

Driemaandelijks Bericht  
nummer 106, november 1983

---

# deltawerken



---

## **Deltawerken**

### **Redactie:**

Deltadienst  
Van Alkemadeaan 400  
2597 AT 's-Gravenhage

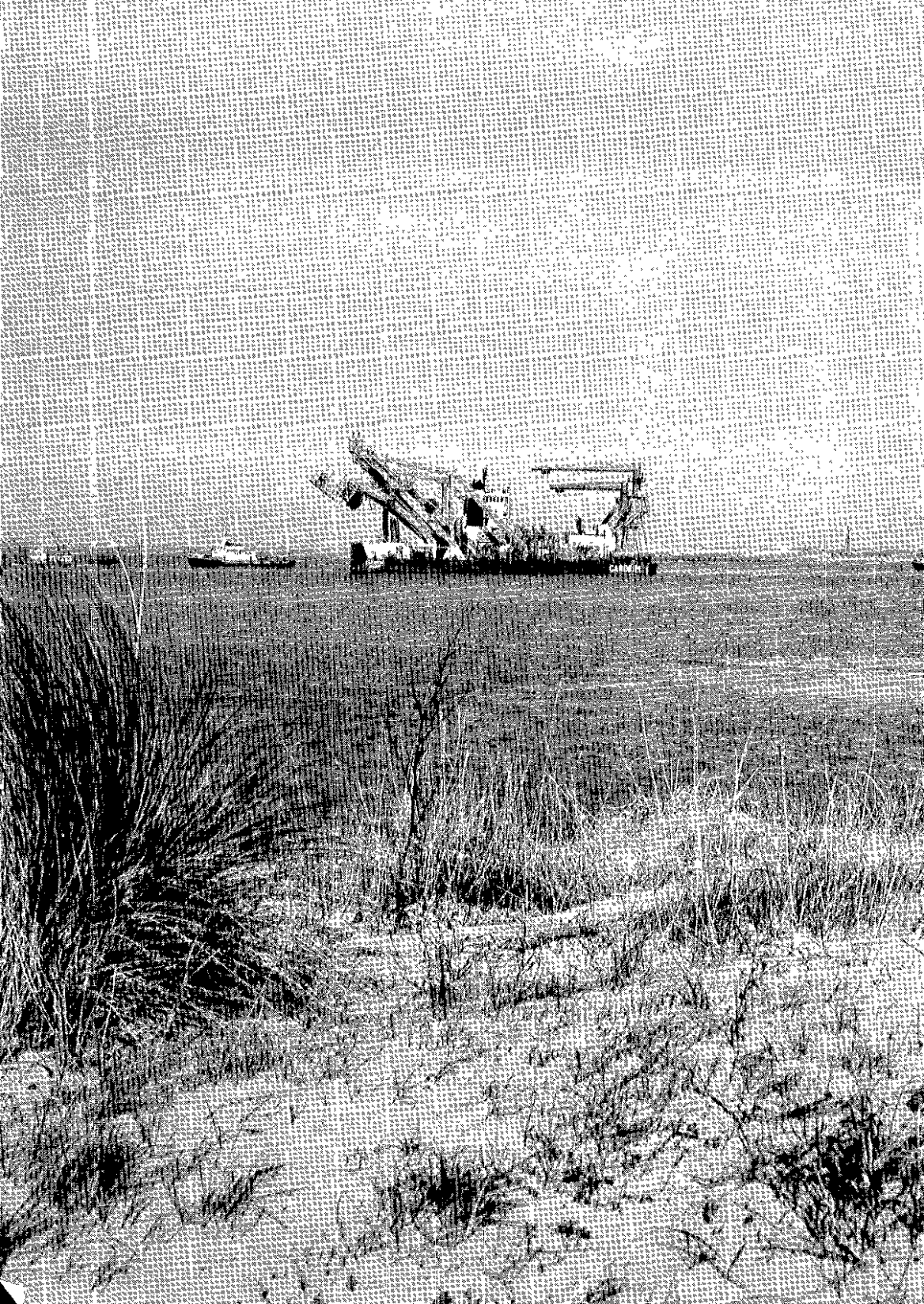
### **Abonnementen en verkoop losse nummers:**

Staatsuitgeverij  
Chr. Plantijnstraat 1  
2515 TZ 's-Gravenhage  
Telefoon: 070-78 99 11

De prijs bedraagt f 26,25 per jaar  
of f 6,75 per nummer

## Inhoud

|                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------|------------|
| Het verhaalsysteem van de 'Cardium'                                    | 291        |
| De beheersing van ontgrondingskuilen                                   | 294        |
| Zandasfalt in de waterbouw                                             | 299        |
| Zout/zoet-studies voor de Oosterschelde en het Zoommeer                | 305        |
| Onderzoek naar de gevolgen van uitstel van de compartimenteringswerken | 313        |
| De uitvoering van de Krammersluizen                                    | 324        |
| Inrichting en beheer van het Markiezaat                                | 331        |
| <b>Samenvattingen/Summaries</b>                                        | <b>336</b> |
| <b>Vorderingen</b>                                                     | <b>340</b> |



## Het verhaalsysteem van de 'Cardium'

Bij het leggen van de fundering van de Oosterscheldekering worden zeer hoge eisen gesteld aan de nauwkeurigheid waarmee de mattenlegponton 'Cardium' verhaald wordt. Deze eisen komen voort uit het feit dat de filtermatten – de ondermatten dus – evenwijdig aan elkaar neergelegd moeten worden, met een tussenruimte van slechts 3 m.

Tijdens het op diepte zuigen van het zandbed beweegt de zuigmond van de 'Cardium' zich dus zeer dicht langs de naastgelegen mat voort. Het laat zich raden dat te allen tijde voorkomen moet worden dat de zuigmond de naast gelegen mat raakt, omdat er dan meteen aanzienlijke schade zou ontstaan.

Het besturen van de ponton wordt echter door een paar omstandigheden bemoeilijkt. De hoek die ieder van de acht ankerdraden maakt met de bewegingsrichting verandert voortdurend, en daarmee de uitwerking van eenzelfde trekkracht in de kabel op de bewegingsrichting van het schip. Ook verandert de lengte van de ankerdraad, dus ook zijn gewicht en daarmee de kracht in de draad. Daarnaast wordt de ponton door golven en stroom dynamisch belast, en vooral wanneer de golf- of stroomrichting niet samenvalt met de lengte-as van de ponton, veroorzaakt dat beweging van de ponton. En tenslotte kunnen ook de verrichtingen van de lieren zelf de ponton doen bewegen. Een hoge nauwkeurigheid bij het verhalen van de ponton kan daarom alleen bereikt worden als enerzijds de uitwendige variabele belasting – golven en stroom – beperkt blijft, terwijl anderzijds het besturingsproces zeer beheerst moet verlopen. Een te snelle reactie immers kan de ponton in slingering brengen, en dan zit er niets anders op dan te wachten tot de

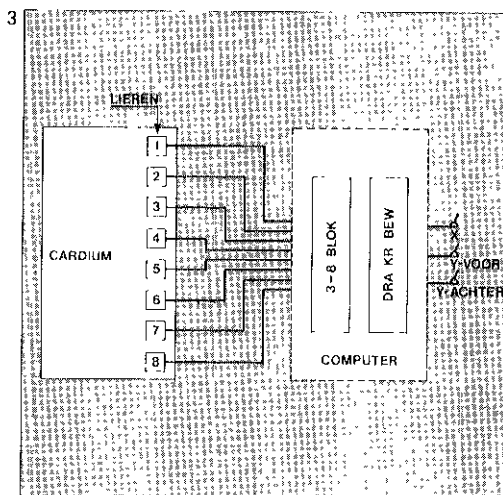
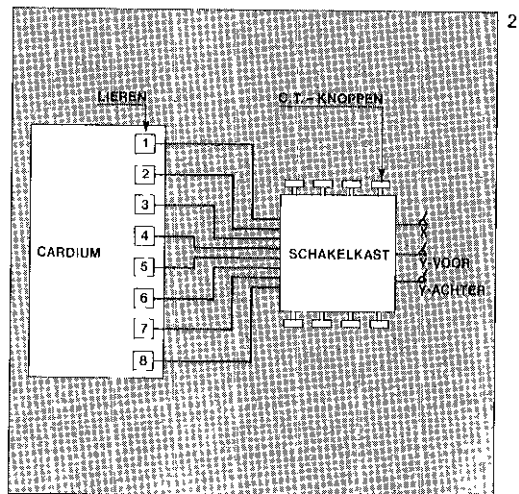
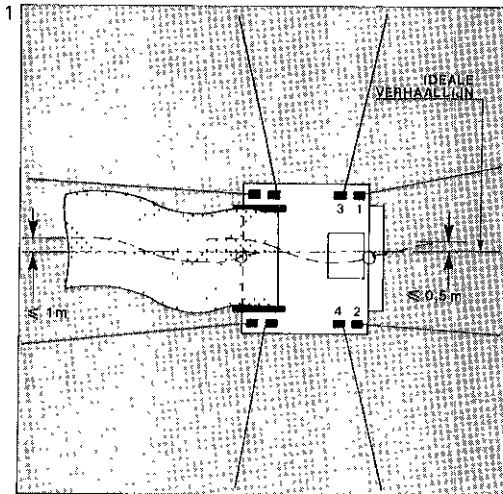


Fig. 1. Besturing van de 'Cardium': een benadering van de ideale lijn.

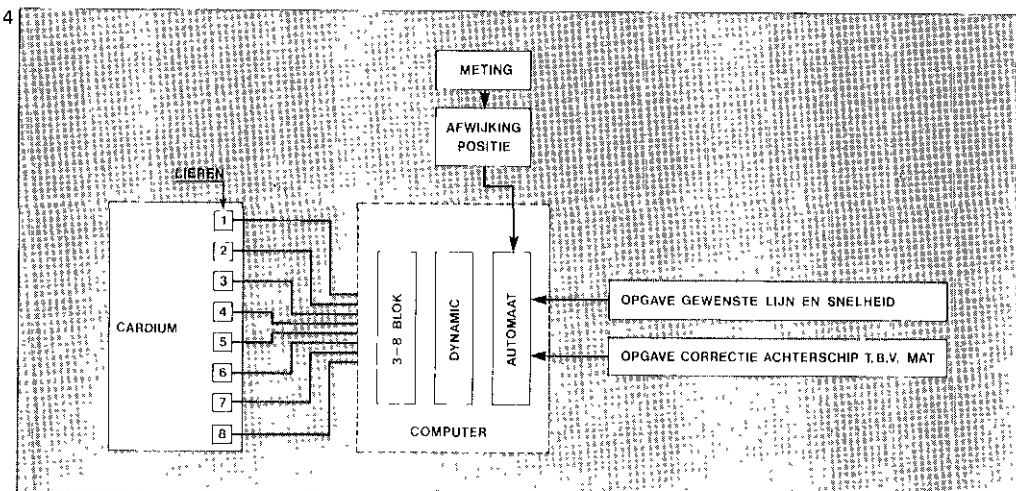


Fig. 2, 3, 4. Besturing van de 'Cardium' met de hand (boven), half- (links) en volautomatisch (beneden).

slingering is uitgedempt.

De ervaringen die zijn opgedaan bij het leggen van de blokkenmatten voor de bodembescherming met de mattenlegpontoon 'DOS I' wezen uit dat de mat met een zijdelingse nauwkeurigheid van ongeveer een meter neergelegd kon worden. Wanneer men hiermee rekening houdt, en ook met de onzekerheid die schuilt in de positie van de ligging in het horizontale vlak van de mat, dan kan men afleiden dat de zuigmond met een nauwkeurigheid van 0,5 m langs een theoretische rechte lijn verhaald moet kunnen worden, terwijl de achterzijde van de ponton niet meer dan 1,0 m mag afwijken (figuur 1). De vraag was nu: hoe kan men dit met behulp van lieren bewerkstelligen?

De nauwkeurigheidseisen waren zo hoog, en de risico's bij overschrijding van deze normen zo groot, dat de ontwerpers zich toen met enige bezorgdheid begonnen af te vragen of de bedieningsmensen wel tijdig en met voldoende inzicht het grote aantal stuurcommando's naar de verhaallieren zouden kunnen uitbrengen, vooral in de kritische fase van het simultaan vlakzuigen en matleggen. Dit leidde tot een uitgebreide studie naar de mogelijkheden van automatisering van het verhaalsysteem. Deze studie is verricht door deskundigen van Dosbouw, de Technische Hogeschool te Delft, TNO en de Rijkswaterstaat. Wat zijn mogelijke verhaalsystemen?

De eenvoudigste regeling is die waarbij de schipper iedere lier afzonderlijk kan bedienen. Die mogelijkheid is op iedere verankerde ponton aanwezig, voor eenvoudige manoeuvres. Het liersysteem van de Cardium is echter een systeem met acht draden – twee aan iedere kant van de rechthoekige ponton –, en het is niet mogelijk om gelijktijdig acht lieren zo te bedienen dat de resulterende beweging een rechte lijn wordt.

De meer ontwikkelde verhaalsystemen verschillen in de mate waarin ze geautomatiseerd zijn. Om te beginnen bespreken we het systeem met de gecombineerde handbediening (figuur 2).

Hierbij worden alle verhaalacties uitgevoerd met drie knoppen: één voor verplaatsingen voor- of achterwaarts (knop X), één voor rotaties rond de midden-achterkant van de ponton, waarbij het voorschip zich zijwaarts verplaatst (knop  $Y_v$ ), en één voor rotaties rond de middenvoorzijde en verplaatsing van het achterschip (knop  $Y_a$ ). Positieve commando's van de bestuurder worden in de schakelkast gecombineerd; daar worden ook de lieren die diametraal tegenover de aangestuurde lieren staan automatisch op een constante kracht

gezet die vooraf is ingesteld door middel van de 'constant tension'-knoppen.

Het systeem met semi-automatische handbediening zien we in figuur 3.

Ook hier bedient de bestuurder 3 knoppen, zoals hiervoor omschreven. Maar nu beschikt men over een computer, die voortdurend berekent hoe die snelheidscommando's omgezet moeten worden in snelheidscommando's voor elk van de acht lieren, en die het uitzenden van de stuursignalen verzorgt. Bovendien maakt dit systeem het mogelijk om de draadkrachtgrenzen te bewaken. Voor de bestuurder is het vol-automatische verhaalsysteem natuurlijk het eenvoudigst (figuur 4).

Hierbij geeft de bestuurder van tevoren aan de automaat de gewenste verhaallijn en -snelheid op; het schip wordt dan automatisch bestuurd. Ook worden eventuele afwijkingen van de ideale lijn, geregistreerd met een nauwkeurig positie-meetsysteem, door de automaat gecorrigeerd met inachtneming van de dynamica van het systeem. De bestuurder kan wel, ter correctie van het legproces, tussentijds de automaat opdragen de positie van het achterschip te wijzigen, als dat voor de positie van de mat nodig is. Dit gebeurt dan zonder dat de zuigmond van de ideale lijn afwijkt.

Een uitvoerige afweging, waartoe ook een aantal off-shore deskundigen hebben bijgedragen, leidde tot de conclusie dat met het handbediende verhaalsysteem de vereiste nauwkeurigheid niet gehaald zou kunnen worden. De voorkeur ging duidelijk uit naar het vol-automatische systeem, waarbij de kans op menselijke fouten zo gering mogelijk is. Echter, het ontwerpen en bouwen van een dergelijk systeem zou te veel tijd in beslag nemen: daarom is toch gekozen voor een veel sneller te realiseren half-automatisch verhaalsysteem.

**Ontgrondingskuilen zijn kuilen in de bodem, die ontstaan door erosie van het oorspronkelijk aanwezige zand. Deze kuilen vormen een bedreiging voor oeverdijken en voor kunstwerken, zoals de Oosterscheldekering. Immers als het talud van de kuil maar steil genoeg is kan een zettingsvloeiing of afschuiving ontstaan, die de grondslag van een nabij gelegen constructie kan doen verdwijnen. Nu zijn ontgrondingskuilen bij een kunstwerk als de Oosterscheldekering niet te vermijden. Maar men kan wel de omvang van de kuilen beperken en ook de gevolgen ervan. In dit artikel wordt geschetst hoe men bij de Oosterscheldekering tot een optimale combinatie van middelen is gekomen om de ontgrondingskuilen te beheersen.**

Bouwt men een doorlatende constructie in een waterloop, dan wordt het stroombeeld benedenstrooms veel onregelmatiger dan bovenstrooms: de variaties van plaats tot plaats zijn veel groter en de turbulentie is veel hoger. Bijgevolg is de zandtransportcapaciteit benedenstroom aanzienlijk hoger dan bovenstrooms en zal de ondergrond eroderen als die uit zand bestaat en niet is afgedekt door een bodembescherming (figuur 1). Direct benedenstrooms van de constructie is dit verschijnsel het opvallendst, geleidelijk aan in de richting van de stroom wordt het stroombeeld weer regelmatig. Het verloop van de erosietendens is overeenkomstig. Daarom zullen de ontgrondingskuilen voorbij een langere bodembescherming ook minder diep worden.

De kuildiepte is een functie van de tijd: in het begin neemt de diepte van de kuil snel toe, maar dat wordt gaandeweg minder, en het houdt op een gegeven moment zelfs op. Het ontgrondingsproces bij de Oosterscheldekering is al begonnen in de eerste bouwphase, bij de bouw van de eerste dam aanzetten. Niet voor niets was de bodembescherming al vóór die tijd aangebracht. Bij elke volgende bouwphase krijgt het ontgrondingsproces een nieuwe impuls, want door de toenemende vernauwing wordt de onregelmatigheid van de stroom en daardoor de erosie sterker, naarmate de bouw vordert. Naast de mate van vernauwing en de lengte van de bodembescherming is tenslotte ook de vorm van de constructie van grote invloed. Die invloed kan alleen in een schaalmodel worden bestudeerd. Daarom is modelonderzoek gedaan voor enkele bouwfasen en voor de eindfase. Als lengte van de bodembescherming werd ongeveer 600 m aangenomen. Uit dit onderzoek bleek het volgende: tijdens

## **De beheersing van ontgrondingskuilen**

de meest kritieke bouwphase, het plaatsen van de dorpelbalken, kan een kuil van enkele meters diepte in een dag of tien wel 10 m diep worden; op enkele punten zullen onmiddellijk na voltooiing van de kering al kuilen van 20 à 30 m voorkomen, en tien jaar later zijn enkele kuilen te verwachten die tweemaal zo diep zijn. Nu kan men zich afvragen of een ontgrondingskuil van zo'n 50 m diepte toelaatbaar is. Zullen de kuiltaluds wel stabiel blijven? Dat hangt sterk van de grondslag af. Op vele plaatsen bevindt zich losgepakt zand; dat is zeker zettingsvloeiingsgevoelig. Gelukkig beschikken de ontwerpers van de kering over een uitgebreide inventarisatie van alle zettingsvloeiingen en vele grote afschuivingen die in het verleden zijn waargenomen in het gebied van Ooster- en Westerschelde.

Met behulp van die inventarisatie kan voor elk van de verschillende grondsoorten een goede schatting worden gemaakt van de kans op zettingsvloeiing of afschuiving, als functie van de kuilvorm. Maatgevend blijkt niet zozeer de kuildiepte, als wel het steilste stuk helling. Overigens is bij benadering bekend hoe steil de helling wordt bij een bepaalde kuildiepte. De kritieke helling, dus die helling waarbij instabiliteit zal optreden, kan daar vrij nauwkeurig uit worden afgeleid. Vóórdat die helling ontstaat moeten maatregelen genomen zijn om dat te voorkomen. We zullen nu ingaan op de maatregelen die daarvoor ter beschikking staan. Bij een constructie als de Oosterscheldekering kan men het ontgrondingsproces beïnvloeden door de vorm van de constructie aan te passen. Bij het vaststellen van het ontwerp van de kering is ruime aandacht besteed aan ontgrondingskuilen, en voor verscheidene voorontwerpen zijn schaalmodelproeven naar de te

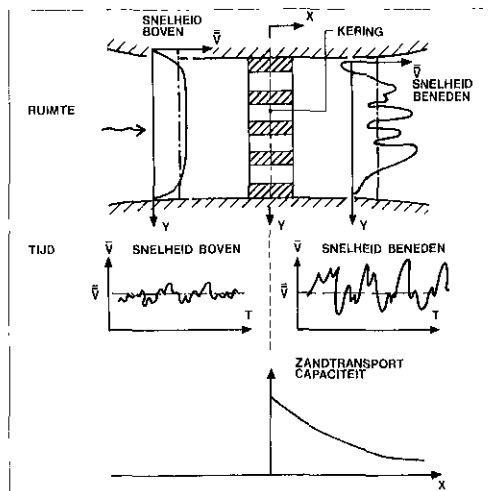
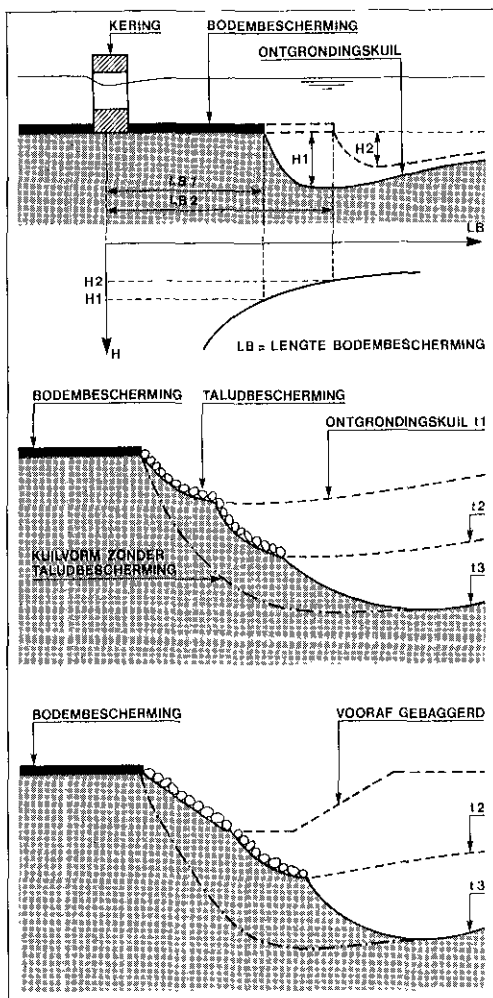


Fig. 1. Onregelmatig stroom-  
beeld benedenstrooms van de  
kering, en daaruit resulterende  
zandtransportcapaciteit.

Fig. 2. Middelen om een  
ontgrondingskuil te beheersen.

verwachten ontgrondingen verricht. Die gaven soms aanleiding tot ontwerpwijzigingen. Maar de hoofdlijnen van het ontwerp van de kering liggen nu al vijf jaar vast; daarom valt dit middel nu af, en moet men beschermingsmaatregelen nemen. Dat kan op vier manieren. Ten eerste kan de lengte van de bodembescherming worden aangepast; zoals gezegd, naarmate de lengte groter is neemt de kuildiepte af. Dit effect – dus ook het rendement van de maatregel – wordt echter wel steeds geringer (figuur 2 boven). Ook kan men het kuitalud beschermen tegen verdere erosie, voordat de taludhelling, die naarmate de kuildiepte toeneemt steiler wordt, zijn kritieke waarde bereikt. Men kan het talud dan vastleggen met een bestorting of een andere taludbescherming. De erosie naast het beschermde talud gaat echter verder, zodat men na een bepaalde tijd opnieuw een stuk

kuitalud moet beschermen (figuur 2 midden). In de loop van de tijd moet men dat misschien nog een- of tweemaal herhalen, steeds met een grotere tussenperiode. In het begin daarentegen kan het erosieproces hier en daar zo snel gaan, dat het de vraag is of men het kuitalud wel op tijd kan beschermen. In dat geval kan men beter vooruitlopen op wat de natuur zou doen, een kuil van tevoren baggeren, vóórdat de bouwphase intreedt die zo'n gevaarlijk snelle erosie zal veroorzaken. De diepte van de kuil wordt zo gekozen dat men verwacht het tempo van het daarna optredende natuurlijke erosieproces net bij te kunnen houden. Het te beheersen talud wordt dan onder de kritieke helling gebaggerd, en vervolgens beschermd (figuur 2 beneden). Bij elk van deze maatregelen beïnvloedt men de kuilvorming. Het is daarnaast ook mogelijk





In de Hammen is het grootste gedeelte van de pijlers geplaatst. De foto is van 14 oktober 1983.

Elke nieuwe bouwfase geeft een nieuwe impuls aan het ontgrondingsproces.

om iets te doen aan de grondeigenschappen, en wel door verdichting. Verdichten van losgepakt zand zorgt ervoor dat zettingsvloeiingen niet meer kunnen optreden. Daardoor wordt de kritieke helling aanzienlijk steiler, zodat veel meer erosie toelaatbaar is voordat men in moet grijpen. Een gunstig bij-effect is, dat er minder schade ontstaat bij een eventueel optredende afschuiving.

Alleen bij het bestorten van een op natuurlijke wijze ontstane kuilhelling kan men afwachten hoe het proces zich ontwikkelt. De andere maatregelen moet men van tevoren nemen; daarbij is een goede voorspelling van het ontgrondingsproces van groot belang.

De vraag is nu, wanneer er maatregelen moeten worden getroffen, welke dat zullen moeten zijn of welke combinatie men moet toepassen. Dat hangt grotendeels af van de resultaten van de ontgrondingsvoorspelling, van de kritieke taludhelling voor de verschillende grondsoorten en van de verhouding tussen het effect en de kosten van zo'n maatregel.

Bovendien hangt het ook af van de veiligheid die wordt vereist vanwege een aantal onzekerheden. De ontwikkeling van de ontgrondingskuil kan immers niet exact voorspeld worden. Ook de kritieke kuilhelling is niet exact berekend. Tot voor kort ging men er van uit dat aan de rand van de bodembescherming geen enkele afschuiving of zettingsvloeiing mocht optreden. Op grond daarvan zou men bijna alle maatregelen gecombineerd moeten toepassen, en daarbij nog strenge criteria moeten hanteren ook: een zeer kostbare zaak. Daarom is nu voor een andere benadering gekozen, waarbij men zich telkens per geval afvraagt hoe ernstig de gevolgen van een afschuiving of een zettingsvloeiing zullen zijn. Die vraag werd op probabi-

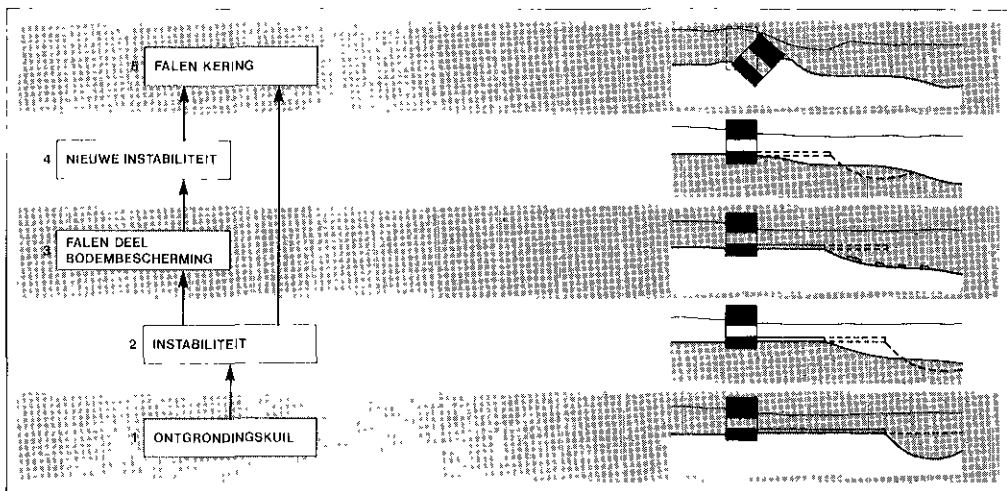


Fig. 3. Voorbeeld van een foutenboom.

listische manier beantwoord: met behulp van foutenbomen zijn de mogelijke gevolgen weergegeven (een vereenvoudigde foutenboom is geschetst in figuur 3). Vervolgens werd de kans op gebeurtenis 1 geschat, en de kans dat gebeurtenis 1 zal leiden tot gebeurtenis 2, de kans dat gebeurtenis 2 zal leiden tot gebeurtenis 3, enzovoort. Daarbij bewees de inventarisatie van de in het verleden opgetreden zettingsvloeiingen en afschuivingen opnieuw zijn nut. Ook de kennis van de grond en van de ontgrondingsprocessen was onmisbaar voor betrouwbare schattingen. Het resultaat is de kans op falen van de Oosterscheldekering als gevolg van een instabiliteit in een ontgrondingskuil.

Deze kans kan men vergelijken met de toelaatbare kans op falen van de kering die eerder is vastgesteld aan de hand van criteria ontleend aan de Deltawet. Dan blijkt op de meeste plaatsen, dat bij een bodembescherming tot tenminste 400 m uit de as een vrij grote kans op een zettingsvloeiing of afschuiving nog maar een geringe bijdrage aan de faalkans van de kering oplevert. De toelaatbare kans op een afschuiving of zettingsvloeiing wordt in dat geval bepaald door de kosten van het herstel van de plaatselijk beschadigde bodembescherming en niet door de toelaatbare faalkans van de kering.

Uit optimaliseringsberekeningen van de kosten blijkt voorts dat het economisch optimum van de toe te passen maatregelen dicht ligt bij de volgende combinatie: een bodembescherming tot 550 à 650 m uit de as, kuilaludbescherming, en verdichting op slechts enkele plaatsen – daar waar snelle ontgronding in zettingsgevoelig zand te verwachten is. Deze combinatie is tientallen miljoenen guldens goedkoper dan de maatregelen die nodig zouden zijn volgens

het oorspronkelijke uitgangspunt. Slechts op één plaats is een ontgrondingskuil te verwachten die vrij dicht bij een oeverdijk ligt. Daar wordt de oeverbescherming uitgebreid, en zal het kuilalud al bij een zeer flauwe helling worden vastgelegd. We mogen concluderen, dat het dankzij een zeer grondige kennis van het ontgrondingsproces en de stabiliteitseigenschappen van de grond en dankzij de probabilistische benadering mogelijk is gebleken, een gedegen systeem op te zetten ter beheersing van de ontgrondingskuilen, tegen een minimum aan kosten. Het systeem bestaat voor een belangrijk deel uit het beschermen van de kuilaluds naarmate de erosie voortschrijdt. Om dit goed te kunnen doen is een organisatie opgezet om het proces van peilen, beslissen en taluds beschermen efficiënt te doen verlopen. De praktijk zal moeten uitwijzen of het systeem goed werkt. Werkt het onverhoopt niet goed, dan zullen de schadelijke gevolgen echter beperkt blijven.

De meeste dijken en dammen in ons land bestaan uit zand. Zandlichamen die worden aangevallen door golven kan men niet onbeschermd laten, tenzij men zeer flauwe taluds en verlies van zand accepteert, zoals bij de duinen langs onze kust. Bovendien kunnen tijdens de aanleg van een damlichaam de stroomsnelheden rond en over de dam zo groot worden dat het zand alleen maar met behulp van hulpkaden van mijnsteen of ander, grover materiaal kan worden aangebracht. Hulpkaden worden ook wel gebruikt om de hoeveelheid te verwerken zand te beperken.

In plaats van mijnsteen kan voor de hulpkaden ook zandasfalt worden gebruikt. Dat is een mengsel van zand, meestal ter plaatse gewonnen, gedroogd en verwarmd, met 3 à 5% bitumen. Het bitumen geeft het zand samenhang, zodat het bestand is tegen stroomsnelheden tot 3 m/sec. Zandasfalt is sterk en stijf genoeg om ook gebruikt te kunnen worden als werkvloer voor het aanbrengen van een taludbekleding in de golfzone. Door zijn erosiebestendigheid kan zo'n werkvloer bovendien gedurende geruime tijd onbeschermd blijven liggen.

Het bitumengehalte wordt zo gekozen dat de zandkorrels slechts met een dun laagje bitumen zijn omhuld; er blijft dan zoveel holle ruimte in het zandasfalt over dat het bijna even doorlatend is als het oorspronkelijke zand. Een werkvloer van zandasfalt kan daarom tevens als filterlaag dienen onder open taludbekledingen.

In de meeste gevallen zullen bij een keuze tussen zandasfalt en andere materialen de kosten doorslaggevend zijn. De prijs van zandasfalt wordt voornamelijk bepaald door de prijs van het bitumen.

Dit artikel, geschreven op basis van de ervaring die sinds 1948 met zandasfalt is opgedaan, gaat in het bijzonder over de eigenschappen van zandasfalt, de milieu-aspecten en de verwerkingwijze.

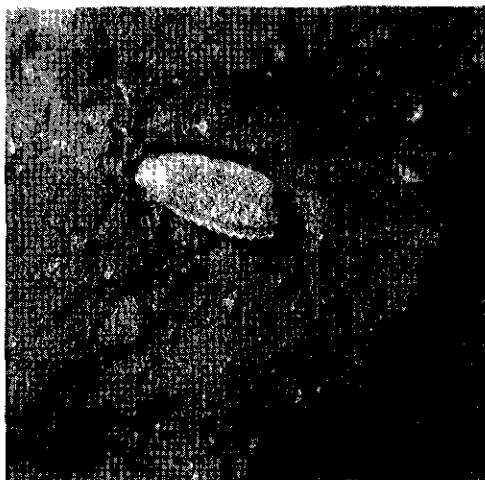
De stroombestendigheid van zandasfalt is zoals we zeiden afhankelijk van het bitumengehalte. Zandasfalt met een bitumengehalte van tenminste 3% en een redelijke volumedichtheid kan weerstand bieden aan stroomsnelheden tot 3 m/sec; dit is gebleken bij de afsluiting van de Pluimpot in 1957, die van de Grevelingen in 1961 en die van het Haringvliet in 1970, en

## Zandasfalt in de waterbouw

daarnaast uit proeven die in 1976 en 1979 zijn gedaan in de stroomgeul te Lith. Een hoger bitumengehalte zal ook een hogere stroombestendigheid tot gevolg hebben. Essentieel is hierbij de volumedichtheid van het materiaal. Bij de sluiting van de Pluimpot bleek dat zandasfalt aangebracht met een onderlosser beter bestand was tegen hoge stroomsnelheden dan zandasfalt aangebracht met een grijper, waarschijnlijk omdat het materiaal door onderlossing als één geheel wordt gestort. Ook wanneer het zandasfalt wordt aangebracht via een stortpijp, zoals bij de afsluiting van het Haringvliet, wordt een goede dichtheid verkregen.

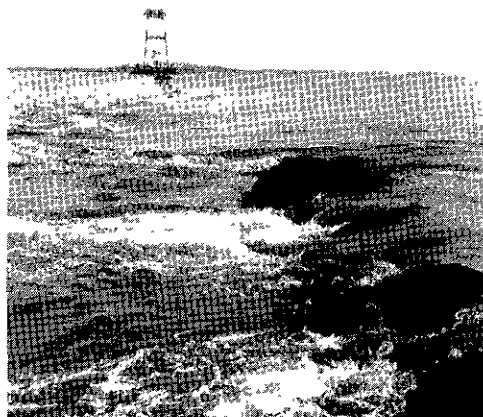
Uit de stroombestendigheid van zandasfalt valt af te leiden dat het ook bestand zal zijn tegen enige golfaanval. Bij de aanleg van het werkeiland Roggenplaat in 1970 is zandasfalt verwerkt in de perskaden aan de Noordzezijde. Deze kaden hebben gedurende een aantal wintermaanden onbeschermd in de golfzone gelegen voordat de definitieve bekleding werd aangebracht. Ondanks de stormen die in die periode zijn opgetreden is er geen schade waargenomen. Dezelfde positieve ervaring werd opgedaan bij de aanleg van de splitsingsdam te Hoek van Holland in 1969 en bij de uitbreiding van de zeehaven te Zeebrugge in 1979.

De sterkte- en stijfheidseigenschappen van het zandasfalt bepalen de helling waaronder het materiaal kan worden aangebracht en de deformaties die na de uitvoering kunnen optreden. De ervaring leert dat een taludhelling van 1 : 2 zowel boven als onder water heel goed haalbaar is; dat bleek in het Haringvliet, de Geul van Malta, en bij Zeebrugge; daarnaast ook uit proeven te Opijnen, in 1980 gedaan ten



behoefte van de landhoofdconstructies voor de Oosterscheldekering.

Inzicht in het deformatiegedrag van zandasfalt is zeer belangrijk, met name wanneer zandasfalt over een grote hoogte moet worden aangebracht, zoals in Zeebrugge en bij een van de alternatieve landhoofdconstructies van de Oosterscheldekering. Afhankelijk van de aangebrachte belasting kan het zandasfalt breken of in de tijd doorgaand vervormen; de deformaties nemen ofwel in de loop der tijd progressief toe, of naderen tot een eindwaarde. Zulke doorgaande vervormingen hoeven geen bezwaar te zijn, als ze gedurende de levensduur van de constructie maar binnen acceptabele grenzen blijven. Omdat zandasfalt zich anders gedraagt dan bijvoorbeeld zand is het noodzakelijk de bestaande rekentechnieken voor het voorspellen van het deformatie- en bezwijkgedrag aan te passen. Vrij onlangs is het computer-programma ZAKAD gereed gekomen, een modificatie van de bestaande Bishop-stabiliteitsanalyse. Met dit programma kan de stabiliteit van een constructie waarin zowel zand als zandasfalt is verwerkt berekend worden. Bovendien geeft het een indicatie van de te verwachten deformaties, doordat de stabiliteitsfactor afhankelijk is gemaakt van de deformaties in zowel zand als zandasfalt. Om de betrouwbaarheid van het model te onderzoeken zullen binnenkort vergelijkende berekeningen worden uitgevoerd met het eindigelementenprogramma MARC. Dit programma wordt op het ogenblik geschikt gemaakt om het kruipgedrag van zandasfalt te kunnen berekenen. Daarnaast werd in de zomer van 1983 te Schelphoek een modelproef uitgevoerd op schaal 1 : 2 tot 1 : 4. De voor de berekeningen benodigde materiaalparameters zijn bepaald



Een boormossel is in een klomp zandasfalt gedrongen.

Beteugelingsdam van zandasfalt in de Grevelingen.

met een speciaal voor dit doel aangepast cel- en triaxiaalapparaat.

We hebben al gezegd dat het bitumengehalte van zandasfalt zo is gekozen, dat de korrels slechts door een dun laagje bitumen worden omhuld, zodat het bijna even doorlatend blijft als zand, en kan dienen als filterlaag tussen zand en een open taludbekleding, zoals een steenzetting of open steenasfalt. Het zandasfalt vervangt dan de laag mijnsteen of een ander soortgelijk materiaal. Herhaaldelijk is bij onderzoek een doorlatendheid gevonden die ligt tussen  $0,5 \times 10^{-5}$  m/sec en  $1 \times 10^{-4}$  m/sec. Het bitumengehalte, de dichtheid en de korrelverdeling van het zand beïnvloeden de uiteindelijke doorlatendheid die in de praktijk wordt verkregen. In sommige gevallen blijven na regenval of golfoverslag plassen op het zandasfalt achter. Dit wordt niet veroorzaakt door een

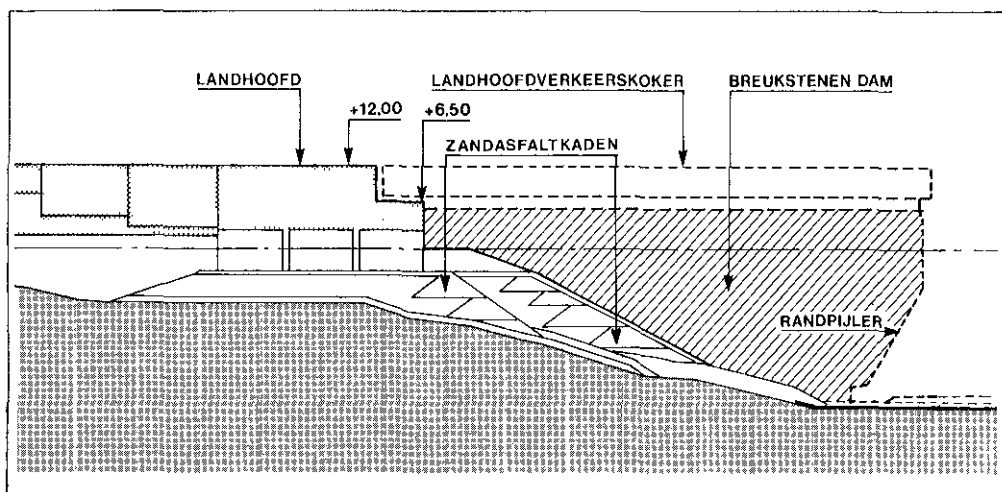
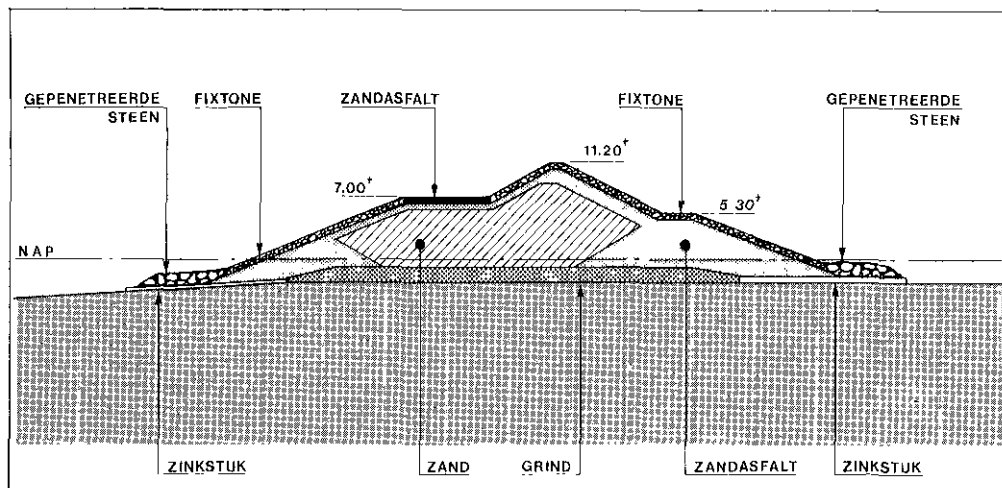


Fig. 1, 2. Toepassing van zandasfalt.

Boven: Hulpkade in een werkhaven te Zeebrugge  
Beneden: Landhoofd van de Oosterscheldekering.

slechte doorlatendheid, maar door de oppervlaktetenspanning aan de bovenkant van de zandasfaltlaag: het water moet eerst deze oppervlaktetenspanning overwinnen voordat het weg kan zakken. Vaak wordt dit effect nog versterkt door een wat hogere dichtheid aan het oppervlak, die veroorzaakt is door de machines waarmee het zandasfalt is aangebracht. In de praktijk blijkt dat het zandasfalt zeker gedurende een aantal jaren zijn samenhang behoudt. Ontwerpt men echter een constructie waarbij het zandasfalt moet dienen als een permanente filterlaag, dan is nader onderzoek naar de duurzaamheid van zandasfalt gewenst, zeker indien een levensduur van meer dan tien jaar wordt vereist.

Wat is nu de invloed van zandasfalt op het milieu? Bitumen heeft geen schadelijke invloed op de kwaliteit van het water. Een reeks van

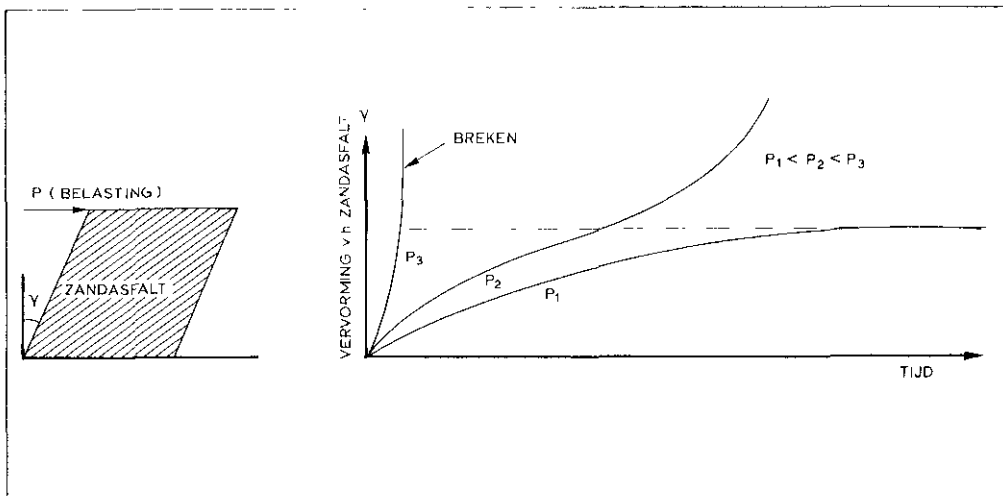
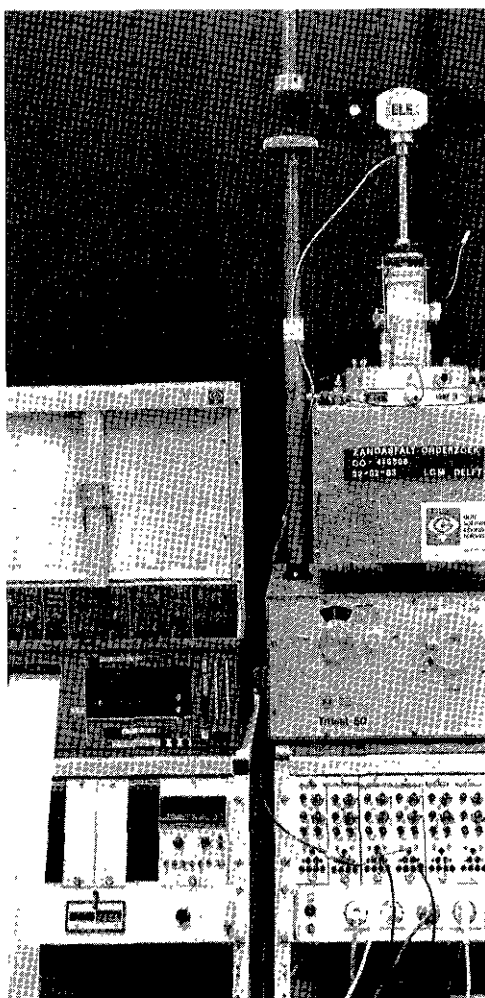
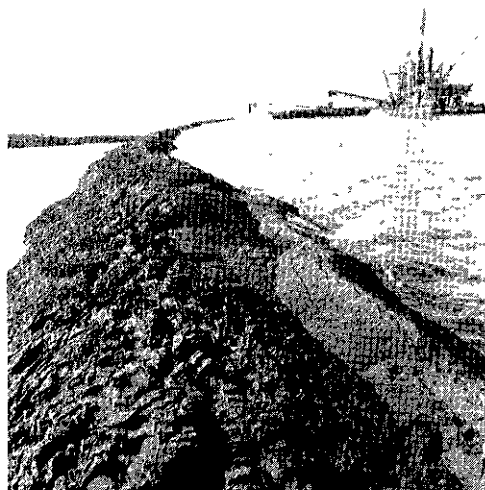


Fig. 3. Vervorming van zand-asfalt bij toenemende belasting.



Links: Triaxiaalproef op een zand-asfaltmonster.

Perskade van zand-asfalt nabij Willemstad.



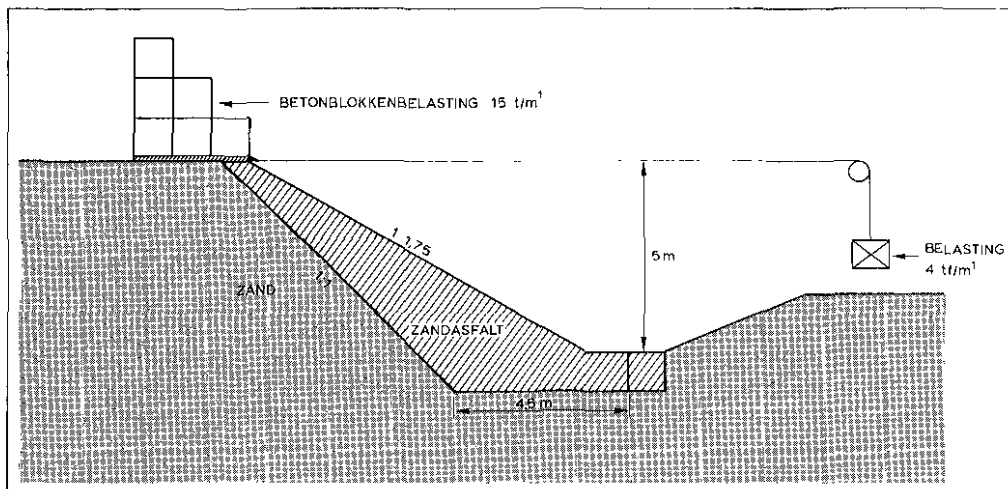


Fig. 4. Schematische weergave van een modelproef te Schelphoek.

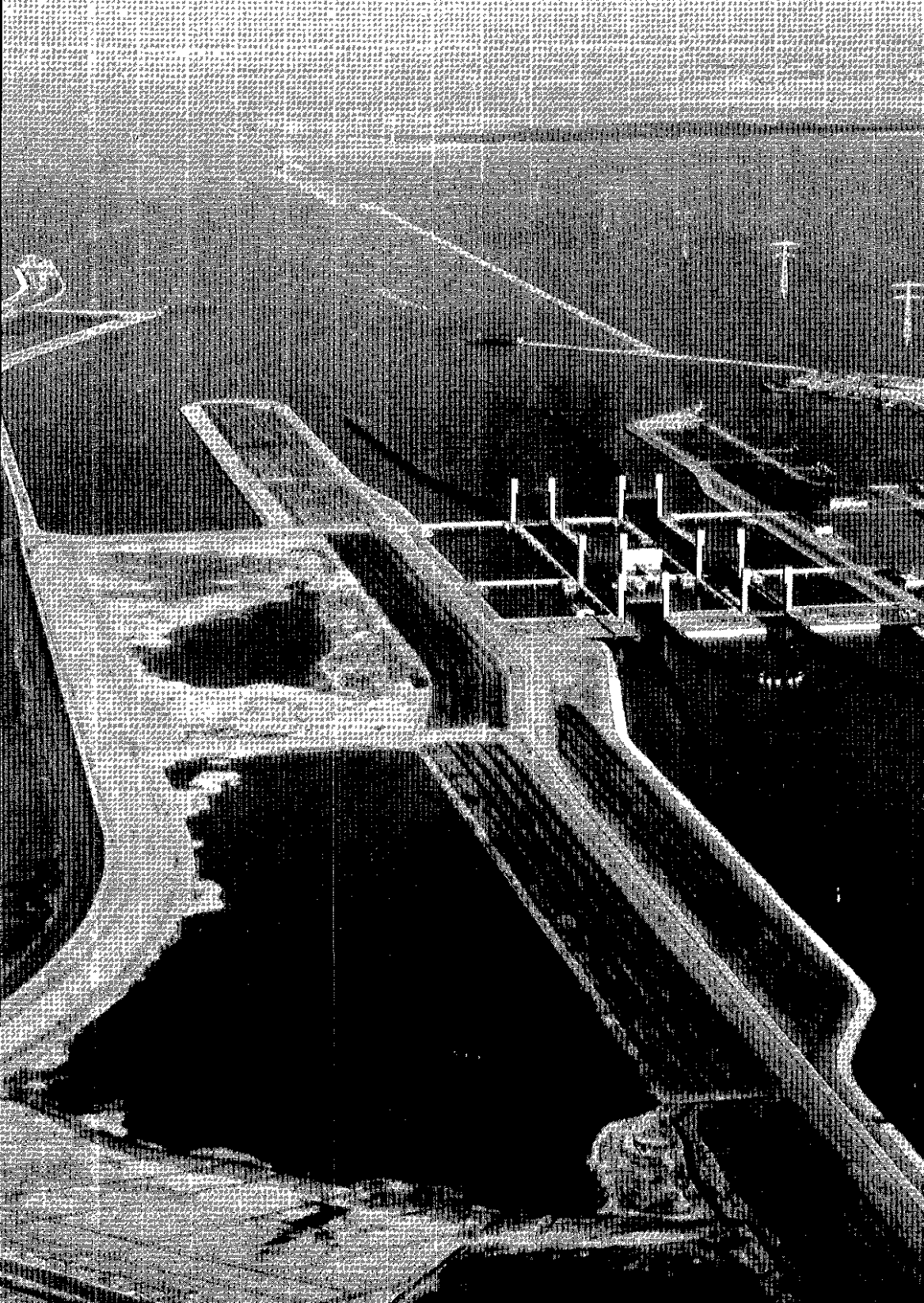
onderzoekers heeft dit aangetoond. Zulk onderzoek is bijvoorbeeld verricht toen men bij de aanleg van drinkwaterbekkens asfaltbitumen wilde toepassen als waterafsluitende laag, zoals bij de drinkwaterbassins in de Blesbos.

Het milieu kan daarentegen wel een schadelijke invloed hebben op het zandasfalt: het kan worden aangetast door boormosselen, als het voedselaanbod en de stroomsnelheden voor de ontwikkeling van de boormossel gunstig zijn. Bij de verlenging van de havenhoofden te Hoek van Holland in 1947 bleek na enkele jaren dat het zandasfalt in de brandingszone van N.A.P. - 1 m tot N.A.P. - 4 m zo was aangetast door boormosselen, dat het geen weerstand meer kon bieden aan de golfaanval.

Tenslotte nog iets over de verwerkingswijze. Het resultaat dat met zandasfalt wordt bereikt staat of valt met goede fabricage en verwerking.

De belangrijkste zorg bij de fabricage is het verkrijgen van een homogeen mengsel. Bij de verwerking zijn er meer factoren die de aandacht vragen. De temperatuur van het zandasfaltmengsel mag bij het aanbrengen onder water niet hoger zijn dan 110°C, anders laat het bitumenhuidje rond de zandkorrel los. Aan de andere kant mag de temperatuur ook niet te laag worden, anders kan het materiaal niet goed worden verwerkt. Een belangrijke factor bij het verwerken is de dichtheid van het zandasfalt. Zoals gezegd is de weerstand tegen stroom- en golfaanval in belangrijke mate afhankelijk van de dichtheid die tijdens de uitvoering wordt bereikt. Bij de aanleg van kaden onder water werden goede resultaten verkregen met een stortpijp, en met over de kop storten vanaf vrachtauto's. Ook met onderlossers wordt een goede dichtheid verkregen, maar daarmee kunnen de taluds

niet zo steil worden opgebouwd als gewenst. Het laatste belangrijke punt van aandacht is de lasnaad, zeker als het zandasfalt als filterlaag of werkvloer wordt aangebracht. Gebleken is dat een slecht uitgevoerde lasnaad al bij geringe waterdruk kapot kan gaan, zodat het onderliggende zand begint weg te spoelen, zoals gebeurde in 1969 op de Roggenplaat en in 1981 in de bouwput Schaar.



De schutsluizen in de Philipsdam worden uitgerust met een zout/zoet-scheidingssysteem, enerzijds om te voorkomen dat een te grote hoeveelheid zout water via de sluizen op het Volkerak terechtkomt en anderzijds om de zoetwaterstroom door de sluizen naar het Oosterscheldebekken te beperken.

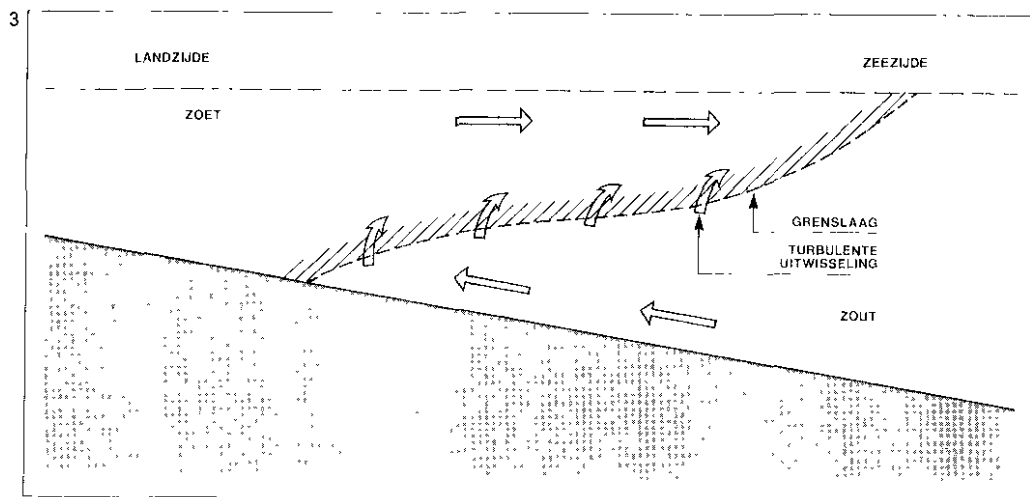
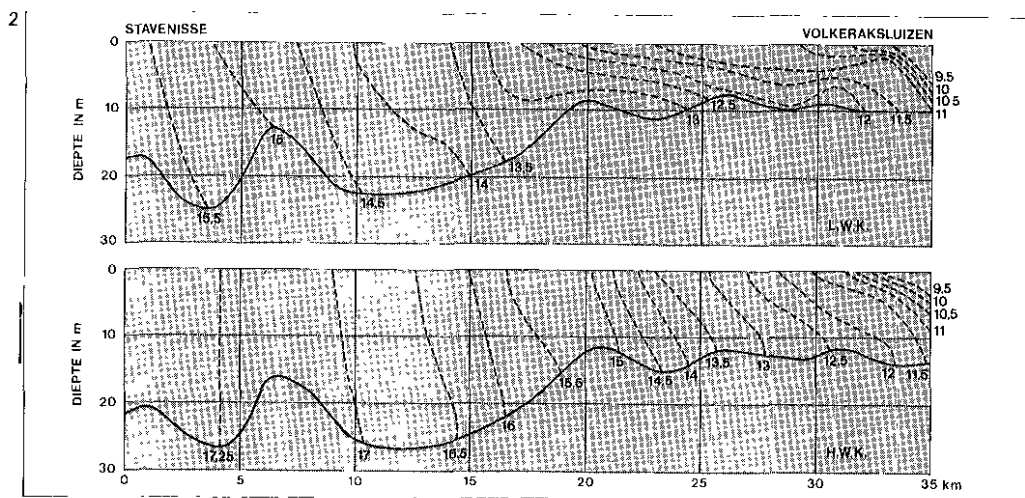
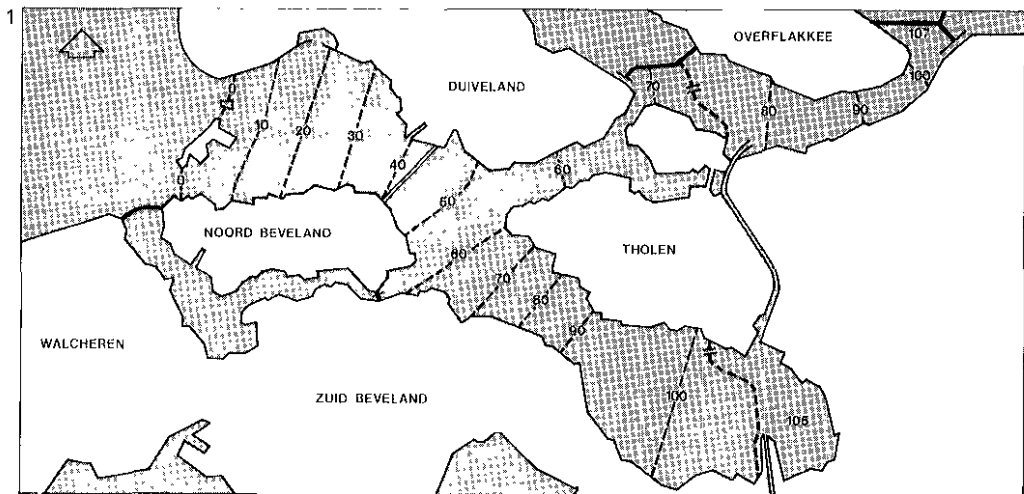
## Zout/zoet-studies voor de Oosterschelde en het Zoommeer

De aard van het zout/zoet-scheidingssysteem van de duwvaartsluizen en de omvang van de zout- en zoetlasten op het Volkerak en het Zijpe zijn behandeld in Bericht 96 (mei 1981). Dit artikel gaat nu in op de te verwachten gevolgen voor de zout- en zoetlasten op het Volkerak en het Zijpe, en op de onzekerheden bij het voorspellen hiervan. We behandelen eerst het toekomstige zoutwatergebied, het Oosterschelde-estuarium, en dan het toekomstige zoetwatergebied, het Volkerak en het Zoommeer. Wanneer de stormvloedkering klaar is zal de oppervlakte van het getijde-watergebied zijn afgenomen van 450 km<sup>2</sup> tot 350 km<sup>2</sup>. Het gemiddelde tijverschil te Yerseke is dan gereduceerd tot 2,70 m. Als gevolg hiervan zullen de maximale eb- en vloedsnelheden in de geulen van de mond afnemen met 30 à 50%. Dat heeft dan weer tot gevolg dat er minder uitwisseling zal zijn van het Oosterscheldewater met het zoutere zeewater via de mond van de Oosterschelde. Het zoetere schut-, polder- en regenwater dat op de Oosterschelde terechtkomt, zal dan langer in de Oosterschelde verblijven, voordat het door de Oosterscheldemond naar buiten gaat. Om de gedachten te bepalen: de verblijftijd van het water in de Kom van de Oosterschelde, die nu 1 à 1½ maand bedraagt, zal toenemen tot 2 à 3 maanden (figuur 1). Hierdoor zou de zoetwaterfractie bij gelijkblijvende zoetwaterbelasting toenemen. Als gevolg van de bouw van de Oesterdam vermindert gelukkig de zoetwaterbelasting op de Kom van de Oosterschelde, omdat het betrekkelijk zoete water van de Kreekraksluizen (foto links) dan niet meer in de Kom terecht zal komen.

In de afgelopen jaren is met behulp van natuurmetingen en fysische en mathematische

modellen onderzoek verricht naar de mengprocessen in het Oosterscheldegebied, om inzicht te krijgen in de mate waarin de zoutgehalten na aanleg van de compartimenteringswerken zullen veranderen. Een beschrijving van dit onderzoek vindt men in Bericht 88 (mei 1979). Een belangrijk resultaat van dit onderzoek is, dat in de toekomstige situatie de mengprocessen in het grootste gedeelte van de Oosterschelde en het Zijpe dezelfde zullen zijn als thans. In een estuarium zijn drie oorzaken aan te geven voor de menging van zout en zoet; wind' getijbeweging en zoetwaterafvoer. Vaak is één van deze oorzaken van dominerende invloed. Om te weten welke oorzaken belangrijk zijn voor de menging in het Oosterscheldegebied moeten de getijbeweging en de zoutverdeling in het bekken bekend zijn. Men kan het Oosterscheldebekken nu grofweg in twee gebieden verdelen: enerzijds de Oosterschelde en het Keeten, Mastgat, Zijpe, waar de getijbeweging domineert als belangrijkste bron van zout/zoet-menging, anderzijds het Volkerak, waar de zoetwaterafvoer de belangrijkste bron van menging is. Deze indeling zullen we nu toelichten.

Op het Volkerak staan de isohalinen – dat zijn lijnen van gelijk zoutgehalte – niet loodrecht op het wateroppervlak (figuur 2). Dat betekent, dat in verticale richting dichtheidsverschillen optreden en een zekere mate van gelaagdheid. Bij afwezigheid van andere drijvende krachten zullen de drukverschillen op grond van die gelaagdheid pogen de isohalinen horizontaal te laten verlopen, omdat dat de evenwichtstoestand is van een gelaagde vloeistof: de zware vloeistof onder, de lichte vloeistof boven. Zo ontstaan er circulatiestromen: langs de bodem een horizontale, landwaarts gerichte stroom,



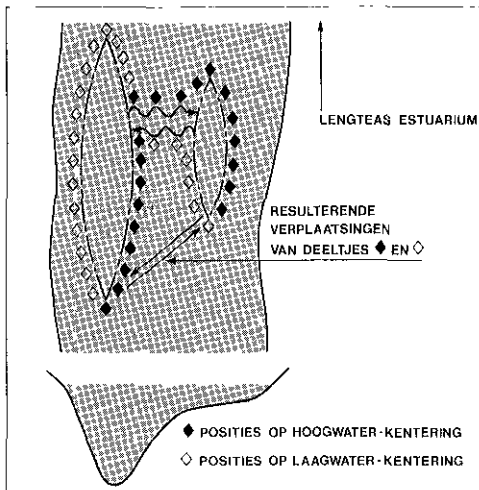


Fig. 1. Verversingssnelheid van het Oosterscheldewater, uitgedrukt in aantal getijden.

Fig. 2. Lijnen van gelijk zoutgehalte tussen Stavenisse en de Volkeraksluizen, bij de laagwaterkentering (boven) en de hoogwaterkentering.

Fig. 3. Zouttransport in een estuarium met overwegend dichtheidsstromen.

Fig. 4. Resulterende verplaatsing van waterdeeltjes als gevolg van dwarsstromen.

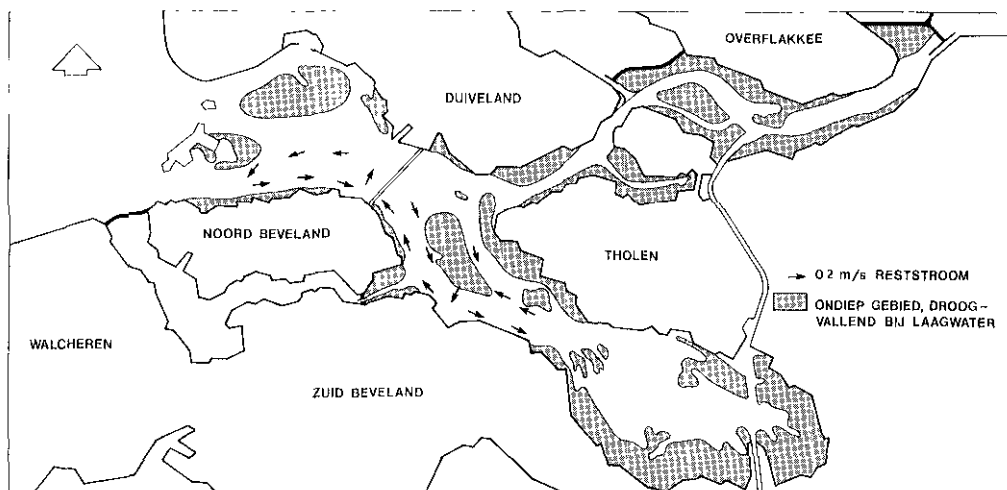
en aan het oppervlak een zeewaarts gerichte stroom, beide gemiddeld over het getij (figuur 3). Via turbulente uitwisseling tussen boven- en onderlaag komt er zouter water van de onderlaag in de zoetere bovenlaag terecht, en dat wordt weer naar zee getransporteerd. Op het Volkerak wordt 50 à 60% van het totale zouttransport veroorzaakt op deze wijze: circulatiestromen veroorzaakt door dichtheidsverschillen ofwel dichtheidsstromen spelen een overheersende rol.

In de Oosterschelde en het Keeten en Mastgat is er een goede menging in de verticaal, dus zijn er nauwelijks dichtheidsstromen. De belangrijkste mengmechanismen zijn hier de getijbeweging en de wind, waarbij de wind met name een rol speelt bij horizontale circulatiestromingen in gebieden met platen en geulen. Er zijn verschillende mechanismen die menging

4 kunnen veroorzaken. Om te beginnen is er in een estuarium met een geul en een aangrenzende ondiepte sprake van een niet-homogene snelheidsverdeling. Dat heeft tot gevolg, dat waterdeeltjes zich in een getijperiode ten opzichte van elkaar kunnen verplaatsen (figuur 4). Een niet-homogene snelheidsverdeling is daar dan de oorzaak van een netto-transport. In het diepe gedeelte van de geul is de getijstrooming sneller dan in het ondiepe. Over één getijdencyclus gerekend zullen de waterdeeltjes in het diepe deel van de geul over een grote afstand heen en weer worden getransporteerd, in het ondiepe deel over een kleine. Gedurende die getijdencyclus kan er echter uitwisseling van waterdeeltjes optreden als gevolg van turbulentie. Deze beweging staat loodrecht op de richting van de getijstrooming. Zo kan een waterdeeltje dat in het diepe deel van de geul bij vloed naar binnen begon te stromen, overspringen naar een deel van de geul waar de stroomsnelheden kleiner zijn. Bij gevolg komt het gedurende het restant van de getijdencyclus in de lengterichting van de geul gezien op een andere plaats dan waarvan het aan het begin van de getijdencyclus vertrok.

Daarnaast zijn in de Oosterschelde nog de zogenaamde reststromen van belang. Figuur 5 toont een reststrooppatroon in de Schaar van Colijnsplaat en het Engels Vaarwater. Deze reststromen zijn te danken aan de geometrie van het Oosterschelde-estuarium; ze worden opgewekt door middelpuntvliedende krachten in de bochten en de geulen. Deze reststroombeweging heeft onder andere tot gevolg, dat aan de zuidzijde van de Zeelandbrug het zoutgehalte iets hoger is dan aan de noordzijde.

Naast deze voorbeelden van de wijze waarop de getijbeweging van invloed is op de menging in het Oosterschelde-estuarium, zijn er nog andere; ook die hebben te maken met de bodem- en oevergeometrie van het estuarium. In de noord-oostelijke tak – het Keeten, Mastgat en Zijpe –, die naar de Krammersluizen leidt, zullen de stroomsnelheden ten gevolge van de aanleg van de compartimenteringsdammen verminderen. Daardoor zal de gelaagdheid in het water toenemen: het zoetere water, dat via de Krammersluizen vanuit het Volkerak op het Zijpe terecht komt, zal zich niet direct over de verticaal mengen; dit verwacht men met name in de Zijpevoorhaven van de Krammersluizen. Onder invloed van wind en getijbeweging zal deze gelaagdheid in de richting van Stavenisse afnemen en bij de Zeelandbrug zal het water over de verticaal weer goed gemengd zijn. Iets soortgelijks treffen we momenteel aan op het Volkerak; het water van het Hollands



Diep, dat via de Volkeraksluizen op het Volkerak terecht komt, drijft aanvankelijk als een bovenlaag van 1 à 2 m dik op het Volkerakwater. Ter hoogte van het Werkeiland Krammersluizen is het over de verticaal goed gemengd (figuur 2).

Fig 5. Horizontale reststroom tengevolge van de getijbeweging, als voorgesteld in het hydraulisch model 'M 1000'.

### Modelbeschrijving

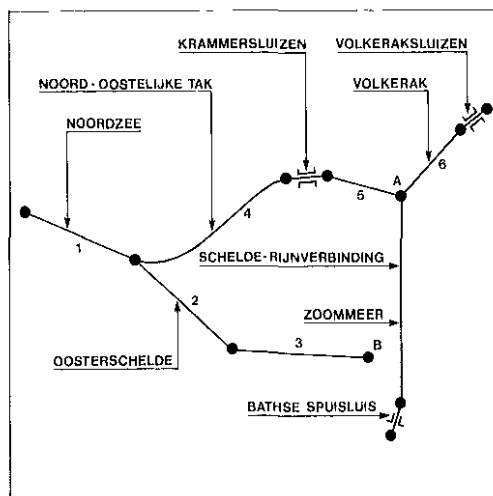
In de huidige situatie blijkt de getijgemiddelde zoutverdeling beschreven te kunnen worden met een zogenaamde één dimensionale advectie-dispersievergelijking. Wil een dergelijke beschrijving mogelijk zijn, dan moet de tijdschaal van menging over de breedte en hoogte van een geul klein zijn ten opzichte van de tijdschaal van menging over de lengte. In de Oosterschelde wordt aan deze voorwaarde voldaan. De beschrijving gaat als volgt: de Oosterschelde wordt tot een netwerk geschematiseerd; het zouttransport vindt via de takken van dit netwerk plaats (figuur 6), en in de knooppunten van dit netwerk worden de zoutconcentraties berekend.

Het zouttransport wordt verdeeld in een advectief, dat wil zeggen meevoerend deel, en een dispersief deel dat de verspreiding beschrijft. Het dispersieve transport door een dwarsdoorsnede wordt veroorzaakt door concentratieverschillen in horizontale richting aan weerszijden van de doorsneden, en is per eenheid van doorsnede van een dwarsprofiel gelijk aan het product van een dispersiecoëfficiënt  $D$  en de concentratiegradiënt in de lengterichting van de geul. Een hoge waarde van  $D$  leidt dus tot een groter dispersief transport dan een lage waarde van  $D$  bij dezelfde concentratiegradiënt. Het dispersieve transport verloopt altijd in de richting van de lage concentraties. Het advectieve transport door een dwarsdoorsnede is

gelijk aan het product van het debiet en de concentratie in de doorsnede.

In de Oosterschelde heerst evenwicht tussen het advectieve en het dispersieve transport (figuur 7). De dispersiecoëfficiënt in de huidige situatie wordt bepaald uit natuurmetingen, en wel debiet- en concentratiemetingen. Toekomstige dispersiecoëfficiënten tracht men te berekenen. Aangezien in de Oosterschelde de getijbeweging van overwegende invloed is op de zout/zoetmenging zal de dispersiecoëfficiënt na het gereedkomen van de Oosterscheldewerken kleiner worden. Naar verwachting is  $D$  evenredig met het kwadraat van de stroomsnelheden. Dus als de getijsnelheid tot 70 à 80% afneemt, zal  $D$  afnemen tot 50 à 60% van de oorspronkelijke waarde.

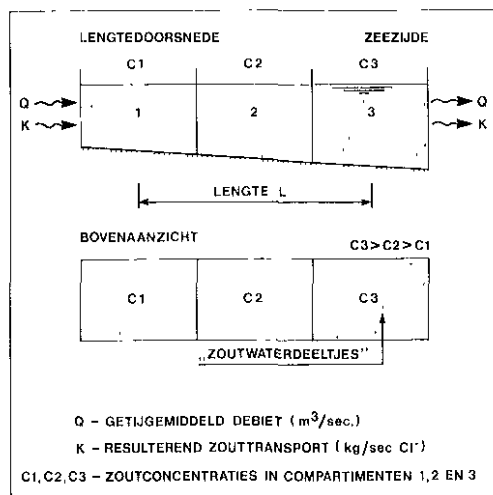
Er zijn echter nog meer factoren in het spel, die de relatie tussen de dispersiecoëfficiënt en de



6 Fig. 6. Schematisering van de Oosterschelde voor een één dimensioneel model.

Fig. 7. Zoutconcentraties als resultanten van het getijdebiet.

Fig. 8. Zout- en zoetbezwaar bij verschillende methoden van zout/zoet-scheiding.

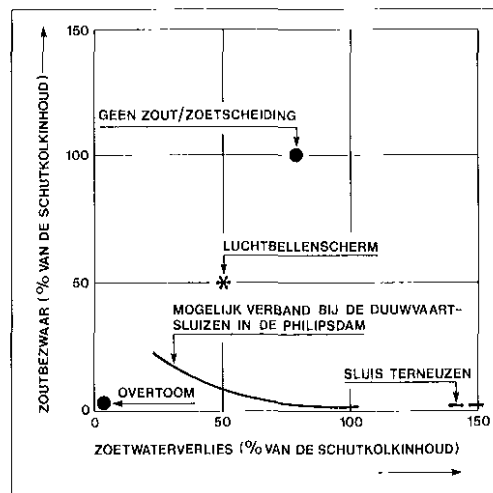


7 getijsnelheid beïnvloeden. In gebieden waar vooral horizontale reststromen van invloed zijn zal D procentueel slechts evenveel kleiner worden als de getijsnelheid. In gebieden waar sprake is van faseverschillen in de getijbeweging, in geulen en op plaatsgebieden, kan D daarentegen zelfs afnemen met de getijsnelheidsvermindering tot de derde macht.

Per tak waaraan een dispersiecoëfficiënt toegekend wordt, resulteert dit in een zekere betrouwbaarheidsmarge rondom de waarde van de dispersiecoëfficiënt. Een karakteristieke waarde van D is, in de huidige situatie,  $200 \text{ m}^2/\text{s}$  voor het gedeelte ten westen van de Zeelandbrug. Na het gereedkomen van de Oosterscheldewerken, waarbij de getijsnelheden met ca. 30% afnemen, zal D verminderen tot  $70 \text{ à } 120 \text{ m}^2/\text{s}$ .

We gaan nu in op de zout/zoet-menging in het toekomstige zoetwatergebied, het Zoommeer en het Volkerak. Daar zullen uiteraard geen getijsnelheden meer aanwezig zijn. Het transport wordt dan hoofdzakelijk opgewekt door wind, spuistromen en schutverliezen en door scheepvaart. Een zoutlast die bij de Krammersluizen op het Volkerak terechtkomt, veroorzaakt in het westelijk gedeelte van het Volkerak een zekere zoutconcentratie, die naar het oosten toe zal afnemen.

Evenals voor het Oosterscheldebekken wordt ook hier gebruik gemaakt van een één dimensionaal advectief-dispersief transportmodel. In de tegenwoordige situatie is er getij op het Volkerak en Zoommeer. Deze getijbeweging bepaalt voor een groot deel de zout/zoet-menging ter plekke. Dispersiecoëfficiënten voor de situatie na het voltooiën van de compartimenteringsdammen kunnen dus niet door metingen ter plekke worden vastgesteld. Daarom zijn de

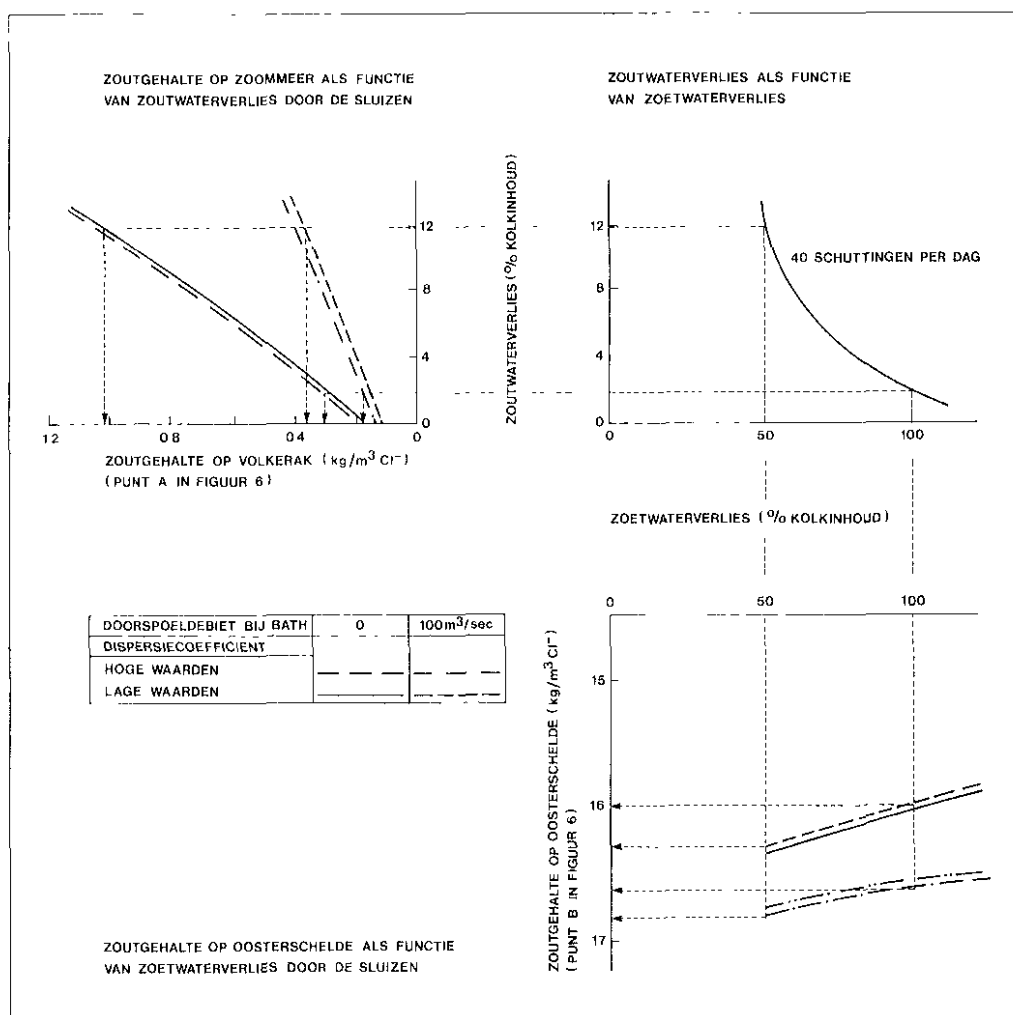


dispersiecoëfficiënten voor het netwerkmodel vastgesteld op basis van literatuuronderzoek, en van onderzoek met tweedimensionale wiskundige detailmodellen waarmee de door wind opgewekte stromingen en verspreiding gesimuleerd kunnen worden. Zo kan men dan ook de zoutbelasting in het toekomstige zoetwatergebied berekenen.

Het gaat er nu om, de met het beschreven model verkregen gegevens over het zoutgehalte in het Oosterschelde-gebied, het Volkerak en het Zoommeer te integreren. In dit model vormen de Krammersluizen de schakel tussen het Oosterschelde-gebied en het Volkerak/Zoommeer. Per schutting komt er een bepaalde hoeveelheid op de Oosterschelde; deze hoeveelheden worden uitgedrukt in percentages van de schutkolkinhoud (figuur 8).

Met behulp van het netwerkmodel kan berekend

Fig. 9. Invloed van de Krammersluizen op de zoutconcentraties in de Oosterschelde en op het Zoommeer.



worden hoe hoog de zoutgehalten op de Oosterschelde en het Volkerak/Zoommeer zullen worden, gegeven de zout/zoetscheidingskarakteristiek van de Krammersluizen. Figuur 9 laat zo'n berekening zien; hierbij is afgezien van andere zoetwaterlasten op de Oosterschelde. Uit figuur 9 kunnen we aflezen wat het gevolg zal zijn van het al dan niet terugwinnen van zoet water bij de Krammersluizen. Niet terugwinnen betekent een zoetbezwaar op het Zijpe van 100% van de schutkolkinhoud per schutting, en een zoutbezwaar op het Volkerak van 2% van de schutkolkinhoud per schutting. Dan zal, afhankelijk van de waarde van de dispersiecoëfficiënt op de Oosterschelde, het zoutgehalte op de Kom van de Oosterschelde 16,0 tot 16,6 g/l  $\text{Cl}^-$  bedragen, en op het Volkerak 0,3 g/l  $\text{Cl}^-$ . Dit kan verminderen tot 0,2 g/l  $\text{Cl}^-$  als via de Bathse Spuisluis 100 m<sup>3</sup>/s wordt gespuid van het Volkerak naar de Westerschelde. Bij deze berekeningen is uitgegaan van een zoutgehalte op het Hollands Diep van 0,15 g/l  $\text{Cl}^-$ .

Wanneer men echter bij de Krammersluizen wel zoet water terugwint, zal het zoetbezwaar op het Zijpe slechts 50% van de schutkolkinhoud per schutting zijn, en het zoutbezwaar op het Volkerak 12%.

Afhankelijk van de waarde van de dispersiecoëfficiënt op de Oosterschelde zal dan het zoutgehalte op de Kom van de Oosterschelde 16,3 à 16,9 g/l  $\text{Cl}^-$  bedragen, en op het Volkerak 1 g/l  $\text{Cl}^-$ . Wederom, indien via de Bathse Spuisluis 100 m<sup>3</sup>/s wordt gespuid van het Volkerak naar de Westerschelde zal het zoutgehalte

omlaag gaan tot 0,35 g/l  $\text{Cl}^-$ . We moeten hierbij opmerken, dat deze berekeningen uitgevoerd werden met een stationair model; tijdseffecten kunnen hiermee niet berekend worden.

Met het hier besproken model worden dus evenwichtssituaties behandeld. In werkelijkheid zal de tijdsduur waarin het water op het Zoommeer tot een evenwichtswaarde zal oplopen als een tijdlang zoet water wordt teruggewonnen, enkele maanden bedragen. De coëfficiënten in dit model moeten nog nader geverifieerd worden. Met name geldt dit voor de kwaliteit van het zout/zoetscheidingsstelsel. De zoutlast van 12% van het kolkvolume, die gepaard gaat met een terugwinningspercentage van 50%, is naar verwachting een bovengrens. Door middel van een adequate besturing van de sluis of door minder zoet water terug te winnen kan de zoutlast aanmerkelijk verlaagd worden, waardoor de zoutgehalten op het Zoommeer/Volkerak minder hoog oplopen.

Een dergelijk model in uitgebreider vorm wordt gebruikt om na te gaan wat de invloed is van maatregelen om het zoutgehalte te beheersen, zoals gebruik maken van de Bathse Spuisluis, terugwinnen bij de Krammersluizen en rondstromen met de Flakkeese spuisluis.

De resultaten van dit onderzoek zijn in de loop van 1983 te verwachten. Van dit model kan tevens gebruik gemaakt worden bij het ontwerp van de besturingssystemen van de Krammersluizen en de Kreekraksluizen.



Met het oog op de in de jaren tot en met 1986 dreigende overschrijding van het budget voor de Oosterscheldewerken is in juni 1982 opdracht gegeven een onderzoek te doen naar de gevolgen van uitstel van de compartimenteringswerken. Deze opdracht sloot aan op een door de Raad van de Waterstaat in het begin van 1982 uitgebracht advies betreffende bezuinigingsmogelijkheden. Het onderzoek moest eind 1982 afgerond zijn; daarna zou dan het vereiste bestuurlijk overleg plaatsvinden, alsook advisering door de Raad van de Waterstaat.

Voor de uitvoering van dit onderzoek is de Stichting Samenwerkende Instellingen ten behoeve van Beleidsanalytische Studies (SIBAS) ingeschakeld. Van de zijde van de Rijkswaterstaat werd het onderzoek begeleid door een werkgroep waarin de betrokken diensten vertegenwoordigd waren. Deze groep heeft zoveel mogelijk de nodige basisinformatie verstrekt. De resultaten van het onderzoek zijn door SIBAS samengevat in de nota 'Beleidsanalyse uitstel compartimenteringswerken Oosterschelde'.

De compartimenteringswerken vormen een onderdeel van de Oosterscheldewerken; ze omvatten de Philipsdam met de Krammersluizen, de Oesterdam met de Bergsediepstuus, de Markiezaatskade en het Bathse Spuikanaal. Het is om een aantal redenen noodzakelijk, het oostelijk deel van het bekken door dammen van het getijgebied af te scheiden. Ten eerste is in een tractaat tussen België en Nederland vastgelegd, dat de Schelde-Rijnverbinding in de toekomst getijvrij zal worden. Vervolgens is het voor de waterhuishouding van belang, dat aan de zoutinfiltratie van West-Brabant en de Zeeuwse polders langs het Zoommeer een einde komt, en dat ook het noordelijk Deltagebied niet meer via de Volkeraksluizen met zout wordt belast. Bovendien, bij de gegeven afmetingen van de stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde kan slechts door verkleining van het bekken een voldoende groot tijverschil worden bereikt. En tenslotte wordt door de aanleg van de compartimenteringsdammen voorkomen dat er een te grote zoetwaterbelasting plaatsvindt op de Kom van de Oosterschelde.

De beslissing over het compartimenteringsmodel is eind 1975 genomen, op basis van een

## Onderzoek naar de gevolgen van uitstel van de compartimenteringswerken

analyse van de Commissie Compartimentering Oosterschelde, en conform de adviezen van de Raad van de Waterstaat en de Rijks Planologische Commissie. Eind 1982 was reeds een groot deel van de werken gereed of in uitvoering. Van de totale geraamde kosten van f 1,2 miljard was al de helft uitgegeven.

Naast de waterhuishouding is het milieu-aspect bijzonder belangrijk bij de vraag of, en zo ja hoelang uitstel van de dammen verantwoord is. *Handhaving van het zoute getidemilieu in de Oosterschelde* was immers bij de beslissingen van 1974 en 1976 een belangrijke overweging. Het onderzoek werd gebaseerd op de volgende uitgangspunten. De stormvloedkering zal op 1 oktober 1986 operationeel zijn. De compartimenteringswerken vormen een integraal onderdeel van de Oosterscheldewerken en de compartimenteringsdammen zullen dus in ieder geval worden aangelegd, inclusief de wegen er overheen. De sluiting van de Philipsdam wordt met zand uitgevoerd, en de sluiting van de Oesterdam met steen. In plaats van de liftsluis zal in de Oesterdam een kleine sluis worden aangelegd. Het Bathse Spuikanaal en de Markiezaatskade worden volgens de huidige planning uitgevoerd, omdat nagenoeg al deze werken al zijn aanbesteed. Als de biomassa van de aanwezige schelpdieren en vis in de Oosterschelde gereduceerd wordt zal dit leiden tot een evenredige fysieke opbrengstvermindering. *Voor alle uitstelalternatieven zal in bepaalde natte perioden worden uitgegaan van twee beheersvarianten met betrekking tot spuidebieten naar en van het Oosterscheldebekken. Volgens de eerste variant (spuivariant a) is het spuibeheer gebaseerd op het gebruik van die middelen waaraan geen kosten zijn verbonden. Met de Volkeraksluizen is de zoetwaterbe-*

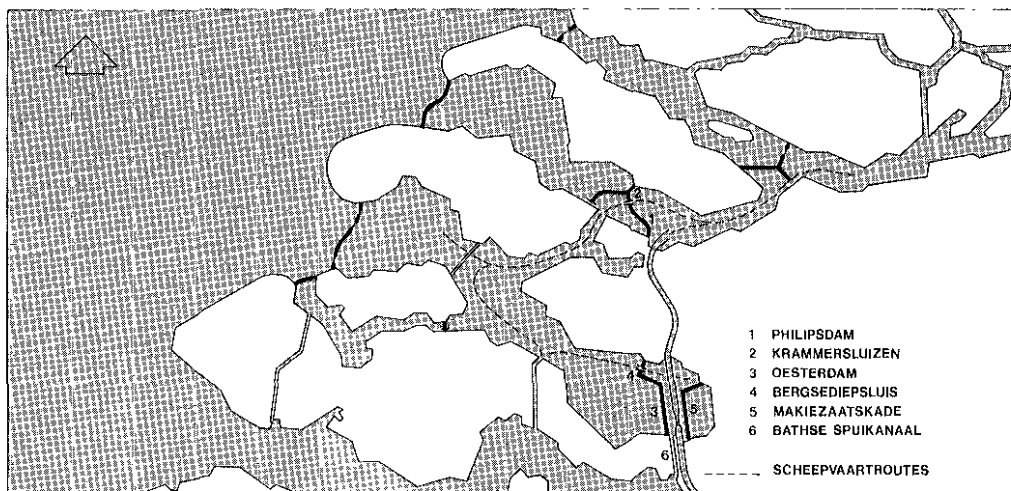


Fig. 1. Overzicht van de compartimenteringswerken.

lastig op de Oosterschelde terug te brengen van  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  naar  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ ; De Flakkeese Spuisluis in de Grevelingendam kan  $50 \text{ m}^3$  zout water per seconde naar de Oosterschelde overhevelen.

De tweede variant (spuivariant b) biedt daarnaast nog een spuidebiet via het Bathse Spuikanaal van  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Op basis van een analyse van de verschillende mogelijkheden tot temporisering van de compartimenteringswerken zijn drie hoofdalternatieven in beschouwing genomen. Alternatief A is het aanhouden van de oorspronkelijke planning, bij alternatief B wordt het bouwen van de Philipsdam uitgesteld, en volgens alternatief C zowel de Oesterdam als de Philipsdam. Binnen deze alternatieven kan men dan nog differentiëren al naargelang de duur van het uitstel. Er is gekeken naar één, twee, drie en vier jaar uitstel; de alternatieven voor 1 jaar uitstel heten dan B1 en C1, voor twee jaar uitstel B2 en C2, enzovoort. We gaan nu in op de drie hoofdalternatieven.

De oorspronkelijke planning voor het sluiten van de dammen is nauw afgestemd op de datum waarop de stormvloedkering operationeel zal zijn: 1 oktober 1986. Zoals gezegd, de sluiting van de Oesterdam zal met steen en die van de Philipsdam met zand worden uitgevoerd. Op grond van waterloopkundige overwegingen kan de Philipsdam niet eerder worden voltooid dan de Oesterdam. De Oesterdam moet dan worden gesloten omstreeks het tijdstip dat de getijdebeweging op de Oosterschelde door de aanleg van de stormvloedkering zover is gereduceerd, dat bij Yerseke een gemiddeld getijverschil van  $2,70 \text{ m}$  optreedt, dat is in juli tot augustus 1986. De sluiting van het Krammer zou dan worden uitgevoerd nadat de kering

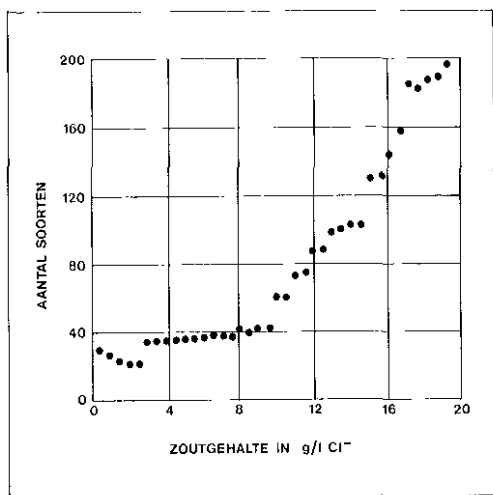
Fig. 2. Verband tussen zoutgehalte en soortenrijkdom.

operationeel is geworden. Door op de Oosterschelde gedurende enkele weken een gerecht getij in te stellen, met een tweemaal zo lange periode als normaal, kan het Krammer met zand worden gesloten, in de maanden oktober tot december 1986. Overigens, beide dammen hebben een primair en een secundair sluitgat; beide secundaire geulen worden met zand gedicht, voorafgaand aan de sluiting van de hoofdgeulen.

Bij alternatief B, uitstel van alleen de Philipsdam, verloopt de aanleg van de Oesterdam, zoals beschreven bij alternatief A. De bouw van de Philipsdam wordt dan echter uitgesteld en dat betekent dat het zuidelijk deel van het Zoommeer gedurende de periode van uitstel via de Schelde-Rijnverbinding zal worden gevuld en geleidigd onder invloed van het getij. Dat zal te merken zijn aan langsstroomsnelheden op

deze scheepvaartweg, en ook in het stroombeeld bij de noordelijke uitmonding in het Volkerak. Bovendien zal, omdat gedurende de periode van uitstel de komberging van het Oosterscheldebekken niet wordt verkleind, het getijverschil bij Yerseke met 40 cm afnemen. En tenslotte zal er een zoetbelasting van de Brabantse rivieren en van de Volkerak- en Kreekraksluizen op de Oosterschelde komen, via Zijpe, Mastgat en Keeten.

Alternatief C betekent uitstel van de Philipsdam en de Oesterdam. Ook in dit geval zal het getijverschil bij Yerseke 40 cm kleiner worden. Tevens zullen de stroomsnelheden in het westelijk deel van de Oosterschelde toenemen. Door het uitstellen van de Oesterdam zal bovendien de zoetbelasting van de Kreekraksluizen rechtstreeks op de Kom van de Oosterschelde komen.



Deze alternatieven zijn vervolgens onderling vergeleken voor wat betreft de aspecten milieu, visserij, scheepvaart, waterhuishouding – inclusief de zoetwatervoorziening voor de landbouw –, beveiliging, verkeer en vervoer, de rijksbegroting, de bouwnijverheid en de internationale betrekkingen. Dit klinkt nu allemaal wel heel resoluut, maar in feite wordt de problematiek in belangrijke mate beheerst door onzekerheden: enerzijds onzekerheden aangaande bepaalde processen in het fysisch en ecologisch systeem van de Oosterschelde, anderzijds onzekerheden die vanuit de omgeving op ons afkomen. Ten aanzien van de omgeving doet het scenario de volgende aannamen. Door de aanleg van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen ontstaat een gemiddeld getijverschil te Yerseke van 2,70 m; onzekerheden in de effectieve doorstroombopening en in het geulenpatroon zijn

er echter de oorzaak van dat dit getijverschil een onderschrijdingskans van 1% heeft (Bericht 105, augustus 1983). Gerekend wordt ook met een nat voorjaar met een gemiddeld neerslagoverschot waarop maar 10% kans is, een zogenaamd 10%-nat voorjaar; en ook met een 10%-nat najaar.

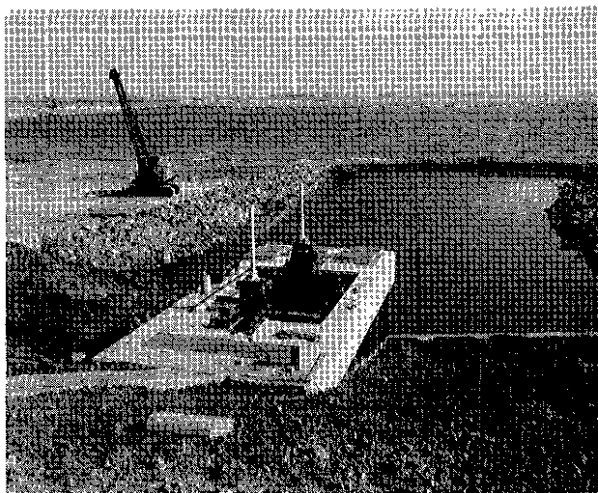
Het zeezoutgehalte in de mond van de Oosterschelde zal 16,5 g/l Cl<sup>-</sup> bedragen, met een onderschrijdingskans van 5%. De pijpleiding van het Brielse Meer naar het Westland voor de aanvoer van zoet water is niet operationeel voor 1990 en de disconteringsvoet – een maat voor de duurte van het geld – heeft de waarde van 10%.

Deze combinatie van omstandigheden opent een pessimistisch perspectief voor met name het aquatisch milieu en de visserij.

Een statistische analyse heeft geleerd dat de kans op nog ongunstiger omstandigheden in een bepaald jaar slechts een grootte-orde heeft van 2%. Toch is voor aannamen met zo'n geringe onderschrijdingskans gekozen, omdat het milieu en de visserij in het Oosterscheldebeleid zo'n bijzondere rol spelen. Daarom is in deze analyse de onzekerheid ten aanzien van de consequenties van de alternatieven aan de ongunstige kant afgeperkt.

Om ook een indruk te geven van de gevoeligheid van de resultaten voor enkele aannamen, is in de nota een gevoeligheidsanalyse opgenomen.

Westelijke doorlaatsluis in de Markiezaatskade.



Beschouwd zijn een groter getijverschil bij Yerseke: 3,05 m met een onderschrijdingskans van 50%; minder natte situaties: een gemiddeld voorjaar en najaar; operationeel zijn van de pijpleiding Brielse Meer–Westland in 1988 en een disconteringsvoet van 5%.

De invloed op het zoutgehalte van een groter getijverschil en minder natte situaties is weergegeven in tabel 1.

De invloed op het milieu van de voornaamste door de alternatieven B en C veroorzaakte fysische veranderingen is aangegeven in figuur 3.

Een belangrijke factor is het zoutgehalte in de Oosterschelde, dat door uitstel van de compartimentering wordt verlaagd. Om het weer te verhogen zijn de twee eerder genoemde spuivarianten te overwegen. Aanvullende maatregelen in het Bathse Spuikanaal zullen, voor een debiet van 100 m<sup>3</sup>/s, neerkomen op f35 miljoen. Aangenomen is dat bij alternatief A geen van beide spui mogelijkheden wordt gebruikt.

De hoge soortenrijkdom van het aquatische ecosysteem in de Oosterschelde is in de huidige situatie een van de belangrijkste kenmerken. Daalt het zoutgehalte, dan zal ook de soortenrijkdom afnemen (figuur 2). Daarom is voor alle alternatieven geschat welk soortenverlies zal optreden in vergelijking met de eindsituatie. Opgemerkt wordt dat het hier om ruwe schattingen gaat; dit als gevolg van onzekerheden in zowel de berekende zoutgehalten als in de relatie tussen zoutgehalte en soorten aantal. De berekende zoutgehalten hebben een nauwkeurigheid van plus of min één g/l Cl<sup>-</sup>. In de eindsituatie rekent men met twee streefwaarden: 13 g/l Cl<sup>-</sup> in de Krabbenkreek en 15,5 g/l Cl<sup>-</sup> in de Kom van de Oosterschelde. Daling beneden deze waarde tot minimaal 13,5 g/l Cl<sup>-</sup> is toelaatbaar voor korte duur, zeg 2 à 3 maanden.

De invloed van de alternatieven op het zoutgehalte en de soortenrijkdom is aangegeven in tabel 2.

Het in de tabel aangegeven effect op de soortenrijkdom kan gedurende de uitstelperiode slechts éénmaal optreden; aangenomen wordt dat de soortenrijkdom zich binnen een jaar aanpast aan de verlaging van het zoutgehalte. Komt een nat jaar meer dan eens voor dan zal dat dus geen extra effect hebben. De herstellijd bedraagt, afhankelijk van de soort, echter verscheidene jaren. Wel neemt de kans dat een nat jaar voorkomt in de uitstelperiode toe bij meerjarig uitstel, en wel ongeveer evenredig met het aantal jaren uitstel.

Gaat men uit van een gemiddeld jaar in plaats van een nat jaar, dan zal er in de Krabbenkreek

geen vermindering van de soortenrijkdom optreden en in de Kom van de Oosterschelde alleen bij hoofdalternatief C, respectievelijk 20% zonder gebruik van de Bathse Spuisluis en 10% met gebruik van die sluis. De resultaten blijken nauwelijks gevoelig voor het getijverschil in de eindsituatie.

Niet alleen de gevolgen voor het aquatisch milieu zijn in beschouwing genomen, maar ook die voor de vegetatie, voor vogels en voor de erosie van schorren en platen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.

Deze effecten zijn niet zozeer een gevolg van de daling van het zoutgehalte, alswel van de reductie van het getijverschil. Aangezien deze reductie weinig verandert bij een ander getijverschil in de eindsituatie, zijn de resultaten ongevoelig voor de onzekerheid in het uiteindelijke getijverschil. Voor de vegetatie zullen de gevolgen relatief gering zijn. Door de reductie van het verticaal getij en de lagere zoutgehalten zullen er wel verschuivingen optreden in de vegetatiezones, maar op een enkele uitzondering na zijn die nog wel omkeerbaar. Wel is het zo dat bij langere duur van het uitstel de vegetatie dichter bij een nieuw evenwicht komt, waardoor bij een volgende snelle verandering bijvoorbeeld alsnog compartimentering, meer sterfte zal optreden.

Voor vogels heeft uitstel van de compartimentering zowel positieve als negatieve gevolgen. Negatief is dat het fourageergebied vóór de dammen met 8% afneemt, de bodemdierdichtheid lager wordt en de vrijliggingsduur korter. Positief is dat het gebied Kramer-Volkerak langer getijgebied en daardoor fourageergebied blijft. Door de hier optredende lage zoutgehalten zijn er echter minder bodemdieren beschikbaar als voedsel voor vogels. Het gecombineerde effect van deze omstandigheden is niet met zekerheid te voorspellen.

Aan schorren en platen zal door de meer geconcentreerde golfaanval tijdens het uitstel extra en onherstelbare erosie optreden. De extra erosie wordt geschat op enkele honderden hectaren per jaar. Dit moet vooral bij een uitstel langer dan 1 of 2 jaar als ongunstig worden beschouwd.

Uitstel van de aanleg van de compartimenteringsdammen kan door de extra getijreductie en de verlaging van het zoutgehalte invloed hebben op de financiële resultaten van verschillende visserijsectoren; de mate waarin is afhankelijk van de klimatologische omstandigheden. Voor de visserij is het zoutgehalte vooral in het najaar belangrijk.

Tabel 1 Gevoeligheidsanalyse

| Hoofdalternatieven   | A    |      | B    |      |      |      | C    |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tijverschil (m)      | 2,70 | 3,05 | 2,70 |      | 3,05 |      | 2,70 |      | 3,05 |      |
| Spuivarianten        |      |      | (a)  | (b)  | (a)  | (b)  | (a)  | (b)  | (a)  | (b)  |
| Kom Oosterschelde    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| - 10%-nat voorjaar   | 14,5 | 15   | 13,5 | 14,5 | 14   | 15   | 12   | 13   | 12,5 | 13,5 |
| - gemiddeld voorjaar | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 16   | 15,5 | 16   | 13,5 | 14,5 | 14   | 14,5 |
| - 10%-nat najaar     | 14,5 | 15   | 13,5 | 14,5 | 14   | 14,5 | 11,5 | 13   | 12,5 | 13   |
| - gemiddeld najaar   | 15   | 15,5 | 14,5 | 15   | 15   | 15,5 | 12,5 | 13,5 | 13   | 14   |
| Krabbenkreek         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| - 10%-nat voorjaar   | 13,5 | 14   | 11,5 | 13,5 | 12,5 | 14   | 11,5 | 12   | 12,5 | 12,5 |
| - gemiddeld voorjaar | 13,5 | 14   | 13,5 | 15   | 14   | 15   | 14   | 14   | 14,5 | 14,5 |

Tabel 2 Zoutgehalten bij alternatieven A, B en C.

| Hoofdalternatief                   | A    |  | B    |      | C    |     |
|------------------------------------|------|--|------|------|------|-----|
| Spuivarianten                      |      |  | (a)  | (b)  | (a)  | (b) |
| Kom Oosterschelde                  |      |  |      |      |      |     |
| - zoutgehalte, g/l Cl <sup>-</sup> | 14,5 |  | 13,5 | 14,5 | 12   | 13  |
| - overschrijding ondergrens        | nee  |  | nee  | nee  | ja   | ja  |
| - afname soortenrijkdom, %         |      |  | 10   | 0    | 30   | 15  |
| Krabbenbeek                        |      |  |      |      |      |     |
| - zoutgehalte, g/l Cl <sup>-</sup> | 13,5 |  | 11,5 | 13,5 | 11,5 | 12  |
| - overschrijding streefwaarde      | nee  |  | ja   | nee  | ja   | ja  |
| - afname soortenrijkdom, %         |      |  | 25   | 0    | 25   | 20  |

Tabel 3 Milieu-effecten

|                                                                                 | B1/C1, B2/C2              | B3/C3, B4/C4              |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <i>Ontwikkeling vegetatie en vogels</i>                                         | 0                         | -                         |
| - vermindering intergetijdegebied (fourageergebied) voor de dammen              | 900 (8%)                  | 900 (8%)                  |
| - intergetijdegebied (fourageergebied) in uitstelperiode in Krammer en Volkerak | 2330                      | 2330                      |
| - kwalitatieve beoordeling gevolgen voor vogels                                 | -                         | -                         |
| <i>erosie</i>                                                                   |                           |                           |
| - erosie schorkliffen en plaatranden, ha                                        | enkele honderden per jaar | enkele honderden per jaar |
| - kwalitatieve beoordeling effect op erosie                                     | -                         | -                         |

Omzetverliezen kunnen bij uitstel van beide dammen optreden in de zoutgevoelige cultures, zoals mosselen, oesters en kreeften. De overige visserij, op paling, harder, bot en garnalen, ondervindt geen aantoonbaar nadeel. Bij mosselen treedt bij de lage zoutgehaltes geen sterfte op.

De resultaten gelden voor één enkel jaar met een zoutgehalte dat een kans van voorkomen heeft van één keer in de 50 jaar.

Gezien de onnauwkeurigheid in de berekende zoutgehalten en de niet wetenschappelijk onderbouwde relatie tussen zoutgehalten en gevolgen voor de visserij, gaat het hier om cijfers die een kwantificering van het verlies bij meerjarige uitstel niet toelaten. Wel weten we dat de kans op optreden van ongunstige omstandigheden ongeveer evenredig toeneemt met de lengte van het uitstel, en daarmee de kans op ernstige gevolgen voor de continuïteit en de werkgelegenheid van een visserijtak. Wat betreft de gevoeligheid van de resultaten voor onzekerheden in de aannamen geldt dat ook bij een groter getijverschil in de eindsituatie verliezen van gelijke grootte zullen optreden. Gaat men uit van een gemiddeld najaar in plaats van een nat najaar, dan zullen er vrijwel geen verliezen optreden.

Bij uitstel van de aanleg van de Philipsdam heeft de scheepvaart een kostenvoordeel als gevolg van de vrije doorvaart door het Krammer. Daartegenover staat dat het later getijvrij worden van de Schelde-Rijnverbinding een kostennadeel oplevert. Verder betekent uitstel van de compartimentering dat het langer nodig blijft de Brabantse rivieren middels een sluis te verlaten. Bij hoofdalternatief B treden naast bovengenoemde voor- en nadelen, die gesommeerd een kostenvoordeel opleveren, ongunstige stromingscondities op in de monding van de Eendracht op het Volkerak. De dwarsstroming zal daar zo groot zijn, dat tijdens een gedeelte van de vloed scheepvaartregeling nodig is bij ontmoetingen tussen duwstollen onderling en met andere vaart. Bij hoofdalternatief C treedt een extra kostenvoordeel op doordat de scheepvaart op de route van het Kanaal door Zuid-Beveland naar het Volkerak via het Tholense Gat zo de Schelde-Rijnverbinding op kan varen.

Voor beide hoofdalternatieven betekent uitstel van de compartimentering een gemist voordeel van iets korter schutten bij de Volkeraksluizen. Het gevolg van uitstel voor de waterhuishouding hangt samen met enerzijds de zout/zoet-situatie en anderzijds de waterstanden in het gebied. De beschikbaarheid van zoet water uit het toekomstige Zoommeer brengt Zeeland, West-Brabant en Flakkee zekere baten. Aange-

nomen is dat het vijf jaar duurt voordat het voorzieningssysteem volledig in bedrijf zal zijn. De gederfde baten als gevolg van uitstel bedragen dan uiteindelijk f 6 miljoen per jaar. Daarnaast betekent uitstel van de compartimentering dat verdrassings- en verdrogings schade in een aantal gebieden pas later zal optreden. Dit effect is geraamd op f 1 miljoen per jaar. Bij de afwateringssituatie gaat het in geval van uitstel van de compartimenteringswerken vooral om de toename van de frequentie van de wateroverlast op de Brabantse rivieren – die thans 1 à 2 maal per jaar optreedt – en de toename van de kans op overschrijding van het winterstreefpeil van het Veerse Meer. Een en ander moet als meer ongunstig worden beoordeeld naarmate het uitstel langer duurt. Aangezien de stormvloedkering in de periode dat de compartimenteringsdammen worden uitgesteld al operationeel zal zijn, zal uitstel geen invloed hebben op de directe veiligheid van het achterland.

Als gevolg van het gereduceerde getijverschil zullen de dijken rond de Oosterschelde een meer geconcentreerde golfaanval ondergaan. Welk effect dat zal hebben, hebben is niet goed bekend; vooralsnog wordt aangenomen dat extra beheersmaatregelen in de sfeer van controle en onderzoek voldoende zullen zijn om de veiligheid te handhaven. De kosten daarvan worden over de uitstelperiode geschat op f 3 miljoen per jaar.

Voorts heeft uitstel consequenties voor de stormvloedkering. De ontgrondingskuilen zullen zich na het gereedkomen van de kering niet langzamer gaan ontwikkelen dan daarvoor, met als gevolg dat eerder bestort moet worden en dat het bewakingsstelsel langer operationeel moet blijven.

Uitstel van de aanleg van de compartimenteringsdammen zal voor het wegverkeer een nadeel inhouden, omdat de wegverbindingen over de dammen niet beschikbaar zijn. Zowel voor de Philipsdam als voor de Oesterdam zijn de gederfde baten berekend aan de hand van verkeersprognoses, waarbij zowel reistijd als reisafstand zijn meegenomen.

Bij het aspect 'Rijksbegroting' worden drie verschillende uitgavenreeksen beschouwd: bouwkosten, conserveringskosten en apparaatkosten. Onder de veronderstelling dat alle bestekken die na 1 juli 1983 in procedure gaan kunnen worden uitgesteld, volgt uit de aangepaste planning voor elk alternatief een reeks van uitgaven. De som van deze reeksen vormt de bouwkosten. Bij uitstel van de compartimenteringsdammen zal met extra kosten rekening moeten worden gehouden om het reeds aangelegde deel te conserveren: de conserve-

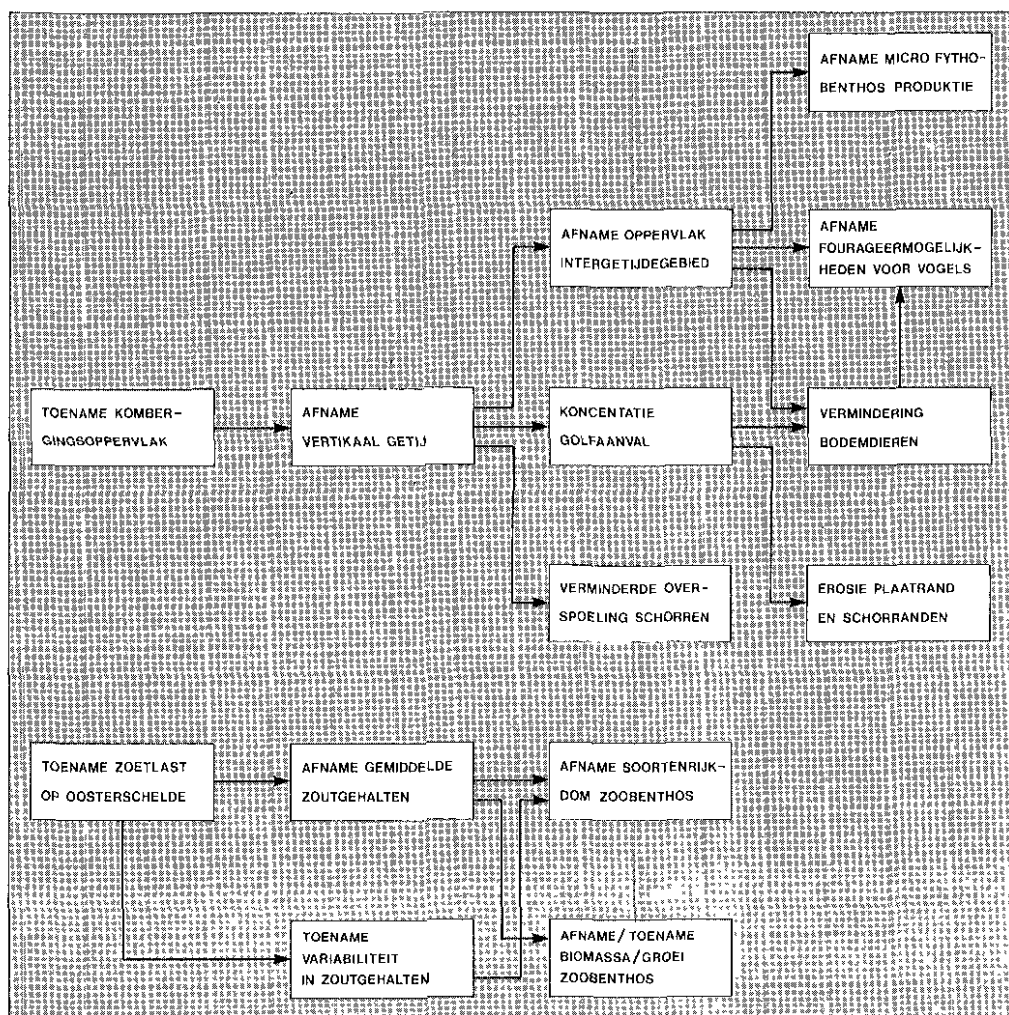


Fig. 3. Gevolgen van uitstel van de compartimenteringswerken in onderling verband.

ringskosten. Tijdens de uitstelperiode kan een deel van het ambtenarenapparaat op andere taken worden ingezet, maar het apparaat zal uiteindelijk langer in stand moeten worden gehouden. De som van personeelskosten en huisvestingskosten wordt aangemerkt als apparaatkosten.

Berekend is de verandering in benodigde geldmiddelen ofwel de kasdrukverandering in de periode 1983 t/m 1986 voor bouwkosten, conserveringskosten en spuikosten. Aangezien het hier gaat om een tijdelijk bezuiniging, is het ook van belang te weten hoeveel het project uiteindelijk meer gaat kosten. Daartoe is de kasdrukverandering over de totale projectduur beschouwd.

Uitstel van een werk betekent voor de aanne-merij een verschuiving in het opdrachtenpakket. Dit is als het ware de tegenhanger van de

Tabel 5. Algehele scorekaart (disconteringsvoet 10%). De schaden met \* *kunnen* optreden, maar in hoeverre dit ook geschiedt, hangt af van de klimatologische omstandigheden.

| aspecten                                                                        | Alternatieven |     |      |      |     |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----|------|------|-----|------|------|------|
|                                                                                 | B1            | B2  | B3   | B4   | C1  | C2   | C3   | C4   |
| Milieu                                                                          |               |     |      |      |     |      |      |      |
| afname soortenrijkdom                                                           |               |     |      |      |     |      |      |      |
| Korn Oosterschelde, in %                                                        |               |     |      |      |     |      |      |      |
| - spuivariant (a)                                                               | 10*           |     |      |      | 30* |      |      |      |
| - spuivariant (b)                                                               | 0             | 0   | 0    | 0    | 15* |      |      |      |
| Algemeen kwalitatief aspect                                                     |               |     |      |      |     |      |      |      |
| - spuivariant (a)                                                               | 0             | 0   | -    | -    | -   | -    | -    | -    |
| - spuivariant (b)                                                               | 0             | 0   | -    | -    | -   | -    | -    | -    |
| Visserij                                                                        |               |     |      |      |     |      |      |      |
| financieel verlies per jaar                                                     |               |     |      |      |     |      |      |      |
| in miljoenen guldens                                                            |               |     |      |      |     |      |      |      |
| - spuivariant (a)                                                               | 7*            |     |      |      | 28* |      |      |      |
| - spuivariant (b)                                                               |               |     |      |      | 10* |      |      |      |
| scheepvaart                                                                     |               |     |      |      |     |      |      |      |
| gederfde baten in miljoenen guldens, gediscoonteerd                             | -1            | -2  | -3   | -4   | -1  | -2   | -3   | -4   |
| stromingscondities                                                              | -             | -   | -    | -    | 0   | 0    | 0    | 0    |
| waterhuishouding                                                                |               |     |      |      |     |      |      |      |
| gederfde baten landbouw in Zoommeergebied, in miljoenen guldens, gediscoonteerd | 3             | 5   | 7    | 10   | 3   | 5    | 7    | 10   |
| afwateringssituatie                                                             | -             | -   | -    | -    | -   | -    | -    | -    |
| beveiliging                                                                     |               |     |      |      |     |      |      |      |
| handhaving veiligheid achterland                                                | ja            | ja  | ja   | ja   | ja  | ja   | ja   | ja   |
| wegverkeer en -vervoer                                                          |               |     |      |      |     |      |      |      |
| gederfde baten wegverkeer, in miljoenen guldens, gediscoonteerd                 | 3             | 5   | 7    | 9    | 7   | 13   | 18   | 23   |
| Rijksbegroting                                                                  |               |     |      |      |     |      |      |      |
| kasdrukverandering Oosterscheldewerken periode 1983 t/m 1986 in miljoenen gld   |               |     |      |      |     |      |      |      |
| - spuivariant (a)                                                               | -42           | -93 | -138 | -141 | -80 | -145 | -209 | -210 |
| - spuivariant (b)                                                               | -7            | -58 | -103 | -106 | -45 | -110 | -174 | -175 |
| kasdrukverandering Oosterscheldewerken, totale projectduur, in miljoenen gld    |               |     |      |      |     |      |      |      |
| - spuivariant (a)                                                               | +10           | +20 | +30  | +40  | +10 | +20  | +30  | +40  |
| - spuivariant (b)                                                               | +45           | +55 | +65  | +75  | +45 | +55  | +65  | +75  |

Tabel 5. Vervolg.

| aspecten                                                                                                      | Alternatieven |     |      |      |     |     |     |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----|------|------|-----|-----|-----|------|
|                                                                                                               | B1            | B2  | B3   | B4   | C1  | C2  | C3  | C4   |
| verandering integrale projectkosten Oosterscheldewerken en apparaatkosten in miljoenen gld niet gedisconteerd |               |     |      |      |     |     |     |      |
| - spuivariant (a)                                                                                             | +26           | +48 | +70  | +92  | +24 | +44 | +64 | +84  |
| - spuivariant (b)                                                                                             | +61           | +83 | +105 | +127 | +59 | +79 | +99 | +119 |
| bouwnijverheid                                                                                                |               |     |      |      |     |     |     |      |
| afname directe werkgelegenheid 1983 t/m 1986, in manjaren                                                     |               |     |      |      |     |     |     |      |
| - spuivariant (a)                                                                                             | 180           | 400 | 590  | 600  | 340 | 620 | 890 | 890  |
| - spuivariant (b)                                                                                             | 30            | 250 | 440  | 450  | 190 | 470 | 740 | 790  |
| internationale betrekkingen                                                                                   |               |     |      |      |     |     |     |      |
| overleg met België nodig                                                                                      | ja            | ja  | ja   | ja   | ja  | ja  | ja  | ja   |

kasdrukverlichting voor de overheid. Hoewel het een verschuiving betreft, en de opdrachten uiteindelijk wel gegeven worden, is het effect op korte termijn – in onze moeilijke economische situatie – toch belangrijk. Men dient echter wel te bedenken dat het totale pakket Oosterscheldewerken niet terugloopt, zodat er bij uitstel sprake is van 'minder extra'.

Uitgaande van een tijdelijke omzetsderving bij de compartimenteringswerken is het directe werkgelegenheidseffect bepaald.

Uitstel van de compartimenteringswerken heeft invloed op de situatie op de Schelde-Rijnverbinding. De scheepvaart ondervindt enerzijds voordeel van het uitstellen van de Krammersluizen en anderzijds nadeel van het voortduren van het getij op de Schelde-Rijnverbinding en van ongunstiger nautische condities. Voorts is er een schutverlies richting Oosterschelde, dat met pompen bij de sluisen moet worden gecompenseerd. Daar staat tegenover dat België de investeringen voor het zout-zoetscheidingssysteem bij de Kreekraksluizen kan doen opschuiven en dat de levering van zoet water via de Maas, ter compensatie van het zoetwaterverlies in het zout-zoetscheidingssysteem, kan worden uitgesteld. Kwantificering van deze effecten is achterwege gelaten.

Tabel 5 is de samenvattende scorekaart, waar getracht is in één overzicht alle relevante consequenties van uitstel van de compartimenteringsdammen te presenteren.

Een deel van de gevolgen voor milieu en visserij heeft een onzeker karakter, enerzijds omdat over bepaalde processen onvoldoende kennis bestaat en anderzijds omdat de weersomstandigheden, het zoutgehalte in de Noordzee en de effectieve doorstroombopening van de stormvloedkering zullen bepalen of er werkelijk verlies zal optreden.

Voor het milieu geldt dat de kans op vermindering van de soortenrijkdom toeneemt met het voortduren van uitstel. Als het effect echter is opgetreden dan neemt het in latere jaren niet meer toe. De genoemde gevolgen voor de vegetatie, de vogels en de schorren treden zeker op, ongeacht de onzekerheden vanuit de omgeving. Voor de visserij geldt dat het aangegeven verlies elk jaar opnieuw op zou kunnen treden, zolang tenminste de continuïteit van de bedrijven geen gevaar loopt. Ook hier neemt de kans op een nat jaar toe met de lengte van het uitstel.

Bij de milieu-effecten is een kwalitatieve indicatie gegeven waar behalve de soortenrijkdom ook alle andere effecten in zijn meegenomen. Een uitstel van 3 à 4 jaar is ongunstiger beoordeeld dan een van 1 à 2 jaar, zowel omdat de kans op een nat jaar groter is als omdat de ontwikkeling in de vegetatie en de erosie van schorren en platen dan groter wordt. Dit laatste is een onomkeerbaar gebeuren, terwijl de andere effecten in principe omkeerbaar zijn; de hersteltijd van bijzondere soorten bedraagt echter wel 10 tot 15 jaar.

Voor een aantal aspecten is het effect geïmprementeerd in de vorm van gediscoteerde gedeelde baten. Het gaat daarbij om een indicatie; optelling van deze bedragen per alternatief wordt afgeraden. De gedeelde baten zijn in verband met tijdgebrek per aspect niet geheel gelijk berekend en daardoor slechts in beperkte mate vergelijkbaar. Belangrijk is dat men de cijfers in horizontale zin vergelijkt.

De scorekaart overziend valt op dat de effecten van de C-alternatieven in het algemeen geprononceerder zijn dan van de B-alternatieven. De kasdrukverlichting – de aanleiding van deze analyse – bedraagt maximaal f 210 miljoen bij 4 jaar uitstel van Philips- en Oosterschelde. Vier jaar uitstel levert overigens weinig meer op dan drie jaar.

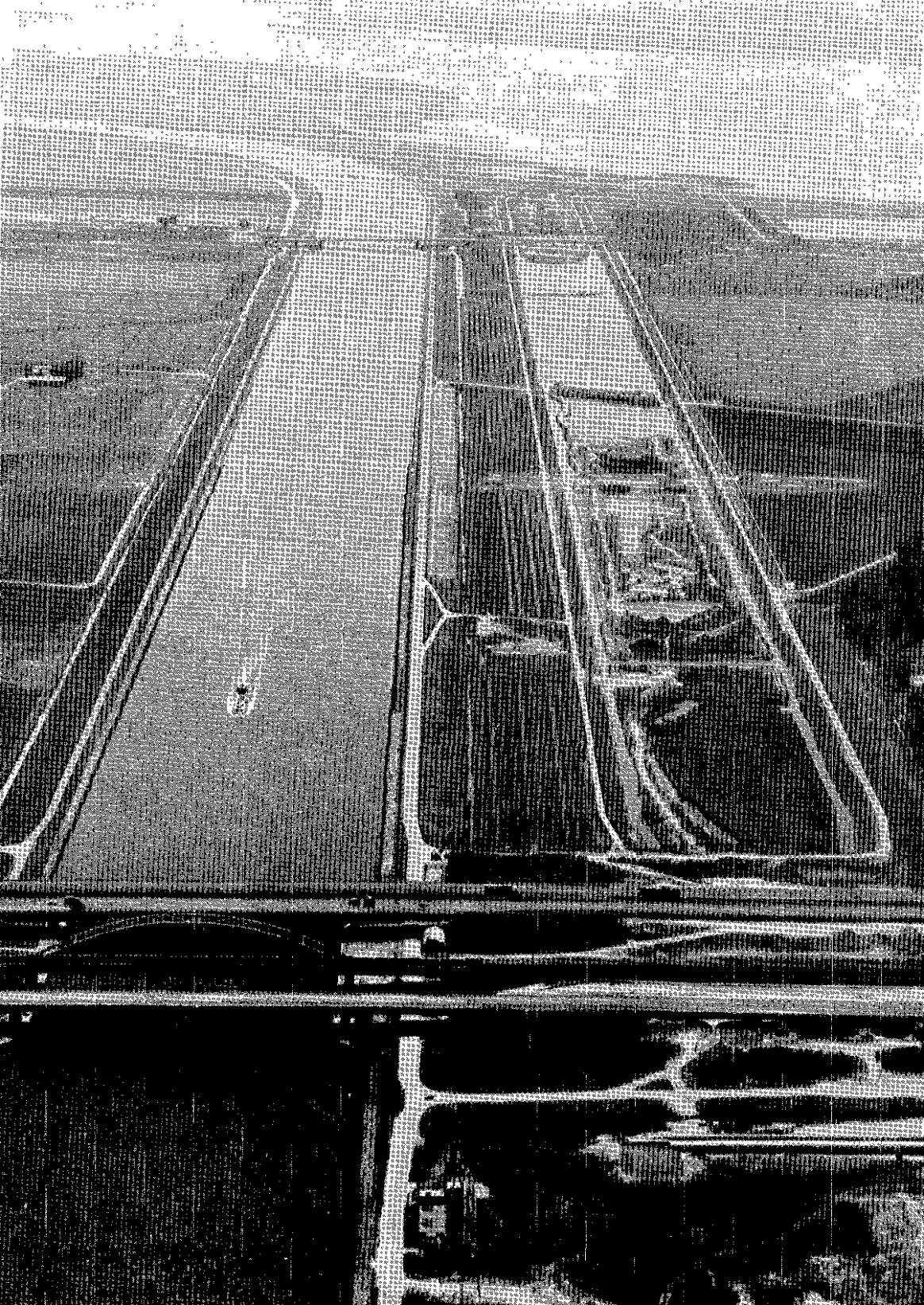
De consequenties voor milieu en visserij kunnen aanzienlijk zijn, maar de interpretatie daarvan hangt samen met de vraag hoe men tegen de onzekerheid van voorkomen aankijkt. Slechts bij de B-alternatieven met spuien naar de Westerschelde behoeft men zich om de klimatologische onzekerheden geen zorgen te maken; de maximale kasdrukverlichting is dan echter slechts f 106 miljoen bij 4 jaar uitstel van de Philipsdam. Bij de alternatieven B3, B4 en alle C-alternatieven zal het milieu in kwalitatieve zin achteruitgaan, onafhankelijk van de spui-variant. Bij B1 en B2 is die achteruitgang gering ten opzichte van alternatief A.

Tijdens het samenstellen van de nota is door de Rijkswaterstaatswerkgroep overleg gepleegd met de betrokken waterschappen en de milieu-organisaties. In januari en februari is de nota behandeld binnen de Rijkswaterstaat en besproken in de Interdepartementale werkgroep Zuidelijk Deltagebied en de werkgroepen van de Commissie Compartimentering Oosterschelde. Na vaststelling van de nota heeft de minister de mening gevraagd van de betrokken provinciebesturen en de Commissie Compartimentering Oosterschelde. Gelijktijdig is het advies van de Raad van de Waterstaat gevraagd. De betrokken provinciebesturen en de genoemde commissie hebben negatief gereageerd op een eventueel uitstel.

De Raad van de Waterstaat concludeert in zijn advies van 31 mei 1983 dat uitstel ten sterkste moet worden ontraden omdat:

- het gelet op de buitengewoon hoge bedragen die worden geïnvesteerd om het Oosterscheldemilieu te handhaven, nauwelijks aanvaardbaar is risico's ten aanzien van dat milieu te accepteren;
- ten aanzien van vrijwel alle aspecten grote tot zeer grote nadelen (kunnen) ontstaan;

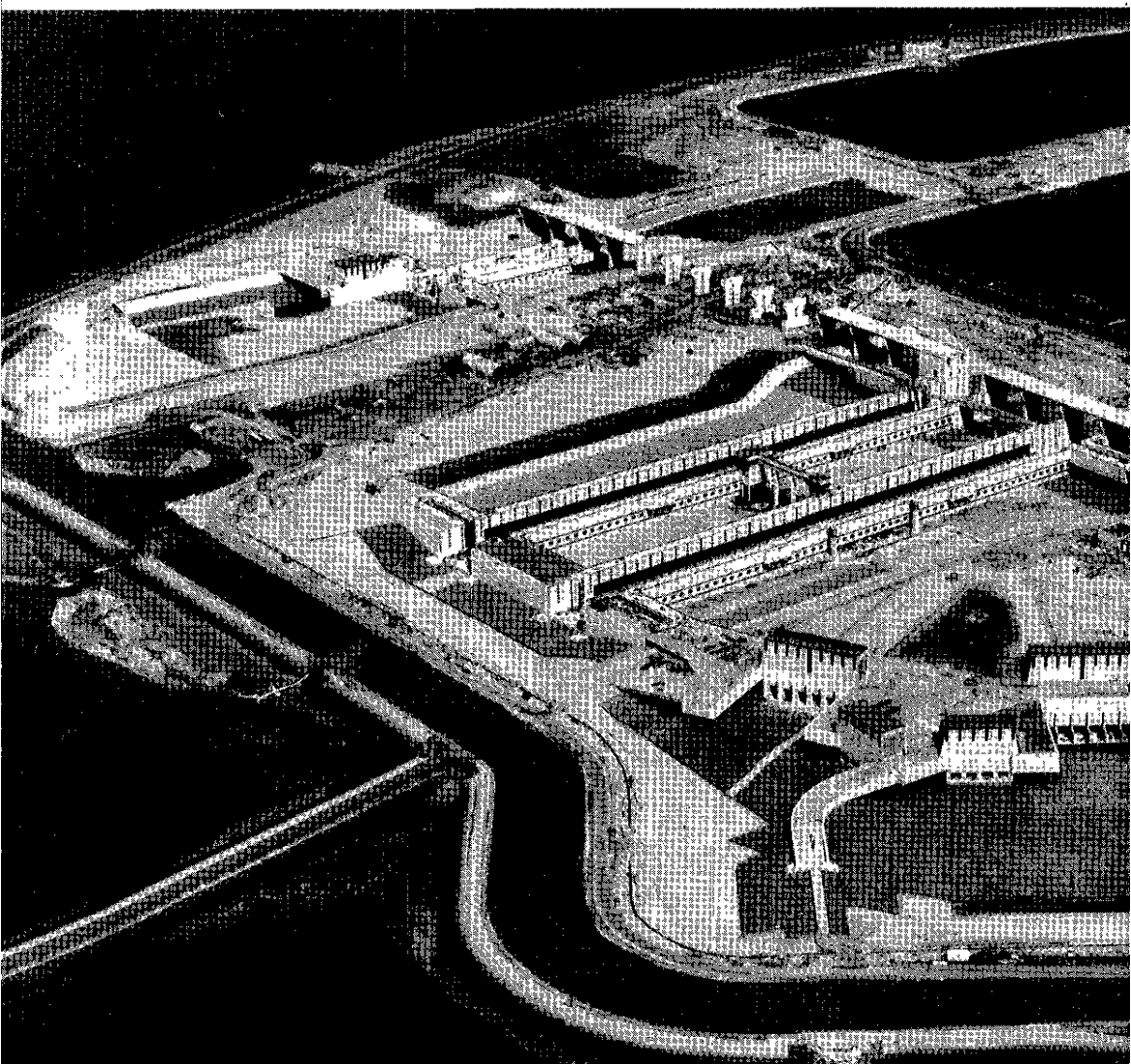
- het zeer bezwaarlijk moet worden geoordeeld in de slotfase van de werken aarzeling te tonen ten aanzien van het tijdig uitvoeren van het hele project in verband met de grote internationale belangstelling voor de werken;
  - de totale kosten van de aanleg van de dammen aanzienlijk zullen stijgen;
  - uitstel zich niet verdraagt met het Schelde-Rijnverdrag, dat van bijzonder belang is voor de relatie van ons land met België.'
- Inmiddels heeft de Minister van Verkeer en Waterstaat een beslissing over het mogelijke uitstel van delen van het project genomen. In de aanbiedingsbrief van het 13e Voortgangsrapport aan de Tweede Kamer maakte zij die beslissing bekend: 'Ik ben, alles overwegende, tot de conclusie gekomen dat van alle kwaden, enig uitstel (mits heel beperkt) van de voltooiing van de compartimenteringswerken het minste is. Ik heb dan ook de Ministerraad voorgesteld de sluiting van alléén de Philipsdam zodanig te vertragen, dat de in de eerstekomende jaren te bereiken kasdrukverlaging f 37 miljoen bedraagt.'



De aanleg van de Philipsdam, die de verbinding gaat vormen tussen het eiland St.-Philipsland en de Grevelingendam, is een rechtstreeks gevolg van de beslissing de Oosterschelde af te sluiten niet met een dichte dam, maar met een stormvloedkering. De bouw van deze stormvloedkering bracht mee dat in het oostelijke bekken van de Oosterschelde twee compartimenteringsdammen moesten worden aangelegd: de Philipsdam en de Oesterdam. Zij zouden ongeveer gelijktijdig met de stormvloedkering gereed moeten komen.

## De uitvoering van de Krammersluizen

Het betonwerk gereed in de droge bouwput.



Teneinde te voorkomen dat door de aanleg van de Philipsdam een druk bevaren scheepvaart-route zal worden afgesloten, wordt midden in het water op een kunstmatig eiland op de Plaats van de Vliet een schutsluizencomplex met bijbehorende voorhavens en waterbekkens gebouwd, de Krammersluizen. Op 2 oktober 1978 werd opdracht verstrekt tot de bouw van de betonconstructies van de Krammersluizen. Het is één van de grootste werken die ooit door de Rijkswaterstaat als één project werden aanbesteed. In dit artikel wordt ingegaan op enkele aspecten van de uitvoering. Het project omvatte in grote lijnen het bouwen van twee duwvaartsluizen van 24 m x 280 m, twee jachtensluizen van 9 m x 75 m en twee zoutwaterbufferbekkens en doorlaatwerken, plus een gemaal met bijbehorende riolenstelsels voor het zout/zoetscheidingssysteem. Dit



scheidingssysteem is toegelicht in Bericht 82 (november 1977) en 91 (februari 1980). Verder werden er voor de brug over het sluizencomplex 20 pijlers geplaatst, en werd een dienstengebouw gemaakt, gelegen aan de zuid-oostzijde van de duwvaartsluizen.

Tijdens de volle uitvoering zijn 800 personen werkzaam geweest aan het project, waarvan 400 personen op het werkeiland zelf.

In de voorbereidingsfase in 1978 zijn door de aannemer studies verricht, naar de planmatige opzet van het project, naar de bekistingsinzet, en naar de werkmethode met daaraan gekoppeld de materieelinzet; tevens werd de vereiste capaciteit van de betoncentrale bestudeerd met bijbehorende lossteigers en opslagmogelijkheden.

Bij het op elkaar afstemmen van deze aspecten is het uitgangspunt geweest, gedurende de bouwtijd een zo constant mogelijke manbezetting te bereiken. Na optimalisering werden de gegevens verwerkt tot een definitieve netwerkplanning, die ter goedkeuring werd voorgelegd aan de directie. De bewaking van de planning geschiedde door jaarplanningen en twaalfwekelijkse detailplanningen.

In de winter van 1978 op 1979 is met de uitvoering begonnen. Allereerst werd een bronbemaling aangelegd, om de grondwaterstand gedurende de bouw van de kunstwerken en grondwerken steeds tenminste 1 m beneden het laagst ontgraven punt te houden. Dat peil varieerde van N.A.P. -15 tot -17 m. De bronbemalingsinstallatie bestond uit 138 boorputten met een maximale capaciteit van 5,500 m<sup>3</sup> per uur. De afgevoerde hoeveelheid water werd buitendijks gemeten door Thomson-overlaten. De ringleiding waarop de pompen werden aangesloten, bestond uit een plastic leiding. Om storingen in de bronbemaling te kunnen verhelpen was er altijd een bewakingsman op het werkeiland aanwezig. Viel de stroom van de bronbemaling uit, dan werd automatisch overgeschakeld op bouwstroom, of op de aanwezige noodstroomaggregaten. Bovendien was er een signaleringssysteem dat aangaf welke pompsectie of pomp was uitgevallen. Tegelijkertijd met de aanleg van de bronbemaling zijn drie, in sommige gevallen vier zandpalen met een diameter van 30 cm rond de bouwput aangebracht, ter stabilisering van de taluds.

Begin april 1979 kon worden begonnen met het leegpompen van de grote bouwput. Voordien waren een 25-tal waarnemingsbronnen in en om de bouwput geplaatst om de grondwaterstand te kunnen bepalen. Een hoeveelheid water van 1 300 000 m<sup>3</sup> werd in zeven weken weggepompt, 60% door de open bemaling en



uitgevoerd dat op een diepte van 60 cm een conusweerstand van minimaal 60 kg/mm<sup>2</sup>, en op een diepte groter dan of gelijk aan 150 cm een conusweerstand van minimaal 100 kg/mm<sup>2</sup> aanwezig was. Alle ophogingen en aanvullingen dienden na het verdichten een conusweerstand van minimaal 40 kg/mm<sup>2</sup> te bezitten. Plaatselijk was de grondwaterstand niet laag genoeg en is de grondverbetering tot stand gebracht door trilverdichten. In september 1979 was het grondwerk zover dat begonnen kon worden met het betonwerk. Vanaf september 1979 tot half 1982 zijn die grondwerkzaamheden uitgevoerd die noodzakelijk waren voor de betonconstructies. Het grote grondverzet voor de riolenstelsels is uitgevoerd in de tweede helft van 1982, met het in den droge ontgraven van zand uit de voorhavens van de jachtensluis.

In de voorbereidingsperiode was reeds een capaciteitsberekening gemaakt van de per jaar te storten hoeveelheden beton. Verder werd een studie gemaakt van de frequentie en de grootte van de storten.

In de twee topjaren 1980 en 1981 moest een gemiddelde weekomzet worden gehaald van 3000 m<sup>3</sup> beton, er was dus een capaciteit nodig van 150 m<sup>3</sup>/uur voor dekken en vloeren.

Hierdoor was het noodzakelijk een betoninstallatie te bouwen op het werkeiland zelf.

Deze installatie bestond uit twee onafhankelijk van elkaar te bedienen natte centrales met dwangmengers, een transportinstallatie voor de opslag van de toeslagstoffen zand en grind, twee cementsilo's, twee aanlegsteigers voor de aanvoer van toeslagstoffen en cement per schip, en één warmte-eenheid om bij koud weer het aanmaakwater te kunnen verwarmen; verder omvatte de installatie opslagtanks met

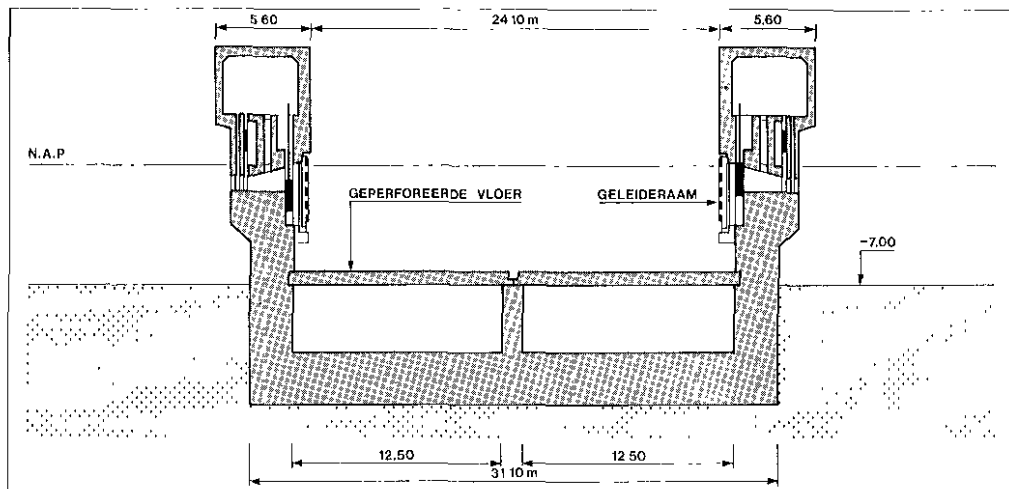
doseerapparatuur voor de verschillende hulpstoffen.

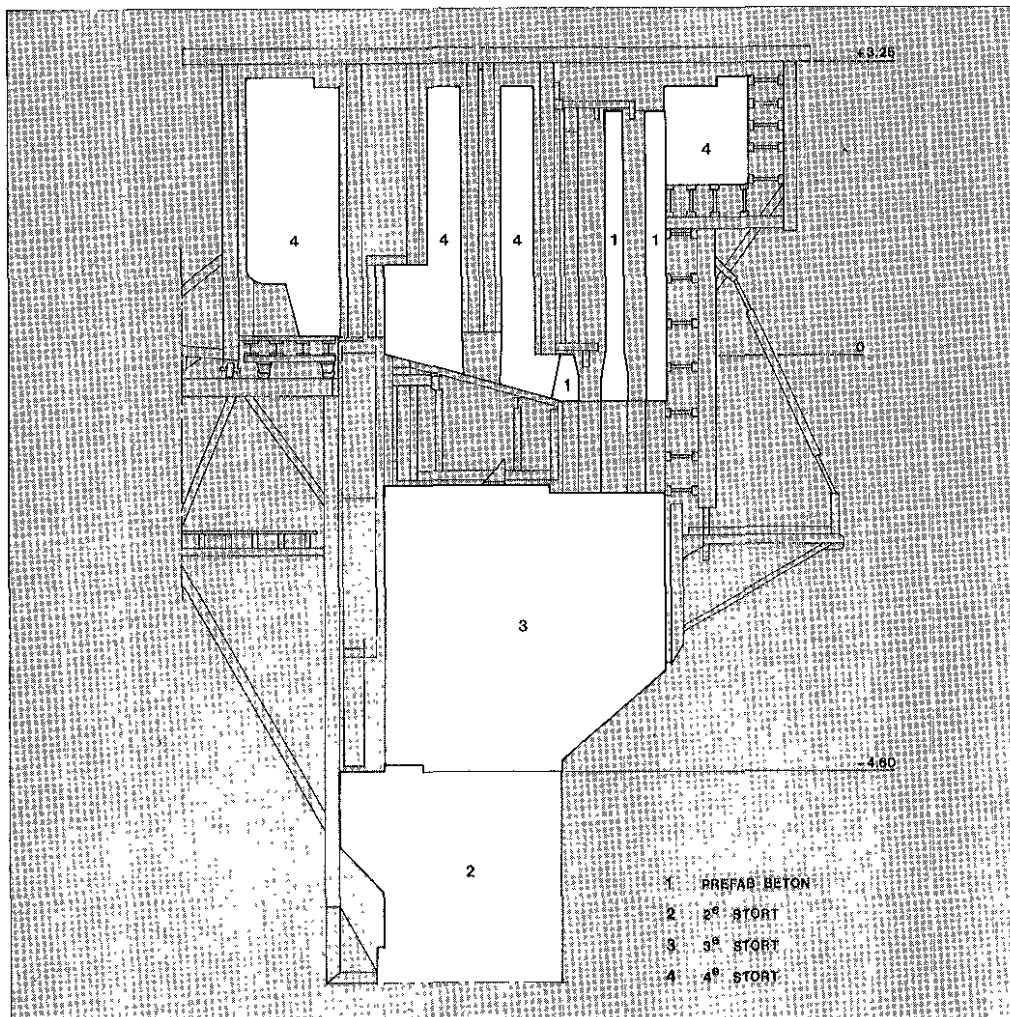
Voor het transport vanaf de centrales naar de storten werd gebruik gemaakt van betonmixers met een capaciteit van 4, 6 en 10 m<sup>3</sup>. Het betonstorten werd uitgevoerd met zware rupskranen en torenkranen, met kubels van 1 tot 3 m<sup>3</sup>.

Voor de verdichting werden hoogfrequente trilnaalden gebruikt. De vloeren en dekken werden in verschillende lagen gestort; de bovenvlakken daarvan werden enkele uren na het storten geschuurd om ondanks zetting en krimp toch een gesloten oppervlakte te krijgen. Dagelijks werd in overeenstemming met de voorschriften een algemene kwaliteitscontrole uitgevoerd; daarnaast geschiedde nog periodiek onderzoek naar de speciesamenstelling, de homogeniteit in de betonmixers en de waterindringing; hiervoor werden steekproefsgewijs een aantal kubussen genomen, die naar een onafhankelijk bureau werden verzonden. Tevens werden periodiek cementmonsters getrokken, die werden opgestuurd naar een onafhankelijk bureau. Uit de verhardingsproeven bleek dat een gemiddelde druksterkte werd bereikt van 340 kg/mm<sup>2</sup>.

In verband met het repeterende karakter van de constructiedelen was het belangrijk de cyclustijd van de bekistingen te beheersen. Er werd gezocht naar een betrouwbare methode om de betondruksterkte in het werk te meten om een controle te hebben die parallel liep aan de hiervoor genoemde verhardingsproeven met proefkubussen. Voor deze parallelbewaking werd gebruik gemaakt van de rijpheidsregel van Saul.

Met het begrip rijpheid kan het verband worden gevonden tussen de sterkte-ontwikke-





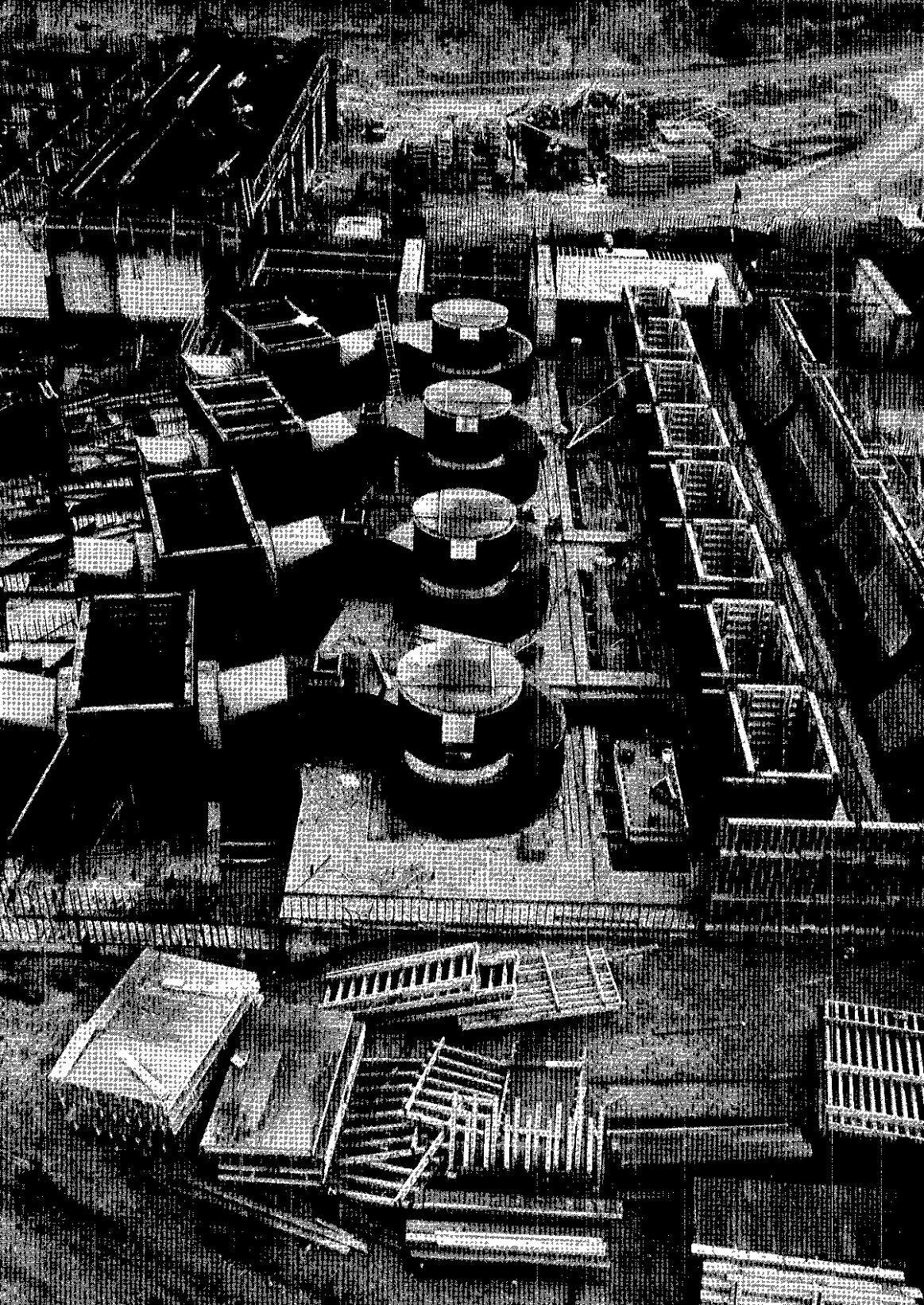
ling en de verhardingstemperatuur, bij constante betonsamenstelling.

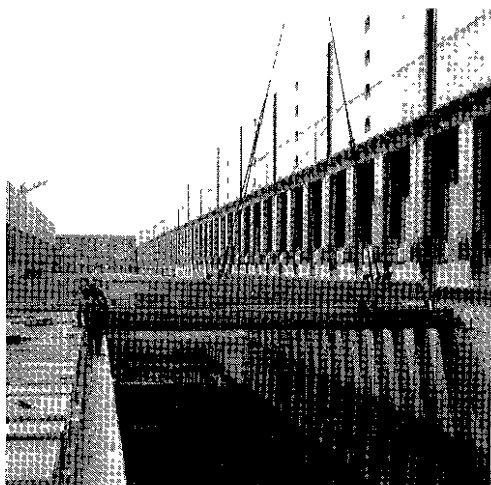
Er werd ontkist bij een gemiddelde kubussterkte van  $150 \text{ kg/mm}^2$ . Door deze parallelmeting kon de cyclustijd voor de bekisting vrij nauwkeurig worden bewaakt.

Tijdens de technische voorbereiding werd een aantal studies verricht om te komen tot een optimale inzet van de bekisting en de hulpconstructies. Hiertoe werd onderzocht hoe groot het totaal te bekisten oppervlak zou zijn, gesplitst in onderdelen zoals vloeren, wanden, daken, tunnels en schachten; daarnaast werd de mogelijkheid onderzocht van standaardisering van de paneelafmetingen; ook keek men naar de toelaatbare paneelgewichten, in verband met de keuze van de hijsmiddelen. Er werden routes opgesteld voor het terugwinnen van de bekisting, de mogelijkheden van

Fig. 3. Doorsnede van het derde en vierde stort van een kolkmoort voor de duwvaartsuizen.

Het betonwerk in volle gang: Aanleg van de 'slakkenhuizen' voor het gemaal.





T-liggers voor de geperforeerde sluisvloer.

prefabricage bekeken, en een manuur-bewakingsprogramma opgesteld.

Ter voorbereiding van de uitvoering werd van elk te storten onderdeel de hydrostatische druk op de wanden bepaald. Op grond daarvan ontwierp men een voldoende sterke en stabiele bekisting.

De tekeningen en berekeningen werden ter goedkeuring voorgelegd aan de directie. Op die tekeningen waren alle bekistingsonderdelen, zoals hangsteigers, panelen, centerpennen, conussen en schoren aangegeven. Voor de begeleiding van het betonstorten werd op deze tekeningen ook de maximale stijgsnelheid aangegeven.

Al naar gelang het aantal malen inzetten van de bekisting, werd de keuze gemaakt voor een houten of stalen bekisting. Voor het verwerken van 370 000 m<sup>3</sup> beton werd 33 000 m<sup>2</sup> bekisting gemaakt. Er waren verschillende onderdelen waar een kist slechts één of enkele malen kon worden gebruikt, met name bij het gemaal. Bij de rioleringsstelsels werden de bekistingen 15 tot 20 maal gebruikt en bij de duwvaartsluizen en jachtensluizen zelfs 20 tot 40 maal. Gemiddeld werd de bekisting over het gehele werk 11 maal ingezet.

Elke duwvaartsluis was voor het betonwerk verdeeld in moten van 14,4 m lang, die in vijf boven elkaar gelegen storten werden opgebouwd: een 3 m hoog vloerstort en vier opeenvolgende wandstorten. Het derde stort begint bij de verbreding van de wand en loopt tot aan het gedeelte waar de schuiven zijn ondergebracht; dat is het vierde stort. Het 5e stort vormde het laatste onderdeel van de kolkwand, die daarmee op definitieve hoogte werd gebracht, N.A.P. + 7 m. Het vormt de galerij waar het mechanische gedeelte opgesteld wordt en waar de schuiven worden aangebracht en uitgewisseld. Als men de kolkwanden van de duwvaartsluizen van nabij bekijkt, begrijpt men dat het storten van deze enorme betonconstructie geen eenvoudig karwei was. Om daarvan enige indruk te krijgen is in fig. 3 de verticale doorsnede van het 3e en 4e stort vereenvoudigd weergegeven. Het 4e stort vormde het moeilijkste en meest arbeidsintensieve onderdeel van de wanden. Op de buitenkist na waren deze onderdelen van de bekisting van staal. De verrijdbare buitenkist bestond uit een vlak schot met daarin opgenomen de randbalkkist. Het 5e stort werd gemaakt met behulp van een verrijdbare tunnelkist. De voor het zoet/zout-scheidingssysteem benodigde geperforeerde tussenvloer van de sluiscolken werd gevormd door naast elkaar liggende geprefabriceerde T-liggers.

Na het gereedkomen van het betonwerk in het najaar van 1982, werden in snel tempo in den droge stortebedden aangelegd in de voorhavens en bekkens. Tevens werden de railgeleidingen voor de roldeuren en de schuiven gemonteerd. Dit alles moest in 6 maanden plaatsvinden om begin mei 1983 te kunnen aanvangen met de inundatie. Hiertoe werden aan de Zoom-meerzijde van de bouwput twee pompen opgesteld, met een totaal vermogen van 5000 m<sup>3</sup>/uur, die water naar binnen pompten. Op 31 mei 1983 waren de bouwputten tot N.A.P. geïnundeerd. De inundatie geschiedde met buitenwater, daar bronwater agressiever is voor beton en bovendien de algengroei bevordert door zijn hogere stikstof- en sulfaat-gehalte.

In de periode tot de oplevering van het bestek eind 1983 worden verschillende onderdelen nog afgebouwd, zoals het dienstengebouw en het bedieningsgebouw. Tevens wordt op de sluisterreinen voorzover mogelijk infrastructuur aangelegd.

In de komende jaren wordt het sluizencomplex verder afgebouwd en gereedgemaakt voor het in bedrijf stellen.

Na overleg met de Compartimenteringscommissie Oosterschelde werd in 1977 op verzoek van Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant een werkgroep ingesteld die tot taak kreeg een beleidskeuze voor te bereiden voor de inrichting van het af te sluiten Verdrongen Land van het Markiezaat van Bergen op Zoom.

## Inrichting en beheer van het Markiezaat

De werkgroep bracht in 1978 een nota uit, op basis waarvan een beleidskeuze kon worden gemaakt. Men koos voor een stedelijke ontwikkeling met 4000 woningen op een landtong, de Bergse Plaat, aansluitend op de Augustapolder, en voor de vorming van een randmeer, de Binnen Schelde, in het noordoostelijk deel van het Markiezaat, gescheiden van de rest van het Markiezaatsmeer. Voor landtong en waterscheiding denkt met gebruik te maken van materiaal afkomstig uit het te graven Bathse Spuikanaal. Het zuidelijk deel van het Markiezaat kreeg als hoofdbestemming natuurgebied met daaraan ondergeschikt, en er deels op afgestemd, extensieve recreatie.

Het Randmeer, met een waterpeil tussen N.A.P. en N.A.P. + 20 cm, zal primair een recreatieve functie krijgen, ter afleiding van de recreatiedruk van het zuidelijke natuurgebied.

Deze bestemmingskeuze was tevens het uitgangspunt voor een in 1980 opgerichte organisatiestructuur, die de coördinatie rond de inrichting en het beheer van het Markiezaatsgebied moest verzorgen. In deze organisatiestructuur waren verschillende departementen, provincies en gemeenten vertegenwoordigd, die zowel momenteel als in de toekomst belangen hebben in het gebied.

De aanleiding voor de gehele planvorming van het Markiezaatsgebied is uiteraard vooral de uitvoering van de Deltawerken, waardoor het Markiezaatsgebied uiteindelijk zal veranderen van een zout getijdgebied in een zoet, semi-stagnant meer met oeverlanden. Deze verandering gaat echter geleidelijk. Hoewel men aanvankelijk van plan was het Markiezaatsmeer in 1982 met een doorlatende kade af te sluiten, is na de onverwachte doorbraak van de kade in maart 1982 besloten het gebied volledig af te

sluiten. Praktisch gelijk met de kade komt daarin in 1983 een doorlaatmiddel gereed. Dan zullen zich in het Markiezaat door het wegvallen van het getij grote veranderingen gaan voordoen. Het water is dan echter nog zout. De volgende fase begint nadat de Oesterdam en Philipsdam gereed zijn, en het Zoommeer, waar het Markiezaat dan een afgescheiden onderdeel van uitmaakt, zoet wordt. Dan zal het Markiezaat eveneens zoet worden. Gefet op bovengenoemde beleidsuitspraken ten aanzien van de te realiseren bestemmingen in het gebied, en ook rekening houdend met het feit dat het gebied in 1983 in feite wordt afgesloten, zijn in de afgelopen jaren vele studies en rapporten geschreven, vanuit meer of minder brede sectorale beleids invalshoeken.

Zo werd het Streekplan West-Brabant vastgesteld. Voor het Markiezaatsgebied zijn de mogelijke bestemmingen natuur, stedebouw en recreatie daarin opgenomen met een optie tot nadere uitwerking.

Het streekplan Midden-Zeeland werd voorgesteld, waarin voor de zuid-westelijke hoek van het Markiezaat de mogelijkheid van een dagrecreatie-gebied was opgenomen. Van Zeeuwse zijde wordt deze mogelijke bestemming thans minder ondersteund, omdat nieuwe studies hebben uitgewezen dat zich langs het toekomstige Spuikanaal Bath goede mogelijkheden voordoen om recreatie te ontwikkelen.

In de gemeente Bergen op Zoom is een bestemmingsplan 'Land-Water' vastgesteld, waarin de landvorming ten behoeve van eventuele stedebouw en de vorming van het randmeer Binnen Schelde wordt geregeld. De gemeente Woensdrecht heeft een voorbe-

reidingsbesluit genomen, om te voorkomen dat met name op de schorgebieden na de afsluiting onbestemde ontwikkelingen zouden plaatsvinden. Voor de particuliere gronden is de toepassing van de Natuurbeschermingswet in overweging genomen, terwijl voorbereidingen gaande zijn om de staatsgronden in het zuidelijk deel aan te wijzen als natuurmonument. Deze regelingen en studies lopen vooruit op een meer integraal inrichtings- en beheersplan voor het gehele gebied; ze vereisten nog nadere uitwerking om daar in te passen. Hiertoe is uit de projectgroep 'MARKIN', die onder de Bestuurlijke Commissie Markiezaat ressorteert, een werkgroep 'Inrichting en Beheer Markiezaat' samengesteld, die tot taak had voorstellen te doen over te nemen maatregelen betreffende inrichting en beheer voor met name de periode 1983-1986, inspeland op

enerzijds de veranderende situatie in 1983 en anderzijds op de inrichting en het beheer op lange termijn, na het gereedkomen van de compartimenteringswerken in 1986. Het rapport van deze werkgroep is eind 1982 gereedgekomen en onlangs door de Bestuurlijke Commissie Markiezaat aanvaard. Dat het rapport 'Het Markiezaat van Bergen op Zoom; inrichtings- en beheersplan voor de korte termijn (1983-1986)' zich in eerste instantie beperkt tot de overgangperiode 1983-1986 heeft verschillende redenen. Ten eerste kunnen door veranderingen die zich door de aanleg van de Markiezaatskade zeker zullen voordoen, autonome ontwikkelingen in het gebruik plaatsvinden, die gewenste ontwikkelingen in de toekomst zouden kunnen belemmeren. Dit moet worden voorkomen, en men moet inspelen op de ecologische ontwik-



De Markiezaatskade gesloten.  
Rechts de Schelde-Rijn-verbin-  
ding, links het Markiezaat



kelingen. Een tweede reden is, dat het gebied tot 1986 nog aan zout getijde-water grenst. Dit brengt andere waterhuishoudkundige randvoorwaarden en mogelijkheden met zich dan in de situatie na 1986, als het Zoommeer zoet zal zijn. Ook vinden in die periode nog werkzaamheden plaats in het kader van de Deltawerken, met name de berging van specie uit het Spuikanaal Bath in de zuigput in het zuiden van het gebied, en in de waterscheiding en de landtong in het Noordoosten. Bovendien is een gefaseerde aanpak voor een nieuw gebied in ontwikkeling wel gunstig, om de maatregelen voortdurend af te kunnen stemmen op ontwikkeling in functies en op de ecologische ontwikkelingen en mogelijkheden van het gebied.

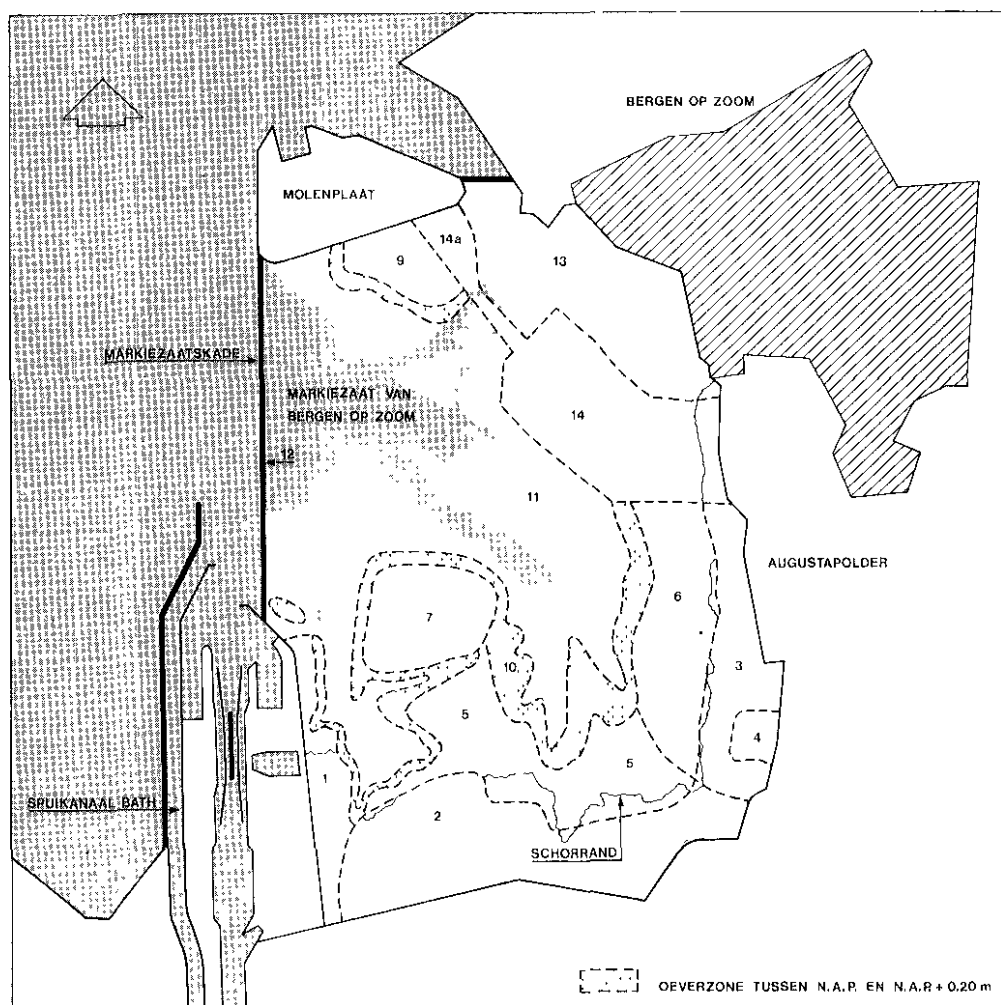
Om de in het Markiezaat op korte termijn te nemen inrichtings- en beheersmaatregelen op een duidelijke manier te kunnen presenteren is het gebied ingedeeld in een aantal deelgebieden, die zijn onderscheiden op grond van landschappelijke verschillen, van te verwachten toekomstige ontwikkeling en op grond van verschillen in huidige of toekomstige gebruiksvormen (figuur 1). Voor ieder van de gebieden is het huidige gebruik en eigendom aangegeven, en de toekomstige functie. Ook zijn, in samenhang met de hierboven reeds genoemde hoofdfuncties, voor ieder van de deelgebieden subfuncties geformuleerd, gebaseerd op bijvoorbeeld de te verwachten natuurlijke ontwikkeling; er zijn mogelijkheden voor medegebruiksvormen aangegeven, en er zijn, voor zover dat op dit moment mogelijk is, eisen geformuleerd, opdat het gebied op de gewenste wijze kan functioneren. Tenslotte heeft men ook de aard van mogelijke conflicten tussen de verschillende functies in beschouwing genomen, zowel binnen de deelgebieden als tussen de deelgebieden, en de eventueel te nemen maatregelen.

Zonder in detail op ieder van de deelgebieden in te gaan kan in grote lijnen over subfuncties en maatregelen het volgende worden opgemerkt. In het zuidelijk gebied zijn de externe maatregelen vooral gericht op het voorkomen of reguleren van de toegankelijkheid van het gebied, enerzijds om ongewenste betreding te voorkomen en anderzijds om het recreatief medegebruik, grotendeels in de vorm van wandelen, af te stemmen op de ecologische ontwikkelingen van het gebied. Aan recreatief medegebruik is in eerste instantie gedacht in de zuidelijke rand van het gebied, en in het oostelijke en het noordelijk deel, dus in de deelgebieden 2, 3, 4, 6 en 9. Met name in verband met te verwachten kwetsbare waardevolle ornithologische ontwikkelingen in de

deelgebieden 5 en 7 wordt hier voorlopig geen recreatief medegebruik wenselijk geacht. Verder zal voor de invulling van de natuurfunctie voornamelijk voortgebouwd worden op de te verwachten spontane ontwikkeling; op verschillende plaatsen zal door middel van beweiding op deze ontwikkeling worden vooruitgelopen.

Voor het watergebied, deelgebied 11, wordt slechts in zeer beperkte mate de invulling van nevenfuncties mogelijk geacht, op grond van de langzame en kwetsbare ontwikkeling van zoet-water-ecosystemen, en de nodige rust in fourageergebieden voor eenden en ganzen, in verband met de kwetsbaarheid van de ornithologische waarden in de deelgebieden 5 en 7. Misschien is hier beperkte sportvisserij mogelijk, en eventueel het uitoefenen van een beroepsvisserijbedrijf, maar dan wel aan strenge regels

Fig. 1. Onderverdeling van het Markiezaat.



en voorwaarden gebonden.

Hoewel uitgegaan is van een stagnant zoutwaterpeil, zijn in principe ook in de overgangsfase verschillende waterhuishoudkundige beheersmogelijkheden aanwezig, afhankelijk van het beheer van het doorlaatmiddel. Hiervoor zullen binnenkort nadere plannen moeten worden uitgewerkt.

Recreatievormen zoals plankzeilen moeten in het Markiezaatsmeer worden voorkomen.

Thans wordt uitgewerkt wat er in het randmeer gedaan zal moeten worden, rekening houdend met de wat langere toekomst en met de overgangperiode, waarin nog velerlei activiteiten in het gebied plaatsvinden. Nadere plannen worden eveneens uitgewerkt voor de waterscheiding en de landtong, deelgebieden 14 en 14a. Op de waterscheiding zal bijvoorbeeld een fietspad aangelegd moeten worden, dat op het randmeer is gericht; het zuidelijke meer zal zo min mogelijk toegankelijk gemaakt moeten worden. Dit laatste geldt in nog sterkere mate voor de zuidkant van de landtong: de overgangszone naar het zuidelijk natuurgebied zal voor allerlei invloeden zo ondoordringbaar mogelijk gemaakt moeten worden.

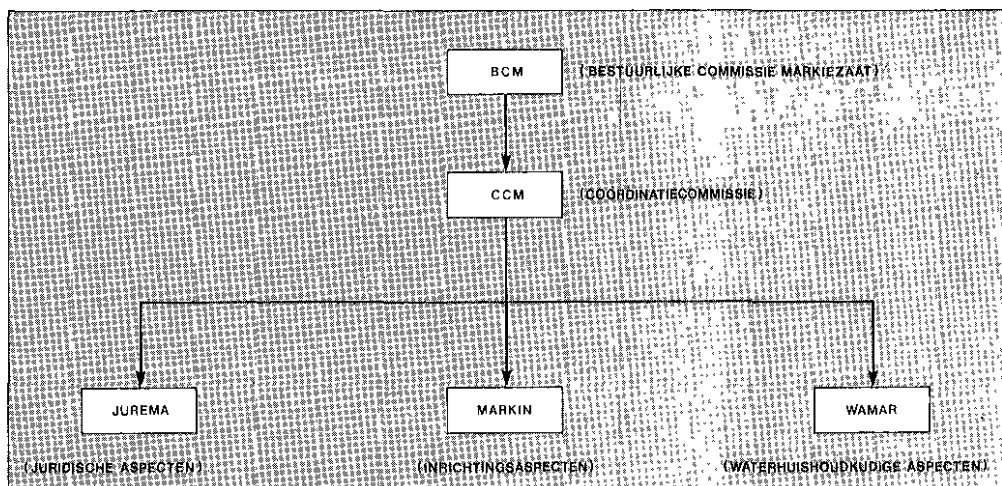
Tenslotte wordt overwogen de Markiezaatskade, deelgebied 12, voor niet-gemotoriseerd verkeer toegankelijk te maken; hier vooral wordt aan sportvisserij gedacht als oeverrecreatievorm.

In de nota wordt verder ingegaan op de kosten die deze maatregelen met zich mee zullen brengen, op de kostenverdeling tussen verschillende partijen, op uitvoerende en beherende instanties en op eigendomssituaties. Voorts worden aanbevelingen gedaan voor onderwerpen die op korte termijn om een nadere uitwerking vragen; deze activiteiten zijn reeds in gang gezet vanuit de werkgroep 'MARKIN',

die het verdere planningsproces zal blijven coördineren.

Om de integrale planvorming van het gebied, die door inspanning en samenwerking van vele betrokken instanties binnen de Markiezaatsorganisatiestructuur tot stand is gekomen, een hechtere juridische basis en daarmee een bindend karakter te geven, is door de Bestuurlijke Commissie Markiezaat aanbevolen de nota de status te geven van een zogenaamd uitwerkingsplan van de bestaande streekplannen, zowel van West-Brabant als van Midden-Zeeland. Hiermee is reeds een aanvang gemaakt.

Fig. 2. Organisatieschets van het bestuurlijk overleg.



### Het verhaalsysteem van de 'Cardium'

De nauwkeurigheid waarmee de mattenlegpon-  
ton 'Cardium' kan worden bestuurd en verhaald,  
bepaalt in belangrijke mate de uitvoerbaarheid  
van de werken in de Oosterschelde. Het  
besturingsproces moet dan ook zeer beheerst  
verlopen. De 'Cardium' beweegt door acht  
ankerdraden tegelijk op en af te lieren. Het leek  
niet aannemelijk dat de vele commando's die  
hiertoe gelijktijdig moeten worden gegeven,  
zonder automatisering goed door het schip  
zouden kunnen worden verwerkt.

Omdat een volledig geautomatiseerd systeem  
niet tijdig kon worden ontwikkeld en geinstal-  
leerd, is gekozen voor een half-automatische  
besturing, waarbij met de hand nog drie  
commando's moeten worden gegeven:  
beweging voor- en achterwaarts, en rotatie  
rond de mid-achterzijde dan wel de mid-voor-  
zijde. De computer rekent uit wat dit voor  
beweging vereist van elk van de acht lieren, en  
laat die dan uitvoeren.

### De beheersing van ontgrondingskuilen

Ontgrondingskuilen ontstaan door erosie van  
het oorspronkelijk aanwezige bodemzand. Ze  
kunnen het bezwijken inleiden van een water-  
bouwkundige constructie. Bij de bouw van de  
Oosterscheldkering ontstaan ook zulke  
ontgrondingen, en ze krijgen een nieuwe  
impuls bij elke bouwphase.

De lengte van de bodembescherming aan  
weerszijden van de kering is van grote invloed  
op het ontstaan van ontgrondingskuilen. Of ze  
gevaarlijk worden hangt verder af van de  
bodemsamenstelling. Bepalend is niet de  
diepte van de kuil, maar de grootste taludhelling.

Om ontgrondingskuilen te beheersen kan men  
de bodembescherming verlengen, het kuilalud  
vastleggen, of zelf een kuil graven en die  
beschermen. Volgens de probabilistische  
methode is de kans berekend dat ontgrondings-  
kuilen zullen optreden, en in hoeverre ze dan  
bijdragen tot de kans dat de Oosterschelde-  
kering wordt aangetast. Daaruit vloeide een  
optimale combinatie van maatregelen voort:  
bodembescherming tot 650 m uit de as,  
vastlegging van de kuilaluds en – op enkele  
plaatsen – verdichting van de grond.

### Zandasfalt in de waterbouw

Zandasfalt is een mengsel van ter plekke  
gewonnen zand en 3 tot 5% bitumen. Het  
materiaal is waterdoorlatend, en bestand tegen  
stroomsnelheden tot 3 m/sec. Het kan worden  
gebruikt voor perskaden of als werkvloer,  
tevens filterlaag, onder hellingen tot 1 : 2.  
Tegenwoordig kan het deformatie- en bezwijk-  
gedrag van zandasfalt met computerprogram-  
ma's worden voorspeld. Meer dan tien jaar is  
de levensduur in het algemeen niet. De beste  
methode van aanbrengen onder water is met  
een stortpijp of een onderlosser.

### Zout/zoet-studies voor de Oosterschelde en het Zoommeer

Dit artikel beschrijft de gevolgen van de  
waterhuishoudkundige situatie na 1986 voor de  
zoutgehalten op het Zijpe en het Volkerak, dus  
op die gebieden die in de toekomst zoet  
worden gemaakt, dan wel zout gehouden.  
Ten gevolge van de aanwezigheid van de  
stormvloedkering ontstaat er op de Oosterschel-  
de een ander patroon van uitwisseling met het

zeewater, zodat zoet water twee keer zo lang op de Oosterschelde zal verblijven als thans. Gelukkig neemt de zoetbelasting op het estuarium wat af na de aanleg van de Oesterdam.

In modelonderzoekingen kan het mechanisme van menging en dispersie nauwkeurig worden bestudeerd; daar kan ook worden nagegaan wat de invloed zal zijn van maatregelen om het zoutgehalte te beheersen, zoals gebruik van de Bathse Spuisluis, terugwinning van zout water bij de Krammersluizen en een zoute rondstroming via de Flakkeese Spuisluis.

### **Onderzoek naar de gevolgen van uitstel van de compartimenteringswerken**

Om het Oosterscheldeproject budgettair te ontlasten is eind 1982 overwogen de compartimenteringswerken uit te stellen, geheel of gedeeltelijk, voor een periode van één tot vier jaren. De helft van de totale kosten van de compartimenteringswerken was toen overigens al uitgegeven.

Vooraf moesten natuurlijk alle gevolgen van zo'n beslissing worden bestudeerd. Daartoe is een beleidsanalyse verricht, met een aantal gevoeligheidsanalyses, met name naar de gevolgen voor scheepvaart, visserij, milieu, waterhuishouding, veiligheid, wegverkeer, Rijksbegroting, bouwnijverheid en internationale betrekkingen.

De minister heeft inmiddels besloten alleen de bouw van de Philipsdam uit te stellen, met niet meer dan één jaar.

### **De uitvoering van de Krammersluizen**

Dit is een terugblik op de uitvoering van een van de grootste natte-waterbouwwerken die ooit in opdracht van de Rijkswaterstaat werden gerealiseerd: de Krammersluizen in de Philipsdam, twee duwvaartsluizen met zout/zoet-scheidingssysteem en twee jachtensluizen, het geheel voorzien van een overbrugging. Vanaf 1978 tot 1983 is aan het betonwerk voor de sluisen gewerkt, met maximaal 800 werknemers tegelijk. In de topjaren 1980 en 1981 werd 150 m<sup>3</sup> beton per uur verwerkt.

De werkorganisatie wordt geïllustreerd aan de hand van het systeem voor hergebruik van de bekistingen. Gemiddeld werd elke bekisting elf keer ingezet.

### **Inrichting en beheer van het Markiezaat**

Door de uitvoering van het Deltaplan wordt het Verdrongen Land van het Markiezaat van Bergen op Zoom uiteindelijk een semi-stagnant

zoetwatergebied met oeverlanden. Eén van de bestemmingen van het gebied is woningbouw, ten behoeve van de uitbreiding van Bergen op Zoom. Verder komt er een randmeer, met wellicht recreatieve mogelijkheden, en in elk geval een natuurbehoudsfunctie. Voor de initiële fase 1983-1986 is thans een plan opgesteld voor inrichting en beheer, dat de ontwikkelingen in de gewenste richting moet sturen. Het gebied is in dit plan verdeeld in 14 deelgebieden waaraan afzonderlijke functies zijn toegekend.

### **The shifting system of the 'Cardium'**

The execution of work in the mouth of the Oosterschelde is very much determined by the accuracy with which the mattress laying vessel 'Cardium' can be placed and shifted. The steering process should run with utmost precision. The cardium is shifted by means of 8 winches operating simultaneously. It is improbable that so many orders can be assimilated without some form of automation. As a completely automatic system could not be developed or installed on time a semi-automatic one was decided on, whereby 3 orders are to be passed by hand: going forwards and backwards and rotating round the mid-fore and the mid-aft of the vessel. The computer works out which motion is required by each of the eight winches and causes these to be carried out.

### **The control of hollows caused by scouring**

Scouring hollows occur as a result of the erosion of the original sand bed. These can eventually contribute to the collapse of hydraulic constructions. Such scouring is also caused by the building of the Oosterschelde barrier and is given a fresh impulse at each building phase. The length of the protective revetment of the bottom on both sides of the barrier has a great influence on the occurrence of scouring hollows. Whether or not these become dangerous depends on the mechanical soil composition. The determining factor is not the depth of the hollow, but the greatest slope gradient. Scouring can be kept under control by lengthening the protective revetment, by securing the gradient of the hollow, or even by

dredging a hollow and reveting it.

The chance that scouring hollows will occur has been calculated according to the probability method, as well as in how far they contribute to the chance that the Oosterschelde barrier will be impaired. This has resulted in an optimal combination of measures to be taken: Revetment of the bottom up to 650m from the axis, securing of the hollow slopes and in certain places compaction of the bottom.

### **Sandasphalt in hydraulic engineering**

Sandasphalt is a mixture of sand reclaimed on the spot together with 3-5% of bitumen. This is a permeable material which can withstand a current velocity of up to 3m/sec. It can be used for auxilliary dikes or as a construction floor while at the same time functioning as a filter layer, at a gradient up to 1:2. It is now possible to predict its deformation behaviour and failure characteristics by computer. In general its life-span is no longer than ten years. A supply pipe or a dump ship is the best way of bringing it into position under water.

### **Fresh/Salt water studies in the Oosterschelde and in the Zoommeer**

This article deals with the consequences of the hydrological situation in the future salt water area of the Zijpe and the future fresh water area of the Volkerak after 1986.

As a result of the storm surge barrier a change will occur in the pattern of exchange with the sea water. This means that fresh water will remain twice as long in the Oosterschelde as it does at present. Fortunately the fresh water load on the estuary will diminish with the

construction of the Oesterdam. Model research shows that the mixing and dispersion mechanisms can be studied accurately. Similarly the influence of measures taken to control the salinities, such as the use of the Bath discharge sluice, reclamation of salt water at the Krammer lock and the circular flow of salt water via the Flakkee discharge sluice, can also be checked.

### **Research into the consequences of postponing the compartment works**

A postponement of all or part of the compartment works of one to four years so as to alleviate the budget load of the Oosterschelde project was under consideration in 1982. At that stage half of the total cost of the compartment works had already been spent. All the consequences of such a decision had of course to be studied beforehand. For this purpose a policy analysis has been carried out, together with a number of contingency analyses into the consequences for shipping, fishery, environment, water-management, safety, road traffic, government budget, the building industry and international relations. Meanwhile the Minister has decided to only postpone the construction of the Philipsdam and for not more than one year.

### **The execution of the Krammer locks**

This article takes a look back at one of the largest hydraulic engineering projects which has ever been undertaken as an assignment of the Rijkswaterstaat: the Krammer locks in the Philipsdam, *two push barge locks with a salt/freshwater separation system* and two yachting locks, the whole being provided with bridging. The concrete work has lasted from 1978 until 1983 with a maximum workforce of 800 at a time. In the peak years of 1980 and 1981 150m<sup>3</sup> of concrete was processed per hour.

The work organisation is illustrated by means of the system of the re-use of moulding. On an average each moulding as re-used eleven times.

### **Management and administration of the Markiezaat**

The realisation of the Delta Plan will eventually cause the inundated land of the Markiezaat to become a semi-stagnant fresh water area with shore lands. One of the plans for the area is for housing in order to accommodate the expanding population of Bergen op Zoom. A peripheral

lake is also planned, possibly for recreational purposes but at any rate as an area of nature preservation.

A plan for management and administration has already been set up for the initial phase of 1983 until 1986 which is to direct the course of developments in the desired direction. In this plan the whole area is divided into 14 regions, each being assigned a separate function.

## Vorderingen

in de periode 1 april – 1 juli 1983

### Philipsdam

In de verslagperiode zijn de ontgravingen en aanvullingen beneden N.A.P. rondom en ter plaatse van de Krammer-sluizen klaargekomen. Gestart is met de aanleg van infrastructuur. De taludbeschermingen werden verder opgebouwd. De stortbedden zijn gereed. De bouwputten werden inmiddels geïnundeerd. Voortgegaan werd met het afwerken en afbouwen van de schuivengebouwen en gemalen, de Zoommeerbruggen en de sluishoofden. De staalconstructies, zoals leuningen, trappen en bordessen zijn thans alle gemonteerd.

Alle betonwerk is gereed, en de betoncentrale wordt thans ontmanteld. De bronbemaling is buiten bedrijf gesteld. Het metselwerk van het dienstengebouw is praktisch gereed: voortgegaan wordt nog met de verdere afbouw.

### Flakkeese Spuisluis

De bestaande stortsteenkade, alsmede alle overige bestaande steenachtige materialen zijn in de buurt van de Flakkeese Spuisluis in de Grevelingendam in de verslagperiode opgeruimd.

Het baggerwerk is gereed, zowel in de noordelijke als de zuidelijke toeleidingsgeul van de hevel.

Momenteel worden kraag/zinkstukken en gloopingsmaterialen op de taluds van de zuidelijke toeleidingsgeul aangebracht.

Hoofdrijbaan, op- en afritten en parallelweg zijn voltooid.

Er is nu een ongelijkvloerse kruising ontstaan tussen de hoofdrijbaan en de afslag naar het recreatieterrein Grevelingendam.

### Oosterdam

De werkzaamheden tot het herstel van de westelijke Markiezaatskade hebben in de afgelopen periode bestaan uit: het voltooiën van het zuidelijke damvak, inclusief de oostelijke havendam van het Kreekraksluizencomplex; het maken van de sluitkade vanaf N.A.P. + 0,35 m tot N.A.P. + 3 m, en het maken van een damvak achter de sluitkade. Daar waar het damvak aan de Markiezaatszijde van een steunberm is voorzien, werd het talud verdedigd met een kunststofweefsel en een 30 cm dikke laag fosforslakken. Het geprofileerde zand is voorzien van een kleibekleding, en daarna ingezaaid.

Op 2 april 1983 was de sluitkade, door optrekken van stortsteen 300/1000 kg met behulp van hydraulische kranen, tot N.A.P. + 0,35 m opgehoogd. Meteen daarna is een laag stortsteen aangebracht van N.A.P. + 0,35 m tot N.A.P. + 1,25. Dit niveau was op 19 april 1983 bereikt.

Vervolgens is een laag stortsteen aangebracht, zodat de sluitkade op 27 april 1983 tot N.A.P. + 3 m was voltooid.

In uitvoering is thans het opspuiten van het zand achter de sluitkade, om de dam uit te bouwen tot N.A.P. + 7 m. Het zand wordt gewonnen in het zandwingsgebied Speelmansplaten en via een gedeeltelijk drijvende leiding gespoten achter de sluitkade.

Het opspuiten van het zand gebeurt in twee fasen; in de eerste fase wordt het zand gespoten tot een hoogte van N.A.P. + 2,50 m en in de tweede fase tot N.A.P. + 6 m.

Tijdens het opspuiten van de eerste fase heeft enige opper-sing plaatsgevonden. Dit verschijnsel heeft zich tot heden niet voorgedaan bij het opspuiten van de tweede fase. Volgens de planning is de benodigde zandhoeveelheid half juni 1983 in het werk gebracht, en kan sindsdien de verdere voltooiing van dit damvak plaatsvinden.

In de verslagperiode zijn de werkzaamheden aangevangen voor het doorlaatmiddel in de westelijke Markiezaatskade. Er werd een stalen damwand geheid, en een stempelconstructie aangebracht. Verder werd er onderwaterbeton gestort en wapening en bekisting gesteld voor de schuivenkoker. Stalen beschermingsprofielen werden aangebracht, evenals betonendeckplaten op het kokerge-deelte.

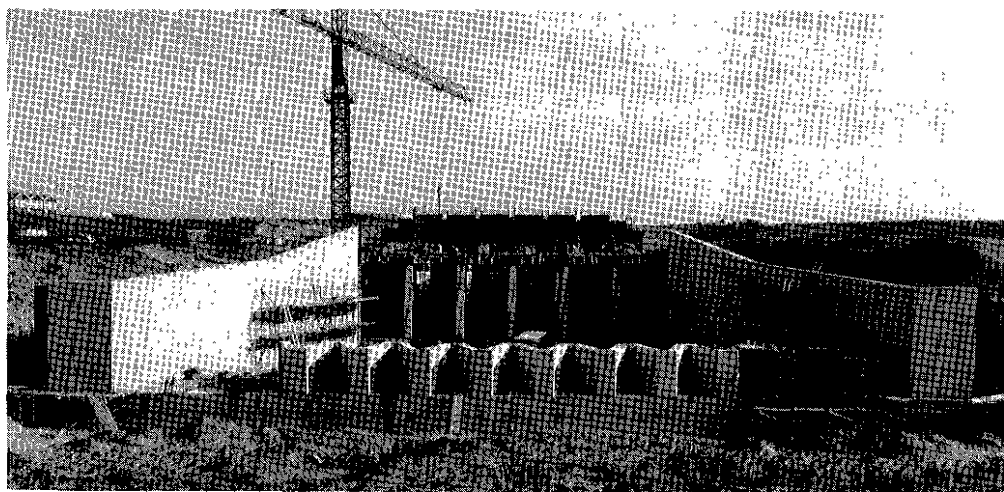
### Bathse spuikanaal

De kanaalinsteken en de werkwegen van het toekomstig spuikanaal zijn gereed. In de onderhoudsperiode moesten door de aannemer nog een aantal werkzaamheden worden uitgevoerd. De bouw van de verkeersbruggen en de leiding/verkeersbrug zijn inmiddels voltooid, en de werken zijn opgeleverd.

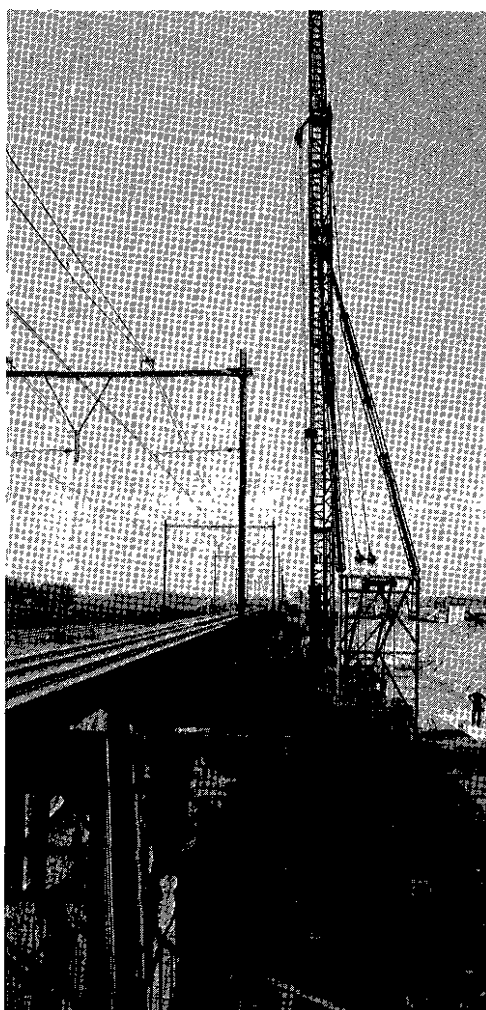
De noordelijke en zuidelijke zinkerbundels zijn gereed. De bouw van de sifon en de spuisluis verloopt geheel volgens schema. De sifon is eind juni gereedgekomen. Van de spuisluis is de vloer gereedgekomen en zijn een aantal wanden van de kokers gestort.

### Oosterscheldedekering

In februari en de eerste helft van maart ging het leggen van funderingsmatten, na aanvankelijke moeilijkheden, steeds sneller. Daarna trad echter een vertraging op van onge-

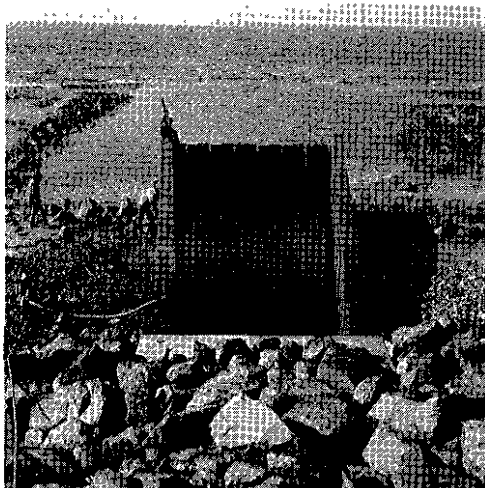


Bathse Spuisluis.



Links: Hulpspoorbrug  
over het Bathse Spuikanaal.

Doorlaatmiddel in  
de Markiezaatskade.



veer drie weken, doordat een van de bovenmatten voortijdig werd gelost en geplooid op de ondermat terecht kwam. Het verwijderen van deze verder onbruikbare bovenmat is een moeilijk en tijdrovend werk gebleken.

Daarna is de produktie geleidelijk verder verbeterd. Naar verdere opvoering van het werktempo wordt gestreefd door onder meer het plaatsen van een extra lier op de 'Jan Heymans'.

Op 19 juni kwamen de werkzaamheden aan het funderingsbed in de Hammen klaar, waarna op 21 juni de eerste filtermat in de Schaar van Roggenplaat werd gelegd. De vlakheid van de gelegde matten in de Hammen is beter dan verwacht. Tegelmatten, waarmee de resterende onvlakheden moeten worden weggewerkt, zijn naar verwachting slechts nodig onder twee of drie van de 16 in dit sluitgat te plaatsen pijlers. Gezien deze gunstige resultaten is besloten de matten in de Schaar van Roggenplaat op een iets hoger niveau te leggen, hetgeen gunstig is voor het plaatsen van de overige elementen van de kering. Het blijft mogelijk bij onverhoopt tegenvallende vlakheid te corrigeren met tegelmatten. Het ontwerp van de grindwiepenmat, de bouw van de zate en de verbouwing van de 'Sepia' hebben plaatsgevonden tussen februari en mei 1983. Het leggen van een proefmat op de proeflocatie heeft geleid tot geringe aanpassingen aan de eindverbindingen.

Eind juni is de eerste mat in de Hammen aan de grond gebracht. De eerste vijf matten werden volgens de voorgenomen planning gelegd. Direct na de bouwvakantie zal dan ook de eerste pijler kunnen worden geplaatst. Vanaf maart is er

geoefend met het plaatsen van pijlers door de 'Macoma-Ostrea'-combinatie. In totaal werden acht proefplaatsingen ondernomen, zowel direct op een bovenmat als op een tegelmat. Alle acht keren werden de vereiste nauwkeurigheden gehaald. Tijdens het manipuleren met de pijlers is duidelijk geworden dat aanpassingen nodig waren aan de grindzakken die aan de pijlervoet zijn bevestigd. Zonder maatregelen bestaat het gevaar dat de grindzak plaatselijk zijn functie verliest. De aanpassing van de grindzakken van de pijlers in de bouwdoeken II en III hebben dankzij een latere inundatie in den droge plaats kunnen vinden. De grindzakken van de pijlers uit bouwdoek I worden door duikers aangepast. Bij de opbouw van de drempel worden drie werkmethoden onderscheiden. Het aanbrengen van de dunne onderlagen stelt hoge eisen aan de nauwkeurigheid. Dan volgt het aanbrengen van de kern en tenslotte de toplaag. Het nauwkeurige werk wordt gedaan met steenstorters die zo zijn ingericht dat zij vrijvarend kunnen voldoen aan de gestelde eisen. Eén van de twee steenstorters, de 'Libra', is inmiddels op het werk gearriveerd en beproefd. Het aanbrengen van de kern gebeurt met splijtbakken. De toplaag wordt opgebouwd met een speciaal voor dit doel ontwikkelde toplaagstorter. Zowel de ponton als de kraan zijn in aanbouw.

Tijdens de opbouw van de drempel dienen inzandingen zoveel mogelijk verwijderd te worden. Voor dit doel is een wervelwiel in ontwikkeling, waarvan het principe berust op het opwervelen van zand, dat vervolgens wordt meegevoerd door de stroom. Dit opschoonapparaat wordt opgehangen aan een mini

supply-boot, een scheepstype dat veel bij offshore-werkzaamheden wordt gebruikt. Op plaatsen waar de funderingsmatten niet zijn verdicht moeten de eerste steenlagen van de drempel worden verdicht. De hiervoor ontwikkelde verdichtingsplaat is gearriveerd en beproefd. De aanvoer van breuksteen uit Finland en Duitsland gaat onverminderd voort. Half 1983 was in totaal bijna 2,5 miljoen ton aangevoerd.

De uitvoering van de damaanzetten is in volle gang. De eerste fase van de damaanzet Noord-Beveland komt eind september gereed, en met de uitvoering van de tweede fase van de damaanzet Roggenplaat Noord werd in juni begonnen. Deze tweede fase betreft hoofdzakelijk de onderbouw van het landhoofd, bestaande uit zeven betonnen cilinders.

De uitvoering van de tweede fase van damaanzet Schouwen begint in augustus. Zowel Roggenplaat-Noord als Schouwen zullen eind 1983 gereed zijn. In voorbereiding zijn de ontwerpen van de derde fase van de damaanzetten Schouwen en Roggenplaat-Noord: de gewapend-betonnen bovenbouw van de landhoofden. Ze zullen begin 1984 in uitvoering worden genomen. Vooruitlopend hierop is gestart met het opstellen van een betoncentrale op de Roggenplaat. De doorgraving van de delingsdijk tussen de compartimenten II en III kwam gereed. Van het uitgekomen zand werd aan de zuidzijde van de bouwput een terrein gemaakt ter grootte van 7 ha.

De compartimenten zijn geïnundeerd, en in september is begonnen met de doorgraving van de delingsdijk tussen de compartimenten I en II. In compartiment I werd bij het proevenprogramma voor de

pijlerplaatsing hinder onder-  
vonden van slibvorming  
rondom de pijlers. Onder-  
houdsbaggerwerk bleek  
noodzakelijk; dit werk kwam  
eind juni gereed.

De grondverbetering in de  
Roompot bleek op enkele  
plaatsen op zeer beperkte  
schaal te eroderen. Bestortin-  
gen werden uitgevoerd om  
ergste voorkomen. Begonnen  
werd met het bestorten van  
de randen van de bodembes-  
cherming. Deze bestortingen  
hebben een preventief karak-  
ter. De laatste hand wordt  
gelegd aan de elektrische en  
hydraulische installaties van  
de Roompotsluis. Medio  
augustus werd de sluis  
operationeel, en eind 1983  
wordt hij in gebruik genomen.  
De drie sluitgaten worden dan  
in verband met de werkzaam-  
heden gesloten voor alle  
verkeer, behalve het werkver-  
keer.

De ruwbouw van het bedie-  
ningsgebouw verloopt volgens  
planning. De laagbouw is voor  
een groot deel op hoogte,  
terwijl van de hoogbouw nog  
vóór de bouwvakantie de  
tweede verdiepingvloer  
gestort werd.

De productie van de dorpelbal-  
ken in bouwdok IV verloopt  
naar wens. In eerste instantie  
worden de rompen gemaakt,  
en pas naderhand, na het  
plaatsen en inmeten van de  
pijlers, de koppen.

Nu de werkterreinen zijn  
ingericht, de betoncentrale is  
aangepast en de twee grote  
traversekranen van 300 naar  
750 ton hijsvermogen per stuk  
zijn verzwaard, is men begin  
februari gestart met de  
productie van de verkeersko-  
kers. De werkzaamheden  
verlopen volgens planning.  
De meetsystemen van de  
'Cadium' en de 'Jan Heymans'  
zijn nu operationeel. Ze  
voldoen in alle opzichten. Er  
zijn tegelmatten op proef  
gelegd. Het meetsysteem van

de samenwerkende schepen  
'Macoma' en 'DOS I' bleek  
prima te voldoen. Ook de  
controlemeting op de tegel-  
matten haalde ruim de speci-  
ficaties. In dit verband moet  
ook de 'Sepia' worden ge-  
noemd: de mattenrol die  
samen met de 'DOS I' en de  
'Macoma' verantwoordelijk is  
voor het leggen van de  
grindwiepenmatten, ter  
afdekking van het losgestorte  
filter tussen twee funderings-  
matten. Het systeem om het  
legproces te volgen en te  
besturen bestaat voornamelijk  
uit profielopnemers; het werd  
in zeer korte tijd gespecificeerd  
en gebouwd. Enige proeven  
hebben de waarde ervan  
bewezen.

Volle aandacht wordt gegeven  
aan de drempelschepen: de  
toplaagstorter, de steenstor-  
ters, de verdichtingsponton en  
het opschoonvaartuig.

Het 'Artemis'-plaatsbepalings-  
systeem, een Nederlands  
fabrikaat, is na enige tijd  
beproefd te zijn geweest op  
de 'Wijker Rib', geïnstalleerd  
op de steenstorter 'Libra'.  
Voor de verdichtingsponton  
kwam een meetvoorstel  
gereed dat voorziet in opper-  
vlakplaatsbepaling met een  
gewone sextant, terwijl de  
verdichtingsbalk door draad-  
lengtemeting gepositioneerd  
wordt. Ook zal een profielop-  
nemer worden geïnstalleerd.  
Het drempelsysteem is  
gedeeltelijk geïnstalleerd op  
de peilboot 'Scholekster'. De  
computerapparatuur komt  
later.

Het onderwatervoertuig  
'Portunus' werd voorzien van  
een manipulator, een soort  
tentakel waarmee moeilijk  
bereikbare gebieden geïnspec-  
teerd kunnen worden. Tijdens  
het mattenlegproces heeft dit  
inspectievoertuig al menige  
inspectie uitgevoerd, met  
goed resultaat. Het heeft z'n  
plaatsje binnen de organisatie  
dan ook veroverd.

Twee pijlers in de Hammen, onder de Schouwense oever.



