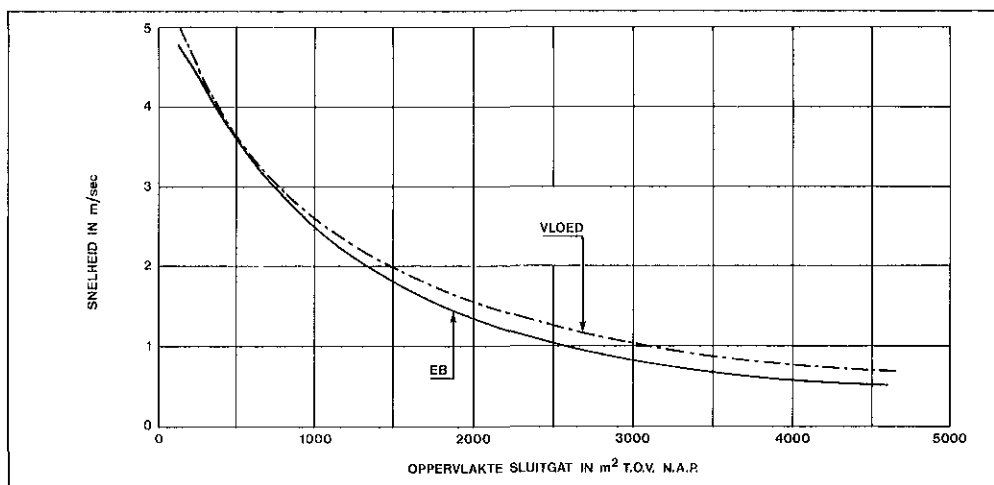


Fig. 21 Maximumsnelheden in het sluitgat bij gemiddeld getij en open stormvloedkering

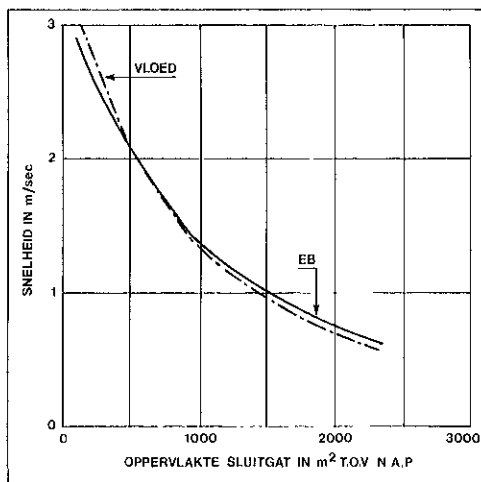
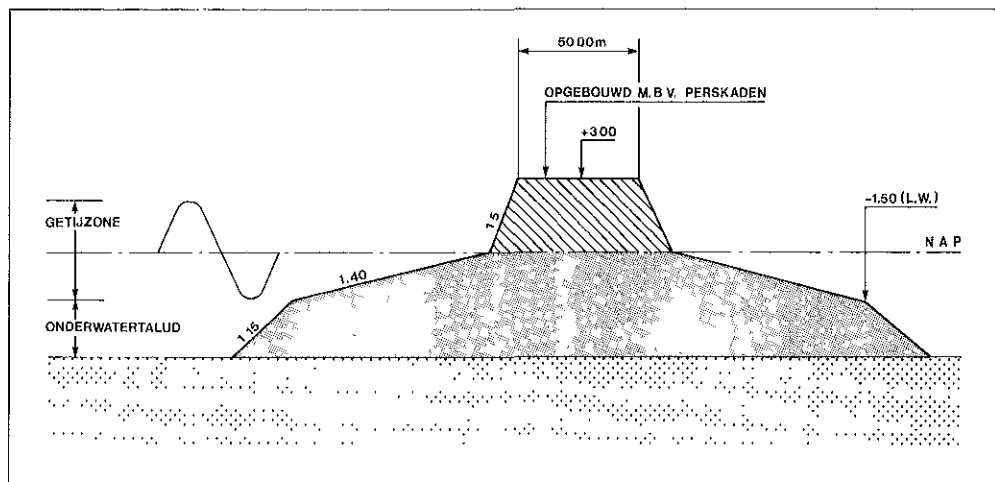
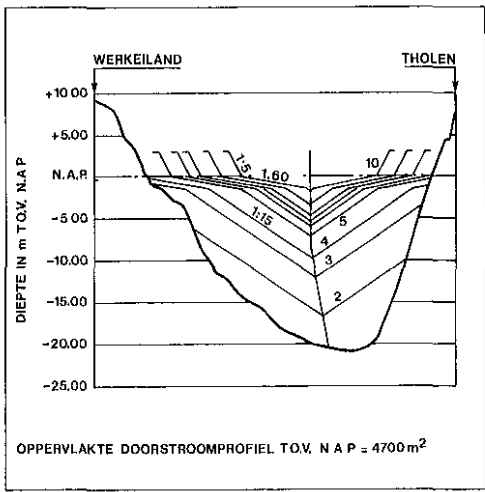


Fig. 22. Maximale snelheden in het sluitgat bij gemiddeld getij op zee en een tot 6000 m² geknepen stormvloedkering

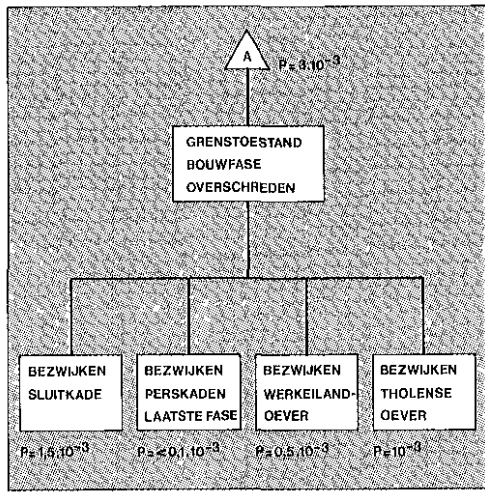
Fig. 23. Dwarsprofiel van de sluitkade



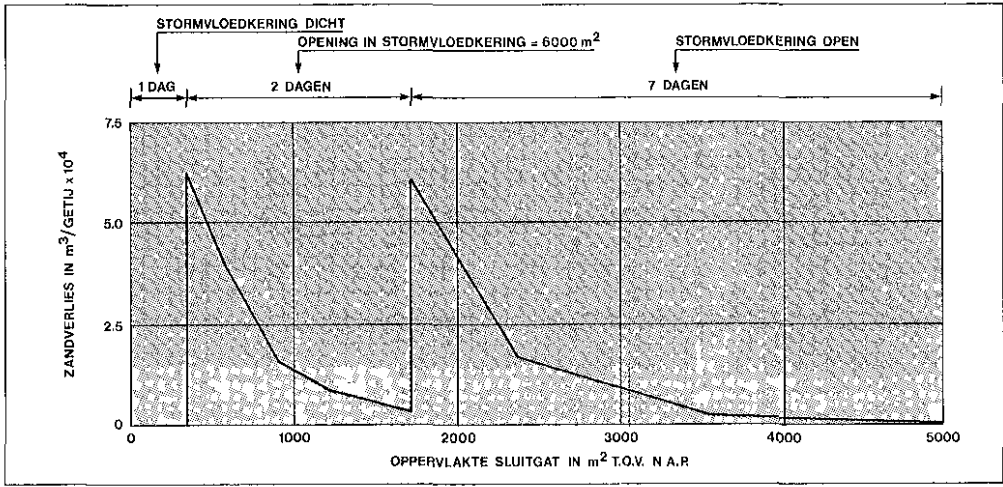
24.



25.



26.



genomen om erosie van de oever beneden de stortpijp te voorkomen. Het eindresultaat voor onderdeel A van de hoofdfoutenboom (figuur 9), wordt weergegeven in figuur 25. De berekende faalkansen geven evenals bij de ontworpen Krammersluiting geen reden tot bezorgdheid. Het eindresultaat van probabilistische berekeningen om de spreiding in de uitvoeringsduur en de benodigde totale zandhoeveelheid te kunnen bepalen, is hieronder samengevat.

Fig. 24. Bouwfasen van de zandsluiting

Fig. 25. Gekwantificeerde foutenboom. P: faalkans

Fig. 26. Zandverliezen als functie van het doorstroomprofiel bij de opeenvolgende scenario's voor de stormvloedkering

	Max. verlies (m³/getij)	Sluitings- duur (uur)	totale zandhoeveelheid (m³)
Verwachtingswaarde	μ 62 000	220	$2,2 \cdot 10^6$
standaardafwijking	σ 0	40	$0,4 \cdot 10^6$

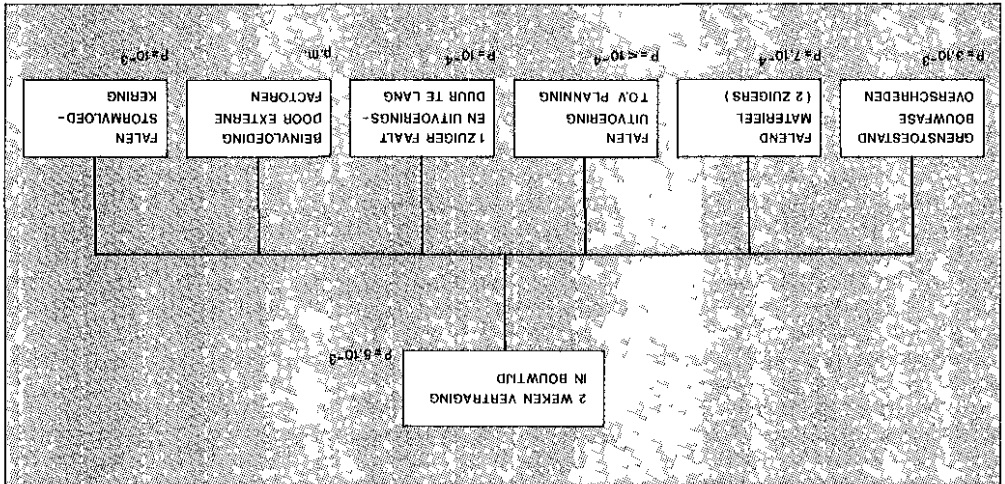
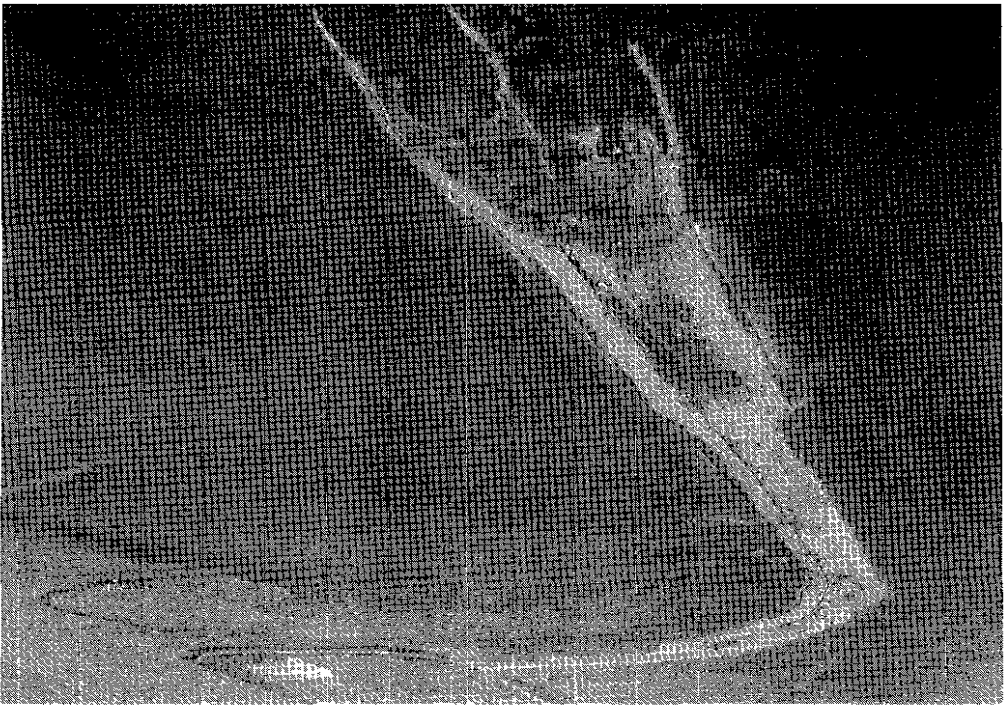


Fig. 27. Gekwantificeerde hoofdfoutenboom

Tenslotte wordt in figuur 27 het totale overzicht aan faalkansen gepresenteerd. De standaardafwijking van het maximale verlies is niet relevant. Het grootste verlies dat naar verwachting zal optreden is gelijk aan de helft van de zandproductie. Zodra overschrijding dreigt, wordt overgestapt op een ander

scenario voor de stormvloedkering. Theoretisch is de standaard-afwijking van het maximale verlies gelijk aan 0; praktisch is dit niet juist, onder andere als gevolg van onnauwkeurigheden bij de bepaling van productie en verlies. De totale faalkans is klein, vergeleken met die van het Krammer zowel als met die van de steensluiting. De kans op overschrijden van een grenstoestand heeft voor de beide zandsluitingen dezelfde orde van grootte; bij de steensluiting is die echter een factor 10 hoger. De berekende faalkansen geven geen aanleiding tot bijstelling van het ontwerp of tot bijzondere maatregelen bij de uitvoering.



Steensluiting van het Tholense Gat

In 1980 is besloten met de sluiting van het Tholense Gat aan te vangen als alle of bijna alle dorpelbalken van de stormvloedkering zouden zijn geplaatst. De reductie van de stroomsnelheden op de Oosterschelde maakt het dan mogelijk de steensluiting uit te voeren met een varende bedrijf. In vergelijking tot de eerder geplande sluiting bij het volle getij met betonblokken vanaf een hulpbrug is hierdoor een besparing bereikt van 16 miljoen gulden. Hoewel inmiddels is besloten het Tholense Gat met zand te sluiten, wordt de ontworpen steensluiting hier toch behandeld, vooral ook omdat de ervaring met de aanleg van de westelijke Markiezaatskade kon worden benut. Hierdoor was het mogelijk een optimaal steensluitingsontwerp te maken, dat interessant genoeg is om er bredere bekendheid aan te geven. We beschrijven het ontwerp alsof het

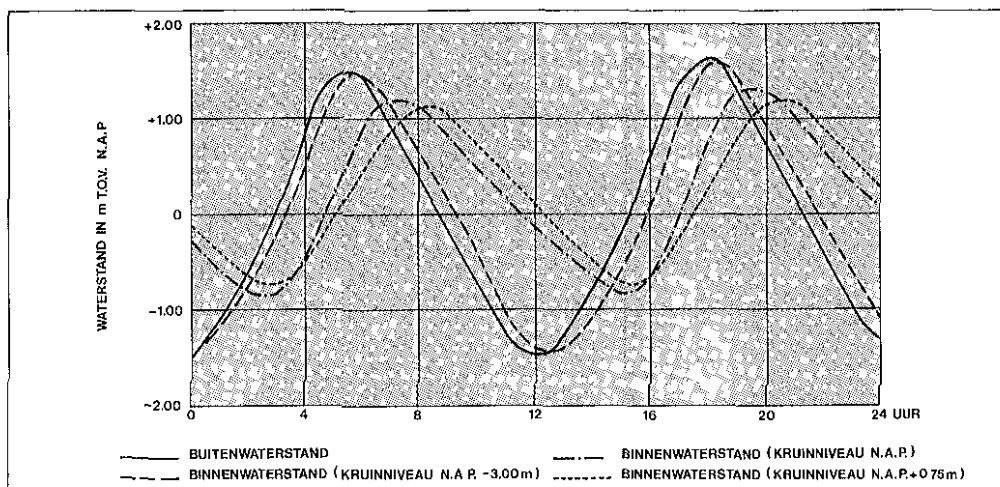
werkelijk een plan is. In feite moet voor elke keer 'zal' gelezen worden 'zou'.

Om een gespannen tijdschema te vermijden zullen de werkzaamheden aan de steensluiting worden gespreid over 1985 en 1986 (figuur 2). In 1985 worden oeverbeschermingen aangebracht ter verzekering van de grondmechanische stabiliteit van de steile oevers van Tholen en van het werkeiland. Dat jaar wordt ook het sluitgat verkleind door het aanbrengen van een drempel. In 1985 en 1986 worden stortsteen- en slakkendepots gevormd. De sluiting van het Marollegat met zand volgt in 1986, evenals de geleidelijke verticale sluiting van het Tholense Gat met stortsteen. In 1986 en 1987 wordt het damvak tenslotte afgewerkt.

Het is de bedoeling dat de steensluiting uitgevoerd wordt voordat de stormvloedkering operationeel is en voordat het natte winter- en stormseizoen invalt; dit laatste ter bescherming van de kom van de Oosterschelde tegen zoetwaterinvloeden.

De sluiting moet worden uitgevoerd in een smalle en diepe geul met steile oevers. Tijdens de sluitingsoperaties zullen door de toenemende snelheden ontgrondingen optreden die, samen met de kans op zettingsvloeiingen, gevaar op kunnen leveren voor de stabiliteit van de sluitkade in aanbouw en van de waterkeringen in de directe omgeving.

Fig. 28. Verloop van de buiten- en de binnenwaterstand in het Tholense Gat bij springtij



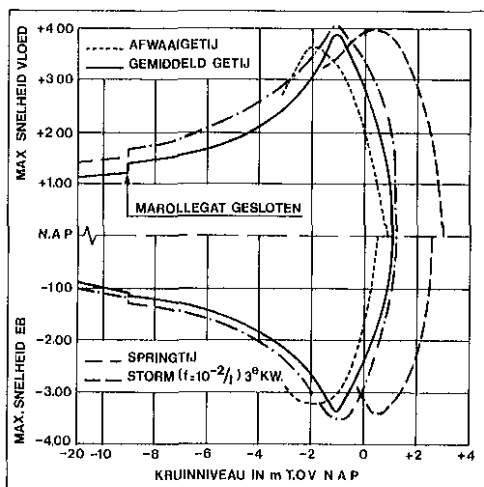


Fig. 29 Maximale stroomsnelheden gemiddeld over het sluitgat als functie van het kruinniveau

Fig. 30. Geologisch profiel in de as van de sluitkade

Tracé van de dam door het Tholense Gat

Om op de steensluiting te besparen zal het sluitgat eerst worden verkleind door het aanbrengen van een flauwe zanddrempel of een relatief steile mijnsteendrempel. Het kostenverschil zal bepalend zijn voor de keuze. Tijdens de aanleg nemen de stroomsnelheden in het sluitgat en in het Marollegat, dat dan nog open is, toe. Hoe hoog de drempel wordt opgebouwd zal afhangen van de materiaalverliezen door erosie tijdens de opbouw, van de optredende ontgrondingen aan weerszijden van de drempel, en van de vraag welke snelheden in het Marollegat voor het uitvoeren van een zandsluiting nog toelaatbaar worden geacht.

Op deze drempel zal vervolgens een geleidelijke verticale sluiting worden uitgevoerd. De verticale methode heeft het voordeel dat de sluitkade op een bepaalde hoogte als volkomen overlaai gaat functioneren (figuur 34), waardoor de stroomsnelheden worden begrensd; dit is gunstig voor de stabiliteit van de steen en voor het beperkt houden van de ontgrondingen. De toenemende snelheden tijdens de opbouw van de kade noodzaken tot het gebruik van steeds grovere materialen. Een onderdeel van het ontwerpproces is dan ook het bepalen van de niveaus waarop moet worden overgegaan op een grover en daardoor duurder materiaal. Het ontwerp wordt in belangrijke mate bepaald door de uitvoeringsmogelijkheden: met het oog op de kosten wordt uitgegaan van de inzet van gangbaar materieel. Voor het ontwerp van de drempel is gebruik gemaakt van de ervaringen die men bij de stormvloedkering heeft opgedaan met het gebruik van zand, en van wat men bij de Markiezaatskade heeft geleerd inzake een mijnsteendrempel. Verder steunt men op praktijkervaring met zandellanden voor

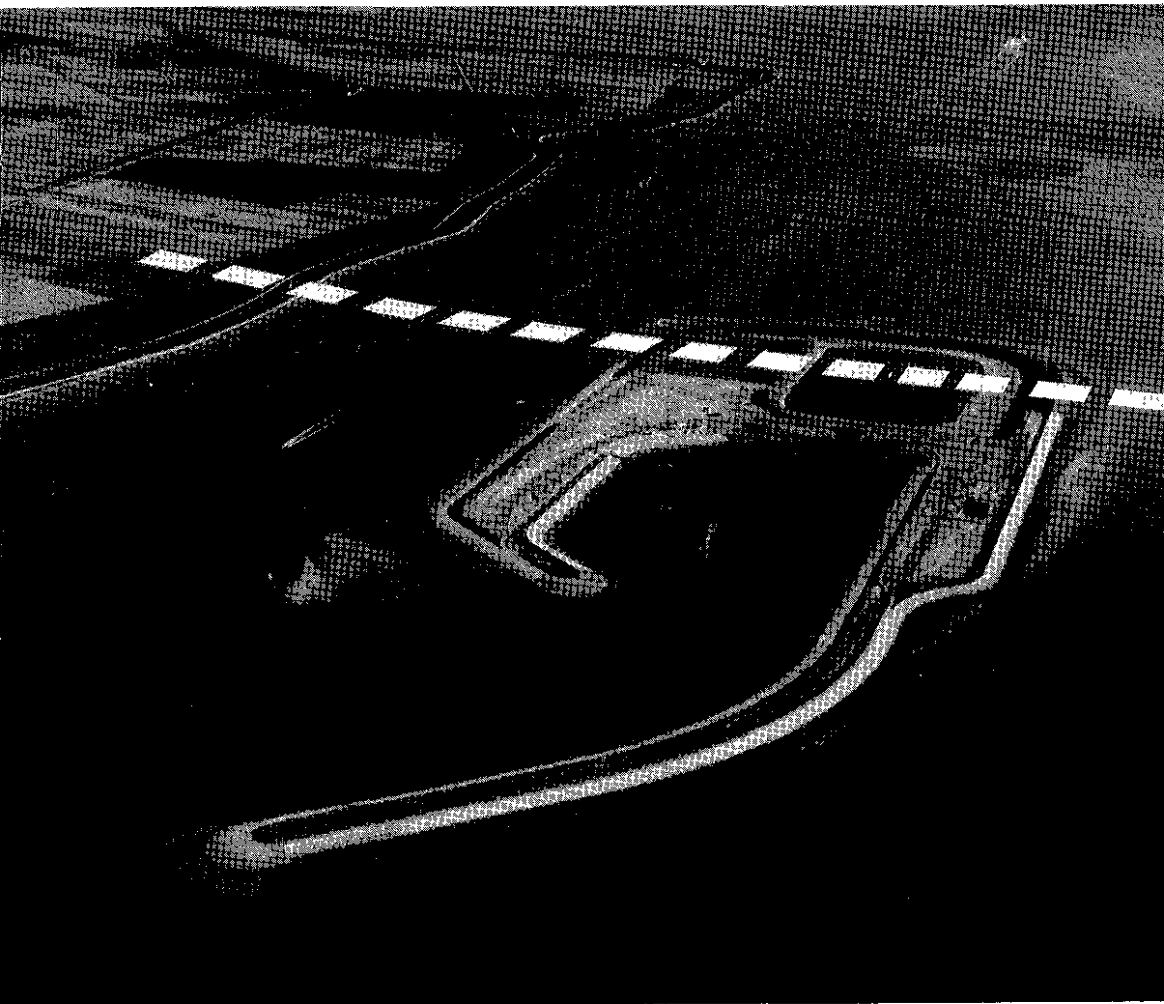
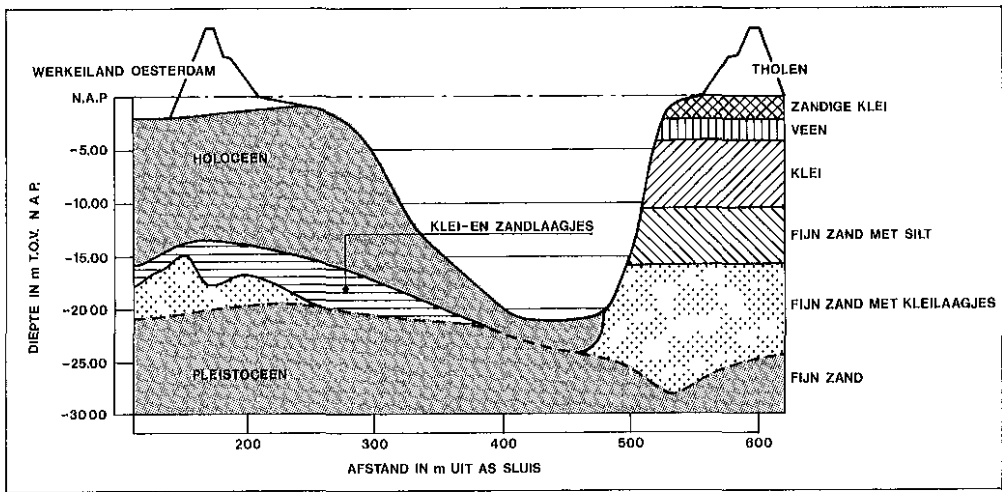
boorinstallaties in het buitenland.

Voor de steensluiting wordt vooral gebruik gemaakt van de ervaringen bij de Markiezaatskade met een varende en rijdend bedrijf. Op grond hiervan gaat men bij het ontwerp uit van een sluiting met een varende bedrijf gedurende de onderwaterfase, en een rijdend bedrijf zodra de kade droogvalt bij laag water.

Voor het ontwerp van de constructie-onderdelen zijn grenstoestanden opgesteld voor het bezwijken van de drempel, de oevers, de sluitkade en het eindprofiel van het damvak. Stabiliteitsberekeningen werden uitgevoerd voor een groot aantal belastingsgevalen; daarbij is gekeken naar erosie door stroom, ontgrondingen, het ontstaan van glijvlakken, golfaanval, zettingsvloeiingen, klink en zetting. Afhankelijk van de beschikbaarheid van gegevens en de mogelijkheid om de optredende verschijnselen mathematisch te beschrijven, is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de methode van de faalkansberekening op basis van kansdichtheidsfuncties van de relevante variabelen. In enkele gevallen is getracht om aan te geven welke faalkansen optimaal zijn met betrekking tot de kosten.

Tenslotte zijn, ter toetsing van het ontwerp, risico- en gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Voor de hydraulische randvoorwaarden is bij het ontwerp uitgegaan van de huidige situatie in het Tholense Gat (figuur 20).

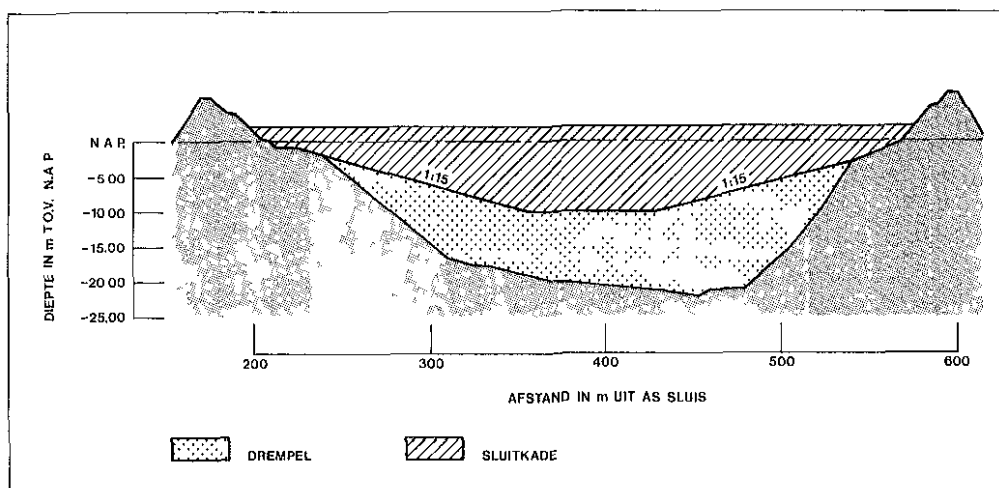
Het doorstroomprofiel heeft thans onder N.A.P. een oppervlakte van 4700 m². Voor het bepalen van de waterstanden en stroomsnelheden die in de verschillende bouwfasen optreden, is een groot aantal getijberekeningen uitgevoerd met het eendimensionale mathematische model IMPLIC. De afvoercoëfficiënten van het sluitgat zijn geschat aan de hand van gegevens uit het



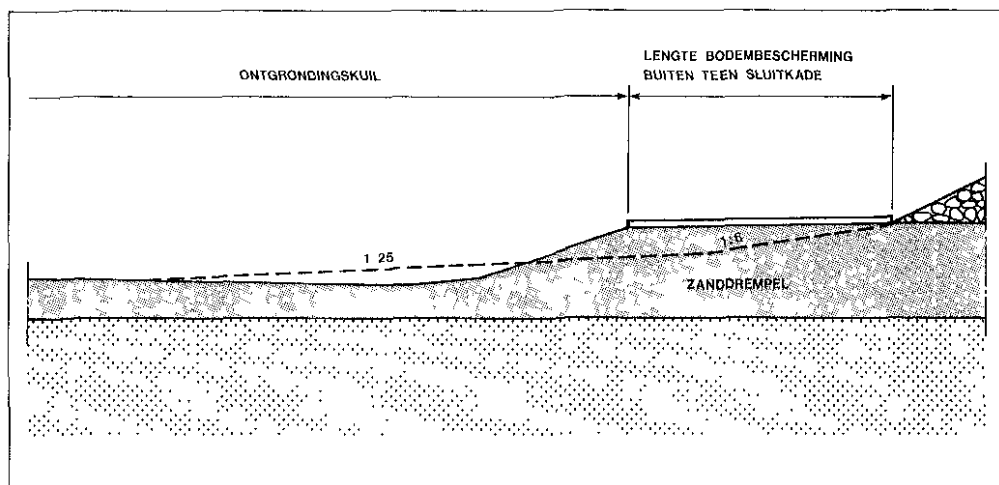
	ten opzichte van N.A.P.	
	HW (m)	LW (m)
Gemiddeld getij	+ 1,50	- 1,45
Gemiddeld springtij	+ 1,65	- 1,50
Voor derde kwartaal met over- resp onderschrijdingsfrequentie	0,1/jr + 2,90	- 2,60
idem	0,01/jr + 3,30	- 2,75

Fig. 31. Lengtedoorsnede van het sluitgat, met drempel

Fig. 32. Schadeprofiel na een zettingsvloeiing in de drempel



31.



32

sluitgat van de Markiezaatskade, en uit het fysisch overzichtsmodel M 1000.

Een aantal berekende getijkrommen en maximale stroomsnelheden die bij markante bouwfasen kunnen optreden in het sluitgat, is weergegeven in de figuren 28 en 29.

Voor het uitvoeren van stabiliteitsberekeningen zijn de over- en onderschrijdingsfrequenties van de hoog- en laagwaters van belang.

Nevenstaand overzicht geeft enkele berekende waarden die gelden voor de situatie met gereduceerd getij en open Krammer.

Tijdens de aanleg van de sluitkade en van het damvak moet rekening worden gehouden met een significante golfhoogte van 1,20 m, die een overschrijdingsfrequentie heeft van 10^{-2} /jaar. De ondergrond van de Tholense oever heeft een gecompliceerde samenstelling, zoals blijkt uit het geologisch profiel in figuur 30. De

oevers zijn vrij steil. Er moet dan ook rekening worden gehouden met de kans op afschuivingen die zettingsvloeiingen kunnen inleiden. De Tholense oever is volgens het Laboratorium voor Grondmechanica minder zettingsvloeiingsgevoelig dan de oever van het werkeiland.

Het ontwerp voorziet in de aanleg van een drempel in 1985, dus ongeveer een jaar voor de bouw van de sluitkade. Dit opent de mogelijkheid om de ontwikkeling van ontgroningen te volgen en eventueel maatregelen te treffen voordat met de sluitingsoperatie wordt begonnen.

Door de aanleg van de drempel wordt het sluitgat verkleind tot wat in de wandeling het wintersluitgat wordt genoemd. Bij de vormgeving van dit wintersluitgat is er naar gestreefd het bestaande stroombeeld zo min mogelijk te verstoren; dit terwille van de stabiliteit van de

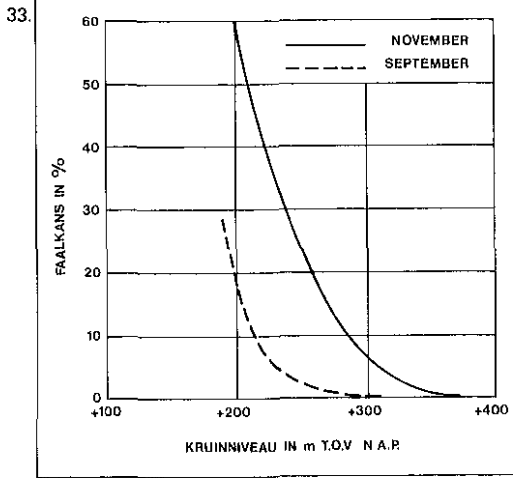
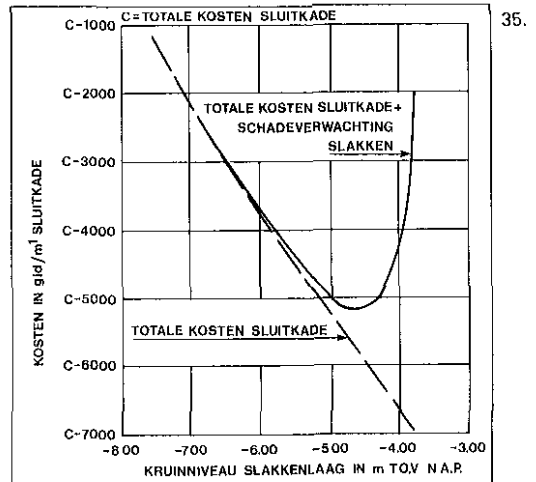
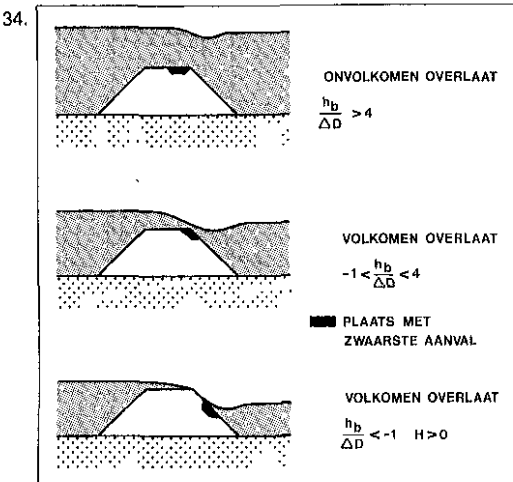


Fig. 33. De faalkans als functie van het kruinniveau

Fig. 34. Relevante stromings-toestanden bij breukstenen dammen

Fig. 35. Kostenoptimalisering in verband met de laagdikten van fosforslakken



oevers en de drempel zelf. De drempelkruin zal daarom worden aangelegd met hellingen van 1:15, zoals weergegeven in figuur 31.

Voor de vormgeving en dimensionering van de drempel dienen het kruinniveau, gemeten in het midden van het sluitgat, en de taluds van de drempel te worden bepaald. Deze laatste zijn afhankelijk van het te kiezen materiaal: zand of mijnsteen

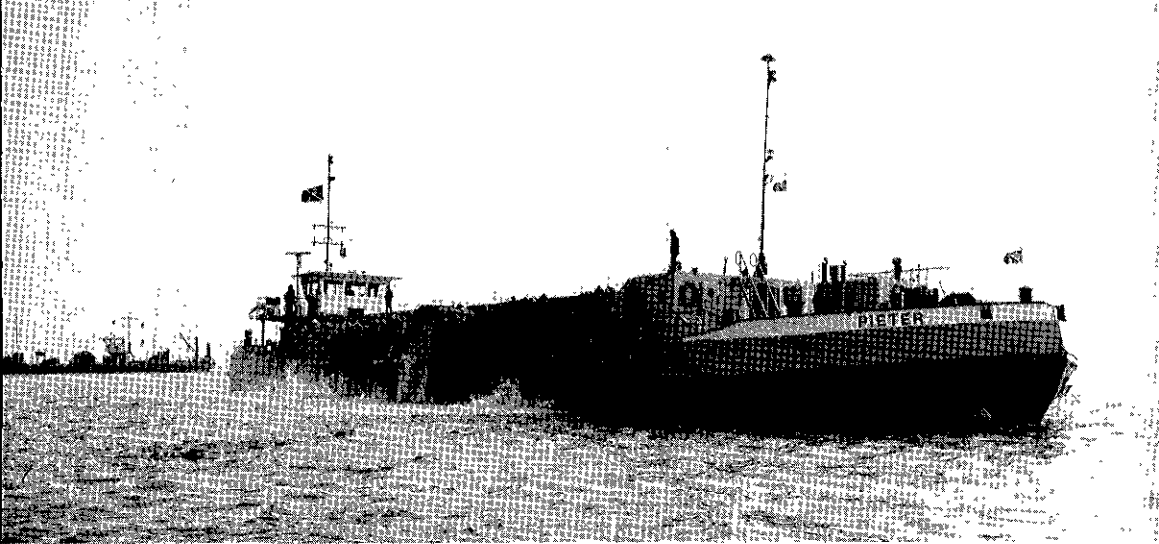
Het kruinniveau wordt bepaald aan de hand van de volgende eisen. De Bergse-Diepsluis komt op 1 juni 1986 in bedrijf, zodat het wintersluitgat nog ongeveer driekwart jaar bevaarbaar moet blijven. Voldoende vaardiepte voor de scheepvaart is er bij een drempel op N.A.P. -7,00 m, gelijk aan de bodemdiepte van de Schelde/Rijn-verbinding.

Daarnaast mogen de stroomsnelheden in het Marollegat niet te hoog oplopen, met het oog

op de daar uit te voeren zandsluiting. Tot een kruinniveau van N.A.P. -6,00 m worden geen problemen verwacht, en tot een niveau van N.A.P. -7,00 m geen buitensporige verliezen door erosie. In de wintersluitgatperiode dienen de ontgrondingen beperkt te blijven. Bij een kruin op N.A.P. -9,00 m worden ontgrondingskuilen verwacht met een diepte van 1 à 2 m; bij een kruin op N.A.P. -7 m met een diepte van 4 m. Deze ontgrondingen zijn vrij gering, ondanks het feit dat de drempel meer dan de helft van het geulprofiel blokkeert, dankzij de relatief lage stroomsnelheden, die een gevolg zijn van de afdamming van het Markiezaat, de getijreductie door de stormvloedkering en de stroom door het Krammer.

De ontgrondingsdiepten zijn berekend, en daardoor minder betrouwbaar dan een bepaling middels fysisch modelonderzoek. Gezien deze





Varend bedrijf

Fig. 36. Dwarsdoorsnede van de sluitkade in het midden van het sluitgat

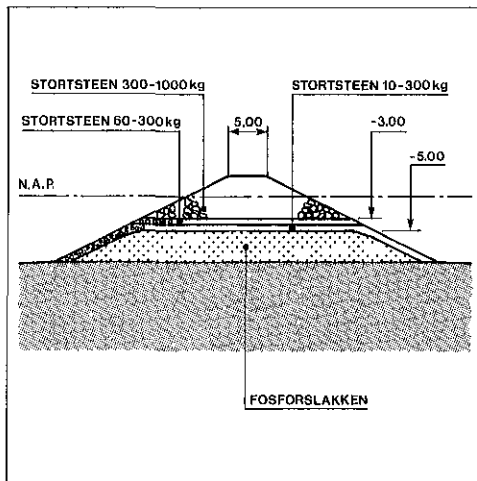


Fig. 37. Gekwantificeerde foutenboom: P: faalkans

Rijdend bedrijf

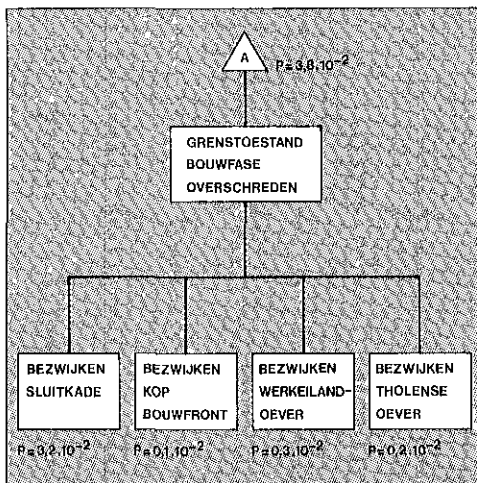
onzekerheid en de toch zeer aanzienlijke vernauwing van het geulprofiel is gekozen voor een drempel op N.A.P. -9 m. Het verschil tussen de verwachte en de gemeten kuildiepten vormt dan een indicatie voor de ontgrondingen die te verwachten zijn tijdens de rest van de sluitingswerkzaamheden.

Een zanddrempel in het Tholense Gat moet een talud hebben van 1:20. Bij een steiler talud neemt de benodigde lengte van de bodembescherming sterk toe.

Een flauwe helling is bovendien gunstig voor het stroombeeld in het sluitgat. Tijdens de aanleg zullen de zandverliezen minder dan 10% van het totale drempelvolumen van 600 000 m³ bedragen.

In geval van een mijnsteendrempel wordt uitgegaan van taluds van 1:2,5. Zulke taluds bleken bij de aanleg van de mijnsteendrempel in de Markiezaatskade vrij eenvoudig te realiseren met een klapbedrijf. De stabiliteit ervan levert geen problemen op.

Op grond van een kostenafweging is gekozen voor een zanddrempel met taluds van 1:20 en



een kruin op N.A.P. -9,50 m, inclusief de bodembescherming. Ontgrondingen tijdens de opbouw van de drempel, tijdens de wintersluitgaperiode en tijdens de opbouw van de sluitkade, kunnen afschuivingen tot gevolg hebben en zelfs zettingsvloeiingen. De oever- en bodembescherming dient daarom zo te worden gedimensioneerd dat de stabiliteit van de Tholense oever noch de oever van het werkeiland en de sluitkade in aanbouw wordt bedreigd.

Het Waterloopkundig Laboratorium heeft per bouwphase voor lengten van de bodembescherming tussen 50 en 150 m de diepten van de ontgrondingskuilen berekend als functie van de tijd.

Over de toepassing van stabiliteitscriteria voor afschuivingen en zettingsvloeiingen zijn uitgebreide discussies gevoerd. Betrouwbare berekeningsmethoden zijn niet beschikbaar, zodat gebruik moest worden gemaakt van gegevens uit praktijkonderzoek. Onzekerheden ten aanzien van het gedrag van de ondergrond nopen tot voorzichtigheid.

Gezien de grondlagenopbouw en op grond van historische gegevens wordt ervan uitgegaan dat de Tholense oever weinig of niet zettingsvloeiingsgevoelig is. Ontgrondingen kunnen echter wel afschuivingen tot gevolg hebben; de onderwatertaluds worden daarbij niet flauwer dan 1:6. Dit gegeven leidt ertoe dat de lengte van de oeverbescherming, gemeten loodrecht op de oever, niet groter hoeft te zijn dan 6 maal de berekende diepte van de ontgrondingskuil. De afschuiving zal dan de teen van de oever niet bereiken.

Eenzelfde benadering wordt toegepast voor de oever van het werkeiland en de drempel, die wel zettingsvloeiingsgevoelig zijn. Er wordt van uitgegaan dat zettingsvloeiingen kunnen optreden bij ontgrondingsdiepten van 4 m of meer. Aan de oever van het werkeiland kan het onderwatertalud tijdens een vloedverflauwen tot 1:15. Voor de losgepakte zanddrempel wordt met een nog flauwer talud gerekend (figuur 32).

De uitvoering van de sluitkade van steen is voorzien in de maanden juni en juli 1986, kort na de zandsluiting van het Marollegat. Het volume van deze sluitkade wordt bepaald door de kruinbreedte in combinatie met het kruinniveau en het talud. Deze bepalende factoren zijn ook maatgevend voor de hydraulische stabiliteit van de kade in de periode dat het op te spuiten damvak nog niet gereed is. De kruinbreedte van het eindprofiel van de kade is in verband met de hydraulische stabiliteit en om uitvoeringstechnische redenen vastgesteld op 5 m; dit op grond van ervaringen

bij de aanleg van de Markiezaatskade. Op grond van onderzoek en ervaring is met het oog op de grondmechanische en hydraulische stabiliteit gekozen voor een talud van 1:2 (figuur 36).

Met deze vorm van het dwarsprofiel als uitgangspunt is volgens een verderop uiteengezette methode een berekening uitgevoerd van de faalkansen bij verschillende kruinhoogten voor de tijd dat de gereedgekomen sluitkade als kering moet functioneren en blootgesteld kan worden aan golfaanval en overspoeling. Daarbij is uitgegaan van een expositieduur van één maand met de randvoorwaarden die gelden in de maand september.

Vervolgens is een kostenoptimalisering uitgevoerd, waarbij de som is bepaald van de schadeverwachting en de bouwkosten van de sluitkade. Deze som blijkt minimaal te zijn bij een kruinhoogte van N.A.P. +2,50 m. De bijbehorende faalkans is 2%. Voor het verdere ontwerp is in eerste instantie deze kruinhoogte aangehouden.

Bij een nadere beschouwing van de risico's blijkt echter dat bij de gevolgen van het bezwijken van de kade niet alleen gedacht moet worden aan directe schade aan de constructie zelf, maar ook aan mogelijke gevolgen voor de oevers van Tholen en het werkeiland. In verband hiermee is gekozen voor een kruin op N.A.P. +3,00 m; de kans op falen is dan gering (figuur 37). Voor dezelfde faalkans in november zou de kade 1 m hoger moeten worden. Tijdens de opbouw van de kade zijn voor het uitvoeren van stabiliteitsberekeningen in principe de drie in figuur 34 weergegeven stromingssituaties van belang. Op grond van uitgebreid onderzoek door het Waterloopkundig Laboratorium zijn voor deze situaties stabiliteitsformules opgesteld, waarmee kan worden berekend onder welke combinaties van bovenwaterstand, benedenwaterstand, vorm en afmetingen van de sluitkade, steendiameter en relatieve steendichtheid de kade in opbouw bezwijkt. De faalkansen worden bepaald met behulp van probabilistische berekeningen en de van toepassing zijnde stabiliteitsformules. Deze faalkansen gelden voor de duur van een gehele bouwphase. Bij de opbouw van de sluitkade nemen de maximale stroomsnelheden toe, waardoor er sprake is van een groeiende kans op schade, tenzij wordt overgeschakeld op zwaardere en daardoor meestal duurdere steen. De onderste laag van de sluitkade bestaat uit fosforslakken. Dit relatief goedkope materiaal wordt aangebracht tot een niveau waarbij de som van de schadeverwachting en de totale kosten van de sluitkade een minimale waarde bereikt (figuur

35). De schadeverwachting is gelijk aan het produkt van de faalkans voor deze laag en de kosten van levering en verwerking van nieuw materiaal voor het herstel.
De laag forforslakken wordt aangebracht tot N.A.P. -5,00 m en vervolgens, met het oog op de filtereisen, afgedekt met twee dunne lagen stortsteen 10/300 kg en 60/300 kg tot N.A.P. -3,50 m. Ook de taluds van de slakkenlaag worden ter bescherming tegen erosie afgedekt met stortsteen 10/300 kg. Het bovenste deel van de sluitkade bestaat uit stortsteen 300/1000 kg, die aangebracht wordt in laagdikten van maximaal 1,5 m. Bij grotere laagdikten gaat het karakter van de verticale sluiting verloren, en moet rekening worden gehouden met hogere stroomsnelheden en sterkere kopeffecten bij de uitbouwfronten.

Er is ook een onderzoek ingesteld naar de grondmechanische stabiliteit, waarbij de relevante bezwijkmechanismen uit figuur 10 in beschouwing zijn genomen. Uit dit onderzoek volgt dat alleen nabij de Tholense oever enige extra maatregelen noodzakelijk zijn om instabiliteiten bij de opbouw van de sluitkade te vermijden, in verband met het daar aanwezige klei- en veenpakket. Daarom wordt tijdens de aanleg van de drempel in 1985 een voorbelasting aangebracht van stortsteen. Deze steen kan later in de sluitkade worden verwerkt voorzover ze buiten het profiel ligt. De stabiliteit van de Tholense dijk komt niet in gevaar; er dient wel met enige zetting rekening te worden gehouden.

De uitvoering van de sluiting van het Tholense Gat valt in drie delen uiteen: de aanleg van de drempel in 1985, de vorming van slakken- en stortsteendepots in 1985 en 1986, en de uitvoering van de sluiting en van het damvak in 1986.

In verband met de kwetsbaarheid van de oevers van Tholen en het werkeiland dient eerst een zo groot mogelijk deel van de oeverbeschermingen te worden aangebracht, in de vorm van zinkstukken met een overgangsconstructie naar de onbeschermde bodem van los gestorte fosforslakken.

De zanddrempel wordt aangebracht met behulp van splijtbakken. Bij dit bedrijf blijft in de uitvoeringsperiode scheepvaart mogelijk in het Tholense Gat. De drempel wordt in eerste instantie bij de oevers op hoogte gebracht, en om verliezen te voorkomen zo snel mogelijk afgedekt met zinkstukken; daarna wordt het middengedeelte opgeklapt.

In totaal is 600 000 m³ zand nodig, inclusief een verlies van 10%. De bodembescherming op de

drempel heeft een oppervlakte van 80 000 m². Voordat met de sluiting wordt begonnen, dienen alle benodigde materialen in depot voorhanden te zijn. Hoewel het extra kosten met zich meebrengt is dit noodzakelijk om te voorkomen dat de sluiting zou stagneren, met alle risico's van dien, wanneer om welke reden dan ook de leveringen vertraagd worden uitgevoerd. In totaal dient 70 000 ton fosforslakken en 90 000 ton stortsteen te worden aangekocht en in depot gezet.
 De sluitkade heeft een onderbouw van slakken die met behulp van splijtbakken laagsgewijs aangebracht wordt tot N.A.P. -5,00 m. De taluds en de kruin worden afgedekt met stortsteen 60/300 kg; de verdere verhoging van de kade met stortsteen 60/300 kg en 300/1000 kg wordt uitgevoerd door een steenstorter in combinatie met een afvierponton voor het positioneren.

Zodra mogelijk, wordt van een varend bedrijf overgestapt op een rijdend bedrijf, dat aanzienlijk goedkoper is en bovendien een grotere verwerkingscapaciteit heeft.

Voor de profilering van het bovenwatergedeelte van de kade wordt gebruik gemaakt van hydraulische kranen. Een belangrijk punt bij de steensluiting is dat elke aangebrachte laag een sluiting met zich brengt. Om de risico's te verkleinen dient elke laag vanaf de beide oevers te worden uitgebouwd om tenslotte ongeveer in het midden te worden gesloten. Zodra de sluitkade op hoogte is moet aan de westzijde in een hoog tempo het damvak worden opgespoten, om het gehele werk stormvloedbestendig te maken.

Bij de risico-analyse is het in een aantal gevallen niet mogelijk gebleken de exacte kans van optreden van de faalmechanismen in de deelfoutenbomen te bepalen, zodat met een schatting van de orde van grootte moest worden volstaan. Dit geeft de resultaten van de analyse een niet meer dan indicatief karakter. Het eindresultaat van onderdeel A van de hoofdfoutenboom, dat van belang is voor het ontwerp, is weergegeven in figuur 37.

Het grootste aandeel in de faalkans wordt geleverd door de kans van bezwijken van de sluitkade in de eindsituatie, met een kruinhoogte op N.A.P. +2,5 m; deze kans is bepaald op 2%. Omdat dan ook de veiligheid van de omgeving in het geding is, is besloten om de kruin te leggen op N.A.P. +3 m; de faalkans neemt daarmee af tot 0,1%.

De faalkansen voor het materieel en de uitvoeringsduur bij normaal bedrijf zijn van geringere betekenis, en vereisen geen aanpassing van het ontwerp.

Kostenramingen en prijsvorming

Bij de raming van de kosten van de hiervoor omschreven sluitingen werd de bij de Delta-dienst gebruikelijke methode van kostprijsberekening toegepast. Dat wil zeggen dat bij elk ontwerp de te verwerken hoeveelheden materiaal worden bepaald, en de uitvoeringswijze en de materieelinzet aangegeven. De totale hoeveelheden materiaal bestaan uit de netto benodigde hoeveelheden, vermeerderd met de geschatte verliezen. Zij vormen de basis voor de berekening van de duur van de inzet van het materieel. Hierbij wordt uitgegaan van gemiddelde netto-urproducties en een gemiddelde werkcoëfficiënt, die bepaald is aan de hand van jarenlange ervaring; de werkcoëfficiënt is gedefinieerd als de verhouding tussen bruto- en netto-productie.

Per verwerkings- en/of leveringspost worden tenslotte de kosten berekend door de duur van de inzet van het materieel te vermenigvuldigen met de prijs per tijdseenheid, en hierbij vervolgens de eventuele aankoopkosten van het materiaal op te tellen.

De geraamde totale kosten worden vermeerderd met bepaalde vaste percentages voor hoofdkantoorkosten en winst, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen leveringen, eigen werk en werk in onderaanneming.

Het zal duidelijk zijn, dat hier alleen het principe van de kostenramingsmethode is uiteengezet, en dan nog zeer globaal. Verder kan worden opgemerkt dat de toegepaste methode alleen een gemiddelde verwachtingswaarde van de geraamde kosten oplevert.

Ten behoeve van een realistische benadering van de prijs waarvoor een bepaald ontwerp zal worden gerealiseerd, dient tenslotte nog rekening te worden gehouden met de financiële aspecten van technische risico's, met economi-

sche onzekerheden en met marktaspecten. Eén van de doelstellingen van de risico-analyse is de technische risico's uit te drukken in geld. Daartoe wordt het financiële risico gedefinieerd als de verwachtingswaarde van de schade: het produkt van faalkans en schade. In de technische risico-analyse is als belangrijkste gebeurtenis in de foutenboom een betrekkelijk willekeurig vertraging van het werk gekozen van enkele weken. Tevens is de kans op deze vertraging door drie van de vier of vijf mogelijke oorzaken vastgesteld. Indien nu tevens de schade kan worden benaderd die geleden wordt bij het optreden van elk der oorzaken, is een financiële waardering van de technische risico's mogelijk. De benadering van de schade zal voor elk der oorzaken anders zijn. In wat volgt wordt hiervoor een aanpak ontwikkeld.

Indien tijdens een bouwfase de grenstoestand wordt overschreden, houdt dat in dat delen van de constructie in aanbouw bezwijken. Men kan daarbij denken aan een afschuiving, een doorbraak van de sluitkade, een zettingsvloeiing of erosie van de bodembescherming. Zo'n calamiteit heeft in het algemeen twee schade-posten tot gevolg. Ten eerste moet de schade die rechtstreeks het gevolg is van het bezwijken, worden hersteld. Dit betekent extra inzet van mensen, materieel en materiaal, die sterk afhangt van de omvang van de calamiteit. In geld uitgedrukt zal het benodigde bedrag voor dit schadeherstel ergens liggen tussen de één en de tien miljoen gulden. Herstel van een afschuiving zal goedkoper zijn dan reparatie van een doorbraak.

Ten tweede belemmert zo'n gebeurtenis gedurende een bepaalde periode veelal de normale voortgang van het werk. De loonkosten en de huur van het materieel lopen evenwel door.

Als tweede oorzaak van een ernstige vertraging beschouwen we het ernstig falen van een stuk materieel: het zinken van een steenstort, brand aan boord van een zuiger, en dergelijke voorvallen.

Ook hier is sprake van directe en indirecte schade. De eerste post zal zeker gedekt worden door een verzekering van de eigenaar van het materieel. Derhalve speelt alleen de tweede schade-post een rol, de vertraging van het totale werk.

De beschouwingen rond de derde oorzaak van vertraging, de normale stochastische afwijking van de productiecapaciteit en van de eventuele verliezen, leiden in beginsel tot de verwachtingswaarde en de spreiding van de totale duur van de uitvoering als voorgesteld in figuur 38.

De benadering van de financiële onzekerheid die voortvloeit uit de spreiding in de uitvoerings-

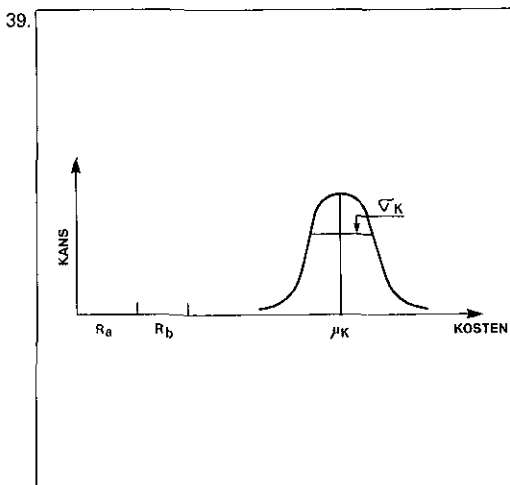
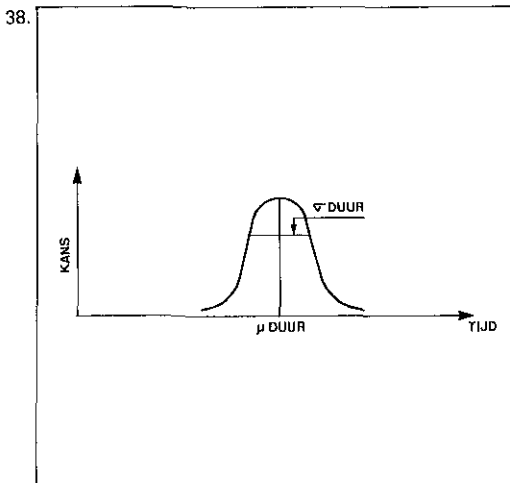


Fig. 38. Kansdichtheidsfunctie van de gehele duur van de uitvoering

Fig. 39. Kansdichtheidsfunctie van de technische kosten

duur vindt enigszins anders plaats dan bij de voorgaande oorzaken. De kansdichtheidsfunctie van de uitvoeringsduur is immers te vertalen in de onzekerheid van de kostenraming. De spreiding in de duur dient vermenigvuldigd te worden met de totale kosten van het bedrijf per tijdseenheid (figuur 39).

Het is nog de vraag, hoe de aanbiedingsprijs van de aannemer zich zal verhouden tot het ramingsbedrag. Van belang is daarbij op welke voorwaarden het werk aangenomen wordt. Bij openbare aanbesteding op de vrije markt zullen niet alle risico's door de aannemer worden gedragen. Met name het risico van het bezwijken van delen van de constructie in aanbouw berust dan niet bij de aannemer, aangezien het ontwerp door de opdrachtgever is gemaakt.

Dit houdt in dat men, afgezien van de druk van de concurrentie op de vrije markt, een aanbidding kan verwachten ter hoogte van de som van het materieelrisico, de sluitingskosten en een bepaalde winstopslag.

De druk van de concurrentie op de aanbiedingsprijs kan pas worden ingeschat na een nadere analyse van de bruto-kasstroom van de aannemer. Daarin zijn voor het doel van deze analyse twee componenten te onderscheiden: uitgaven enerzijds en winst plus afschrijving aan de andere kant.

Deze laatste post biedt de ondernemer speelruimte, omdat het afschrijvingsbedrag het resultaat is van het bedrijfsbeleid, en geen uitgavenpost vormt. Indien er sprake is van harde concurrentie mag men dan ook verwachten dat een groot deel van de post winst plus afschrijving wordt opgeofferd. Indien de aannemer ook verantwoordelijk is voor het ontwerp, dan moet aan de aanbiedingsprijs het bezwijkrisico worden toegevoegd.

Ten slotte kan worden opgemerkt, dat de kredietwaardigheid van de aannemerscombinatie in dat geval dient te beantwoorden aan de grootte van de schade die op kan treden bij bezwijken van de constructie.

Samenvattingen

Inleiding

Van de compartimenteringswerken achterin de Oosterschelde is al een groot deel gereed of vergoed. Met de sluitingen van de dammen moet echter nog worden begonnen. De afgelopen jaren is aan het ontwerp ervoor gewerkt. De inzichten hebben zich gaandeweg ontwikkeld, en men is nu tot de slotsom gekomen dat het wenselijk is deze sluitingen te voltrekken wanneer de Oosterscheldekering gereed is, zodat het getij op de Oosterschelde in de kritieke fase van de sluitingen kan worden beïnvloed.

Gevolgde aanpak

Bij de voltooiing van de compartimenteringsdammen moet rekening gehouden worden met een aantal uitgangspunten. Onder andere is er een dwingende volgorde van de sluitingen. Zandsluiting van de compartimenteringsdammen is tientallen miljoenen guldens goedkoper dan enige andere methode, maar de operatie is alleen uitvoerbaar wanneer de stormvloedkering in de Oosterscheldemonnd ervoor zorgt dat het getij gerekt en geknepen wordt, en gedurende korte perioden zelfs zo goed als uitgeschakeld. Zonder zulke maatregelen zouden de stroomsnelheden in de laatste fase kunnen oplopen tot 5 m/s, en dan is een zandsluiting volstrekt onmogelijk. Maar het gebruik van de Oosterscheldekering voor dit doel mag geen belangrijke en vooral geen blijvende schade doen aan de belangen van het milieu en de visserij.

Bij de voltooiing van de stormvloedkering zelf gaat men om rustig werkwater te creëren al over tot gedeeltelijke sluiting van de schuiven,

ten behoeve van de sluiting van het Tholense Gat gaat hij in oktober 1986 twee dagen geheel dicht, en in april 1987 zal het getij nogmaals met behulp van de stormvloedkering worden beïnvloed, nu ter gelegenheid van de sluiting van het Krammer. Welke invloed deze bewegingen zullen hebben op de waterstanden en de waterbeweging, is vooraf zoveel mogelijk verkend; deze verkenning is vervolgens gebruikt als basis voor een zogenaamde effectbeschrijving ten aanzien van milieu en visserij.

Het verticale getij is van het grootste belang voor vogels, vissen, bodemdieren, en voor de slikken en platen. Langdurige stagnante waterstanden zijn ongunstig. Het horizontale getij werkt als pomp voor allerlei uitwisselingsprocessen. Wordt deze beweging onderbroken, dan neemt de sedimentatie toe en vermindert het zoutgehalte; de kans op stratificatie wordt tegelijkertijd groter. Er wordt een overzicht gegeven van de veranderingen die zijn opgetreden in de eerste weken na een aantal eerdere sluitingen.

Een groep van deskundigen op verscheidene gebieden zal de sluitingen begeleiden.

Technische ontwerpen

De ontwerpen die in dit Bericht worden gepresenteerd, dateren van eind 1983. In een aantal opzichten zullen ze aan nieuwe gegevens moeten worden aangepast. Beschreven worden een zandsluiting van het Krammer, en een zand- en een steensluiting van het Tholense Gat.

Voor elke sluiting is een risico-analyse opgesteld die de factoren aangeeft waardoor het werk twee weken of langer te laat zou kunnen worden opgeleverd; met een kwantificatie van de kans van optreden van die factoren.

Zandsluiting van het Krammer

In april 1987 wordt het Krammer gesloten; eerder kunnen de Krammersluizen niet operationeel zijn. Eerst vanaf de noordelijke oever, later vanaf beide oevers wordt er zand in het sluitgat gespoten. De stormvloedkering wordt daarbij gebruikt om de zandverliezen te beperken. Loopt het verlies op tot 50% van de produktie, dan wordt op een volgend scenario voor de stormvloedkering overgeschakeld, zodanig dat de stroomsnelheden in het sluitgat niet hoger worden dan 3 m/s. Tenslotte wordt bij gesloten stormvloedkering het Krammer dichtgezet. De zandproduktie wordt zo hoog mogelijk opgevoerd. Uitgebreide meet- en waarnemingssystemen zullen bij de uitvoering

worden ingeschakeld, evenals mathematische modellen.

Zandsluiting van het Tholense Gat

Ook het Tholense Gat zal alleen met zand kunnen worden gesloten wanneer de stormvloedkering de omstandigheden beïnvloedt. Het gebruik van de stormvloedkering blijft hier echter beperkt, mede omdat de omstandigheden in oktober, wanneer deze sluiting plaatsvindt, gunstiger zijn. Het Tholense Gat wordt dichtgespooten vanaf beide oevers. De stroom blijft daardoor geconcentreerd in het midden van het gat.

Steensluiting van het Tholense Gat

Er ligt ook een ontwerp voor de sluiting van het Tholense Gat met steen. Dat zal niet worden uitgevoerd, maar het wordt wel interessant genoeg gevonden om er een beschrijving van te geven. Dit werk zou worden gespreid over de jaren 1985 en 1986. De sluiting zou al kunnen plaatsvinden voor de stormvloedkering operationeel was, omdat de verkleining van de doorstroomopening die ontstaat door de plaatsing van dorpelbalken in de kering, genoeg is voor een rustige uitvoering. Om de sluiting minder kostbaar te maken zou eerst een zanddrempel in het sluitgat worden aangebracht, tot N.A.P. -9,50 m. Daarop zou vervolgens met steeds grovere steen een sluitkade worden opgebouwd. Afschuivingen en zettingsvloeiingen zouden bij deze sluiting niet onmogelijk zijn; daarom waren in het ontwerp vrij uitgebreide maatregelen voorzien ter bescherming van de bodem.

Kostenramingen en prijsvorming

Bij de raming van de kosten van de bovenbehandelde sluitingen wordt de bij de Deltadienst gebruikelijke methode van kostprijsberekening toegepast. De te verwerken hoeveelheden materiaal zijn de basis voor de berekening van de duur van de inzet van het materieel. Zo komt een gemiddelde verwachtingswaarde van de geraamde kosten tot stand. Daarenboven moeten de financiële gevolgen van de technische risico's worden geschat. Als er, door wat voor oorzaak ook, vertragingen optreden in het werk, lopen de kosten van materieelhuur door. Bij openbare aanbesteding zullen niet alle risico's door de aannemer worden gedragen. In elk geval dient de credietwaardigheid van de aannemer te beantwoorden aan de mogelijk optredende schade.

Summaries

Introduction

A large part of the compartment works in the rear of the Oosterschelde is either completed or well-advanced. However the closure of the dams has yet to begin. The design has been worked on in recent years. Insights have developed gradually and it has been concluded that it is desirable to complete these closures when the Oosterschelde barrier is in readiness, so that the tide in the Oosterschelde can be influenced during the critical phase of the closures.

Consequences for the environment and for fishery

A number of pre-requisite points have to be taken into consideration with the completion of the compartment dams. Amongst other things there is a compulsory sequence involved in the closures.

Sand-fill closure of the compartment dams saves many millions of guilders, but the operation can only be carried out when the storm surge barrier in the mouth of the Oosterschelde can effectively prolong and reduce the tide or even eliminate it altogether during short periods. Without such measures being taken velocities could run up as high as 5 m/s, which would make sandfill closure totally impossible. However, it should not be permitted that use of the Oosterschelde barrier cause any significant or lasting damage to environmental interests or to fishery.

For the completion of the storm surge barrier itself part-closure of the gates is already in effect for the creation of still waters for working in. There will be complete closure for two days

in October 1986 to provide for the closure of the Tholense Gat. In April 1987 the tide will be influenced once more with the help of the storm surge barrier, this time for the closure of the Krammer. The influence exerted by these manoeuvres upon the water levels and water movement has been explored as far as possible beforehand. These explorations have subsequently been used as the basis for a so-called description of effects with regard to environment and fishery. The vertical tide is of the utmost importance to birds, fishes, sea-bed life and for the mud-flats and shallows. Prolonged stagnant water levels are unfavourable. The horizontal tide serves as a pump for all sorts of alternation processes. Should this movement be interrupted an increase of sediment will occur and the salinity will be reduced. At the same time the chances of stratification will increase. A survey is given of the changes which have occurred within the first weeks after a number of former closures. A group of experts from differing fields will be present to provide advice during closure of the gaps.

Technical designs

The designs presented in this report date from the end of 1983. They will have to be adjusted to new data in a number of respects. A description is given of a sand-fill closure of the Krammer and a sand – and a stone-fill closure of the Tholense Gat.

A risk analysis has been set up for each closure giving the factors which can lead to a delay of two weeks or more in the completion of the work, together with a quantification of the chances of these factors occurring.

Sand-fill closure of the Krammer

The Krammer will be closed in 1987; the Krammer locks cannot be operational before then. The closure gap will be filled with sand, first from the north bank and later from both banks. The storm surge barrier will be used to limit sand loss. Should this reach 50% of the production then the next scenario for the storm surge barrier will be put into effect in such a manner that the current velocities in the closure gap will not exceed 3 m/s. Finally the Krammer will be closed off while the storm surge barrier is shut. Sand production will be raised as much as possible. Extensive measuring- and observation systems as well as mathematical models will be in use during execution.

Sand-fill closure of the Tholense Gat

The Tholense Gat will also only be able to be closed when the storm surge barrier is in a position to influence conditions. In this case however use of the storm surge barrier will be limited, also because conditions in October, when this closure is planned, are more favourable. The Tholense Gat will be sand-filled from both banks. In this way the current will remain concentrated in the centre of the gap.

Stone-fill closure of the Tholense Gat

A design has also been made for the closure of the Tholense Gat with boulders. This will not be used but is considered of sufficient interest to warrant description in this report. This work would be spread over the years 1985 and 1986. Closure could take place before the storm surge barrier was operative as the reduction of the wet cross-section occasioned by the placing of the sill-beams in the barrier would be sufficient to allow for an undisturbed execution. In order to make the closure less costly a sand-sill of up to N.A.P. – 9,50 m. would be built up in the closure gap. After this an embankment closure would be built up using progressively heavier boulders. Sliding and liquifaction could not be ruled out with this form of closure. For this reason extensive measures were provided in the design for the protection of the sea-bed.

Cost estimates and price formation

The customary cost price accounting method of the Delta Service is applied to the estimate of the costs involved in the afore-mentioned closures. The amounts of material to be processed serve as the basis for the accounting of the duration the working stock is used. In this way an approximation of the average estimate costs is reached.

Besides this the financial consequences of the technical risks must be assessed. If for any reason delays should occur in the work, the costs of hiring working stock continue. In a case of state contracting not all the risks are carried by the contractor. In any case the credit worthiness of the contractor should be capable of covering possible damages arising.



Vorderingen

in de periode 1 juli 1984–
1 januari 1985

Philipsdam

De fabricage van de schuiven en bewegingswerken voor de in-, uit- en doorlaatwerken ligt op schema. De twaalf onderhoudsschuiven zijn afgelast; thans worden de hoofdschuiven gefabriceerd. Van de vier afgelaste roldeuren voor de duwvaartsluizen zijn er twee geconserveerd. De vijfde roldeur is nagenoeg klaar. Ook de fabricage van de bewegingswerken voor de roldeuren verloopt volgens de planning. De kabelbaan, de hoogspanningsinstallatie en de aardingsinstallatie op het sluizencomplex zijn voor een groot deel gereed, evenals sommige onderdelen van de algemene elektrische installaties. Zowel het fabriceren van bovenloopkranen voor verschillende gebouwen op het sluizencomplex, als de fabricage van de drie pompeenheden voor het duwvaartsluizencomplex loopt volgens schema. Het verdiepen van de westelijke voorhaven van de duwvaartsluizen vordert. Begonnen werd met het heikwerk voor de roldeurenbergplaats en voor de brandweerplateaus.

Oosterdam

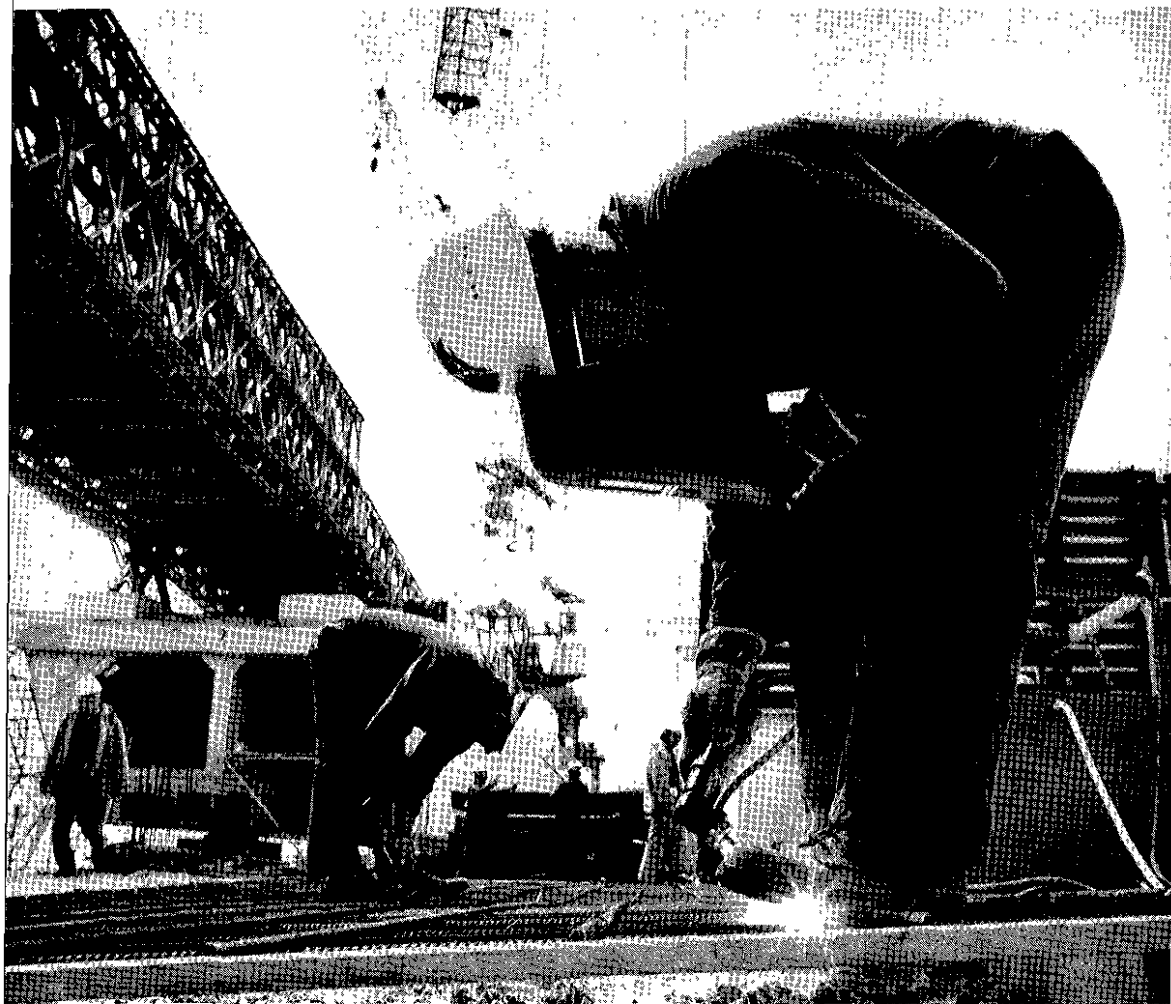
Op het ogenblik is de aanleg van een ruim 4 km lang dijkvak, het zogenaamde 'Speelmansplaten I', in volle gang; medio 1985 zal het gereed zijn. Het overgrote deel is aangelegd als tijdelijk voorbelastingsprofiel; het is laag, heeft flauwe hellingen en dient om verstoring van de ondergrond te voorkomen. Het benodigde zand wordt gewonnen nabij het Tholense Gat. Eind december 1984 werd het bestek aanbesteed voor 'Speelmansplaten II'. Het omvat aanpassing van de damvakken Zuid en Speelmansplaten I, alsook het maken van een grondverbetering en de aanleg van de damvakken Speelmansplaten II en Marollegat. Het werk is opgedragen in januari 1985. Het betonwerk van de Burgse Diepsluis is in uitvoering; het loopt voor op de planning. Naar verwachting zal het half 1985 gereed zijn.

Bathse Spuikanaal

De natte ontgraving van het Bathse Spuikanaal werd in de verslagperiode voortgezet. Na de bouwvakantie van 1984 is een tweede cutterzuiger ingezet. De speciebergings vindt plaats in het noordelijke deel van het Markiezaatsmeer, in een eenmalige zandwininput, en in het westelijke gedeelte van de Molenplaat. In het noordelijke deel wordt zandrijke specie afgespoten als ondergrond voor een stadsuitbreiding van Bergen op Zoom. De spoorbrug is op 31 oktober 1984 opgeleverd. Begonnen wordt met de droge ontgraving onder de Kreekrakbruggen. Het betonwerk van de Bathse Spuisluis is gereed. De bewegingswerken zijn aanbesteed en de fabricage is gestart.

Stormvloedkering

Nu de bodembescherming een blijvende bestemming heeft gekregen is hij opnieuw getoetst aan de stabiliteitseisen waaraan hij moet voldoen bij blijvende getijbeweging. Uit modelonderzoek bleek dat een deel niet voor alle bouwfasen stabiel is, en moet worden afgestort met staal-slakken of breuksteen. Maatgevend voor de omvang van de bestorting op de bodembescherming is de situatie met een weigerende schuif in de eindfase. Echter, al vóór de bouwfase van het dorpelbalk plaatsen moet een gedeelte van de bestortingen zijn uitgevoerd. Ook naast de bodembescherming zullen door de getijbeweging natuurlijk ontgrondingen ontstaan. Omdat de meest kritieke bouwfase het plaatsen van de dorpelbalken is, is het de vraag of het erosieproces tijdens die bouwfase tijdig tot stilstand kan worden gebracht en de bodem kan worden beschermd. Als preventieve maatregel is langs de rand van de bodembescherming in de Schaar aan de westzijde nu reeds met de 'Macoma' een cunet gebaggerd; de hellingen ervan werden langs de bodembescherming afgedekt met slakken. Het funderingsbed is eind mei 1984 gereedgekomen. De produktie in de Roompot lag hoger dan bij de aanvang was verwacht. De funderingsmatten hebben in het algemeen een uitstekende vlakheid. Slechts op twee plaatsen in de Roompot is correctie met een gedeelte van een tegelmat nodig gebleken. De losse filters tussen de langsranden van de funderingsmatten voldoen goed aan de eisen van laagdikte en samenstelling. Ter stabilisering werden de



losgestorte filters nog afgedekt met grindwiepenmatten.

De betrokken schepen 'Cardium', 'Jan Heymans', 'Sepia' en 'Donax I' zijn opgelegd nu hun werk voltooid is. Een evaluatienota over dit onderdeel is bijna klaar.

Toen half april de pijlers in de Schaar op hun plaats stonden, is men begonnen in het breedste en diepste sluitgat, de Roompot. Tegelijkertijd ging ook de bemanning van het hefschip 'Ostrea' in een vier-ploegendienst, zodat vol-continu kon worden doorgewerkt. In dit weekeinde werden de pijlers in het

bouwdok gereedgemaakt, door de week werden ze geplaatst in de sluitgaten. In de Roompot zijn eerst 12 pijlers vanuit de Noordbevelandse oever geplaatst en daarna acht pijlers in het noordelijk deel van het sluitgat. Zo werd het mogelijk de bouw van de dam aanzet Noordland onafhankelijk van het pijler plaatsen uit te voeren. De rest van de pijlers is weer vanuit het zuiden geplaatst. Met name in het noordelijke, aanzandingsgevoelige deel bleek de 'Macoma' zijn op-schoonwerk uitstekend te verrichten. De hijsdraden van

de 'Ostrea' moesten tussentijds worden vervangen. Tegelijkertijd moest een aantal lagers worden vernieuwd. Dit had een opothoud tot gevolg van vijf weken. Ondanks dat verliep het werk zo voorspoedig dat de laatste pijler al op 19 september 1984 kon worden geplaatst. Alle pijlers zijn ruim binnen de toegestane toleranties op hun plaats gezet. De 'Ostrea' is daarna opgelegd en afgemeerd bij de RDM in Rotterdam. De 'Macoma' is na het plaatsen van de pijlers nog enkele weken ingezet voor het zuigen van ontgron-

dingskuilen in Schaar-west. Daarna is de 'Macoma' aangepast om als hulpschip te dienen voor de 'Taklift IV' bij het plaatsen van dorpelbalken. De drempel werd verder opgebouwd. De onderlagen, de kern en een deel van de toplagen worden gestort door twee zelfvarende steenstorters en een zelfvarende spijltbak. In 1984 is dit deel van de drempel aangelegd in de Hammen en de Schaar. In de Roompot werd een begin gemaakt met het opstorten van de drempel. De onderlagen rondom de pijlers worden met een trilplaat verdicht om de aansluiting van de filtermatten op de ondergrond en de zanddichtheid van het losse filter te kunnen waarborgen. Na een relatief korte aanloopperiode is de toplaagstorter 'Trias' zijn werk begonnen in de Hammen. Gestreefd werd naar een zo hoog mogelijke produktie, teneinde het plaatsen van de schuiven niet te vertragen. Ondanks het geforceerde tempo is de kwaliteit van het werk goed. In de laatste periode van 1984 traden bij de 'Trias' technische storingen op, die een vertraging van enkele weken deden ontstaan. Er wordt verwacht dat die mede door verbeteringen aan de lieren en het inspectiesysteem in de loop van 1985 kan worden ingelopen.

De uitvoering van de damaan-zetten verloopt geheel volgens plan. De derde fase van de damaanzetten Schouwen, Roggenplaat-noord, Neeltje Jans en Noord-Beveland zijn vrijwel gereed, die van Roggenplaat-zuid is eind februari 1985 opgeleverd. Begonnen werd met de aanleg van de damaanzet Noordland. De verzuring kwam gereed van een zestal loswallen voor het laden van steenstorters. In de buitenhaven van Noordland werd een drijvende steiger

voor vletten gemaakt. Dit was noodzakelijk om personeel te kunnen brengen en halen van en naar de stortschepen en de 'Trias'. Ook werd daar een lossteiger gemaakt voor de overslag van stortsteen. Onderhoudsbaggerwerk werd uitgevoerd in de bouwdokken van de pijlers en in de werkhaven. De bodembescherming werd geïnspecteerd; op zes plaatsen is een bestorting aangebracht.

De bouw van dorpelbalken in compartiment 4 van het bouwdok verloopt volgens plan. Zowel de rompen als de eindstukken kunnen in mei 1985 gereed zijn. Voor het proefdraaien met de 'Taklift IV', werd in een apart bouwdokje één dorpelbalk gemaakt. Met de proefperiode behoeft nu niet gewacht te worden tot alle dorpelbalken gereed zijn en het bouwdok onder water gezet kan worden. De fabricage van verkeerskokers en hamerstukken ligt voor op het schema. Het werkkerrein in Kats is voor de opslag van de verkeerskokers en hamerstukken uitgebreid.

Eind april 1984 werd begonnen met het plaatsen van verkeerskokers en hamerstukken in de Hammen en daarna in de Schaar. Dit verliep bijzonder voorspoedig; al in oktober werd het plaatsen van deze elementen in die sluitgaten afgerond.

De afbouwwerkzaamheden aan het bedieningsgebouw, het 'ir. J. W. Topshuis', werden voortgezet. Op 12 oktober 1984 vond de bouwkundige oplevering plaats. Inmiddels is het gebouw overgedragen aan de directie Zeeland en is het in gebruik genomen door de dienstkring Deltakust. De inrichting ervan met bedieningsapparatuur en voorlichtingsruimtes zal tot medio 1986 duren. Opdracht is gegeven voor het leveren van een elektrische centrale.

Indien mogelijk zal daarbij gebruik gemaakt worden van de dieselgeneratoren en de hoogspanningsapparatuur uit de tijdelijke centrale die het werkeiland Neeltje Jans van de benodigde energie voorziet, en die dan zal worden ontmanteld.

De fabricage van schuiven en bewegingswerken is in volle gang. Van eind augustus tot eind november 1984 zijn in de Hammen alle schuiven en bewegingswerken geplaatst. Nadat de bewegingswerken op de hydraulische installaties zijn aangesloten, kan begin 1985 worden begonnen met het inregelen.

Voor de besturing en bewaking van de schuiven is in het 'ir. J. W. Topshuis' een centrale bedieningscomputer voorzien. Voor het leveren van deze apparatuur is opdracht gegeven.

Ook in 1984 vond een aantal uitvoeringsonderzoeken plaats: tijdens de uitvoering van het werk doen zich soms problemen voor die het gevolg kunnen zijn van onjuiste inschattingen in de voorbereidingsfase of van onvoorziene omstandigheden. Zo is ter optimalisering van het werk onderzocht of de verdichting tijdens de opbouw van de drempel wellicht minder omvangrijk kan worden. Een ander onderzoek was gericht op het voorkomen van beschadigingen aan pijlervoet en grindzak, zowel bij de pijlerplaatsingen als later, wanneer de steenmassa van de drempel erboven moet worden verdicht.

Bestudeerd werd ook de optimale volgorde van werken bij het plaatsen van de dorpelbalken, in relatie tot de stroombeelden die optreden en de krachten die tijdens de bouw worden uitgeoefend op de verschillende onderdelen van de kering.

Vooral de stabiliteit van de

bodembescherming en het beperken van de ontgrondingen zijn daarbij belangrijk. Door de komst van de 'Taklift IV' voor het plaatsen van de verkeerskokers, schuiven en andere elementen, is het aantal draadkoppelingen op de pijlers aanzienlijk toegenomen. Voor elk element moet opnieuw gepositioneerd worden; dat wil zeggen dat in elke plaatsingscyclus rond de kentering een aantal ankerdraden op de pijlers moet worden verzet. Daartoe is een nieuw ankerbehandelingsvaartuig ingezet, de 'Zeepok'. De

omvang van het sleepbotenbestand neemt af, nu het aantal werkschepen vermindert. Wel vraagt inspectie van de ankerpunten in de sluitgaten blijvend aandacht. De inspectie leidde in een aantal gevallen tot afkeuring wegens beschadiging. Tien voorlopers in de Roompot moesten worden vervangen. De ontmanteling en het coconneren van de opgelegde werkschepen leverde een aanzienlijke hoeveelheid staalkabels en kabelsokken op voor hergebruik.

De duikwerkzaamheden voor het plaatsingsgereed maken van de pijlers liepen met het einde van de plaatsingen ook af. De activiteiten van de duikers nemen in de sluitgaten enigszins toe door de aanzanding rondom de pijlers. Dit kritische filtergebied dient voor het bestorten van de drempel zandvrij te worden gemaakt.

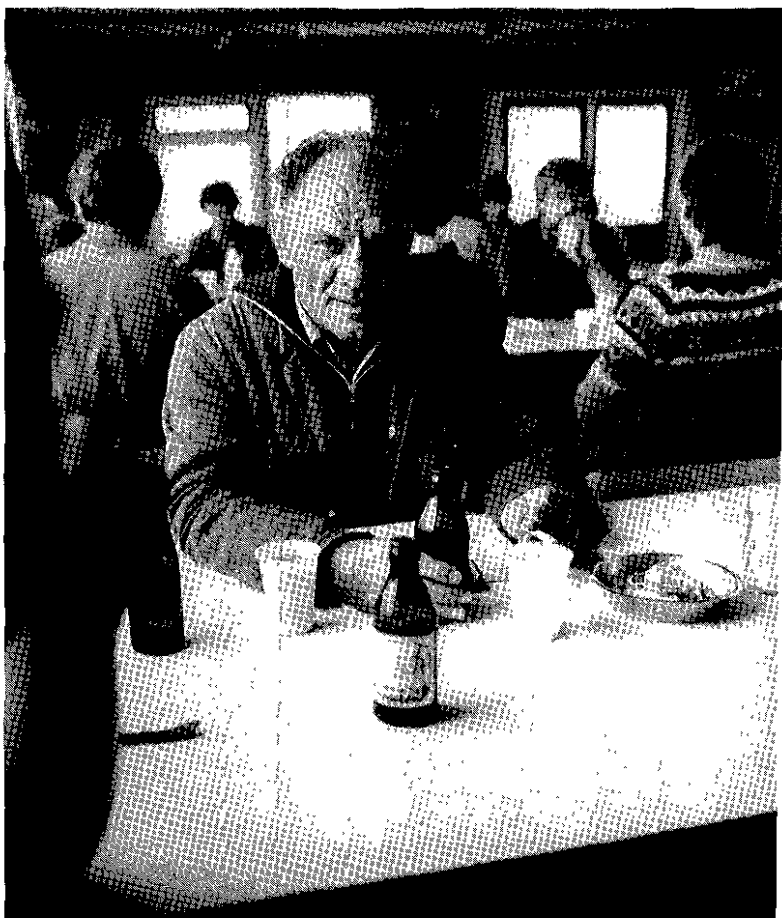
Het aantal duikers liep in het najaar van 1984 terug van 60 tot 30.

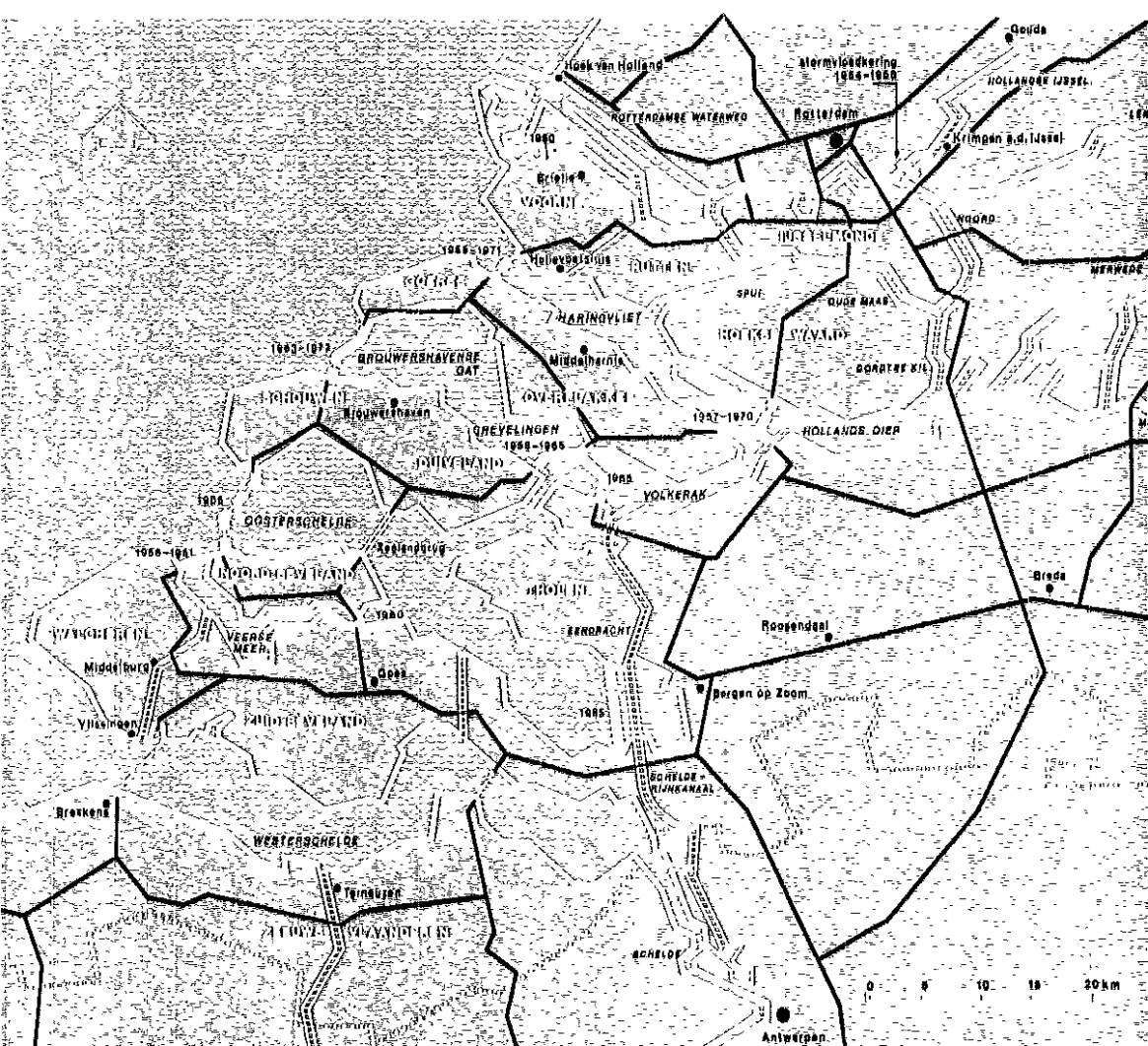
Een begin werd gemaakt met de aanleg van wegen over de kering.

Het jaar 1984 is, zoals verwacht, het topjaar van de bouwactiviteiten in de Oosterscheldemonde geworden. De projectorganisatie begint nu in te krimpen. Het personeel

van de Deltadienst waaiert uit over de rest van de Rijkswaterstaat. Ook bij de aannemer krimpt het personeelsbestand. Er is een overschot aan klein bouw materieel, dat door het Rijk is aangeschaft omdat de gebruiksduur of het speciale karakter het aantrekkelijk maakte deze hulpmiddelen te kopen en daarna aan de

aannemer ter beschikking te stellen voor het uitvoeren van de werken. Om deze hulpmiddelen tijdig op een verantwoorde manier weer te vervreemden is een veilingbureau ingeschakeld onder toezicht van de Dienst der Domeinen. In november 1984 werd een eerste veiling gehouden.





Ons tijdschrift als boekwerk

Er is een stevige, grijslinnen verzamelband beschikbaar, waarin U op eenvoudige wijze 10 exemplaren van het Driemaandelijks bericht 'Deltawerken' kunt bundelen. De rug van deze band is voorzien van een uitsparing voor het aanbrengen van de nummerstroken.

De prijs voor een band bedraagt f 13,75.

Bestelkaart 85-5-123

Stuur mij rechtstreeks of via boekhandel

_____ ex. OVBIDEL Band Deltawerken prijs f 13,75 (excl. verzendkosten)

Naam: _____

Adres: _____

Postcode + Woonplaats: _____

Postgiro: _____

Datum: _____

Handtekening: _____

Hier
postzegel
plakken

 Staatsuitgeverij
Postbus 20014
2500 EA 's-Gravenhage