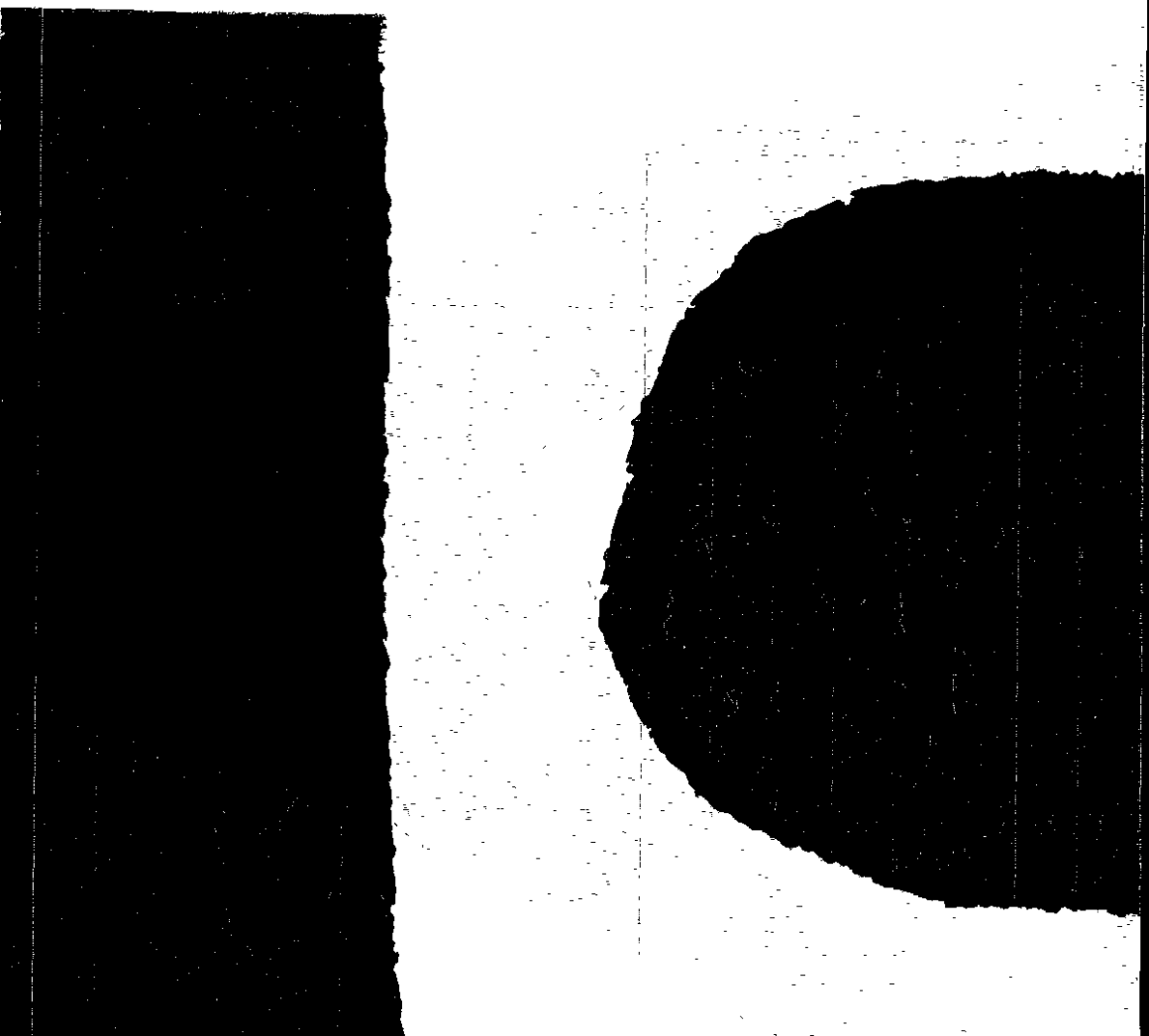


Driemaandelijks Bericht
nummer 112, mei 1985

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadelaan 400
2597 AT 's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

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

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

Inhoud

Voltooiing van de stormvloedkering achter
gesloten schuiven 51

Een voorspelsysteem voor stroomsnelheden in
de omgeving van de as van de stormvloedke-
ring 58

Inspectie onder water 66

De Bathse spuisluis en de sifon onder het
spuikanaal 83

Waterbouwkundige werken en hun begroeiing
onder water 88

Versterking van de zeewering Het Flauwe
Werk op Goeree 95

Samenvattingen/Summaries 101

Vorderingen 105



Voltooing van de stormvloedkering achter gesloten schuiven

Om de laatste werkzaamheden aan de stormvloedkering te vergemakkelijken en daardoor te versnellen, zullen de drie stroomgeulen tijdelijk geheel of gedeeltelijk worden afgesloten. Dit gebeurt met de schuiven, die dan al in de stormvloedkering zijn geplaatst en aangesloten op hun bewegingswerken. Die laatste werkzaamheden zijn onder meer het plaatsen van de bovenbalken en het aanstorten van de dorpelbalken aan de Oosterscheldezijde.

Door het plaatsen van de dorpelbalken nemen de stroomsnelheden enorm toe. Onder gemiddelde getijomstandigheden zullen ze oplopen tot 4,5 m/s. Wanneer er geen schuiven worden gesloten, kunnen de 'Taklift 4', die de bovenbalken plaatst, en de 'Trias', die de dorpelbalken aanstort, geen voldoende productie halen, zodat het krappe tijdschema dan niet gerealiseerd kan worden.

Helaas heeft het sluiten van een aantal schuiven ook bezwaarlijke kanten. De bodembescherming zou bij voorbeeld onaanvaardbaar belast kunnen worden; ook kunnen de ontgrondingskuilen aan de rand van de bodembescherming er gevaarlijk door worden vergroot. Zo'n verzwaarde aanval op de bodembescherming en op de ontgrondingskuilen treedt alleen op als een sluitgat gedeeltelijk wordt afgesloten. Waarom dan niet het hele gat tijdelijk gesloten? Afsluiting van een geheel sluitgat heeft vervelende gevolgen voor het natuurlijk milieu in de Oosterschelde. Door verkleining van het doorstroomprofiel neemt om te beginnen het getijverschil af. Ook kunnen er dan grotere verhangen ontstaan over de platen aan weerszijden van de werkeilanden Neeltje Jans en Roggenplaat. Dit kan aanleiding geven tot ongewenste erosie of aanzanding.

Voordat men kon gaan werken met gesloten schuiven moest dus onderzoek worden verricht naar de gevolgen daarvan voor de werkbaarheid van het materieel, voor de bodembescherming en de ontgrondingen, voor de morfologie van de platen tussen de stroomgeulen, en meer in het algemeen de gevolgen voor het milieu en de visserij. Gevolgen voor de werkbaarheid van het

materieel en voor de bodembescherming en de ontgroningen konden worden onderzocht met behulp van een schaalmodel van de stroomgeulen, M1001. De gevolgen voor het milieu, bij voorbeeld het getijverschil bij Yerseke, en de morfologie van de platen en kortsluitgeulen, werden onderzocht met het één-dimensionale mathematische model IMPLIC en de twee-dimensionale mathematische modellen OOST, DOOS en MOOS.

M1001 is een drie-dimensionale weergave van de sluitgaten Hammen, Schaar en Roompot op schaal 1 : 80. Dit model is uitstekend geschikt om het stroombeeld te onderzoeken in een sluitgat dat gedeeltelijk is afgesloten. Indien de gesloten schuiven aansluiten aan de oever, blijkt er een gunstig werkklimaat te ontstaan. Achter het blok gesloten schuiven ontstaat een stabiele neer, die vergelijkbaar is met de neer achter een damaanzet. De stroomsnelheid evenwijdig aan de as van de kering bij gemiddeld springtij bedraagt beneden- en bovenstrooms van het gesloten schuivenblok maximaal 0,30 m/s en 1,2 m/s. De richting van de stroomsnelheid verandert niet tijdens eb of vloed. Langs de randen van de neer ontstaat echter wel een grotere stroomsnelheid, die een verhoogde aanval op de bodembescherming en de ontgrondingskuilen tot gevolg heeft. Wanneer daarentegen enkele schuiven gesloten worden midden in een sluitgat ontstaat er een ongunstig stroombeeld, zowel voor de werkbaarheid als voor de bodembescherming. Aan de randen van het gesloten schuivenblok ontstaan beurtelings links- en rechtsdraaiende wervels, die voortdurend veranderen in grootte en richting. Zij zouden daardoor sterk wisselende belastingen veroorzaken op de werkschepen 'Trias' en 'Taklift 4'. De dwarsstroomsnelheid bij gemiddeld springtij bedraagt maximaal 2,7

m/s, bij 7 gesloten schuiven. Door wetmatigheden die gelden voor wervelstromen verandert deze snelheid echter telkens met een periode van 20 minuten van richting en grootte. Ook de werkbaarheid van de aan- en afvoerschepen en andere hulpvaartuigen wordt hierdoor vermindert. Sluiting van een aantal schuiven in het midden van het sluitgat is dus geen goede methode om de werkbaarheid te verbeteren. De wervels kunnen echter worden voorkomen door aan weerszijden van het gesloten schuivenblok twee schuiven om de andere te sluiten. De neer achter het gesloten schuivenblok gedraagt zich dan wel stabiel en heeft slechts een geringe stroomsnelheid. Zo is het mogelijk om ook in het midden van de Roompot een gunstig werkklimaat te creëren.

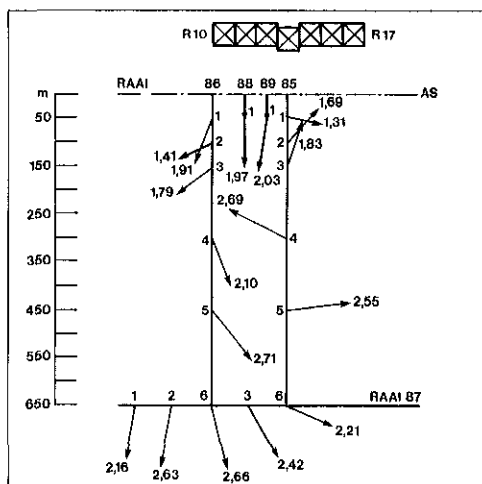


Fig. 1. Maximale stroomsnelheden bij vloed in de Roompot, als er zeven schuiven gesloten zijn

Fig. 2. Verdieping per week van een 10 m diepe kuit achter gesloten schuiven

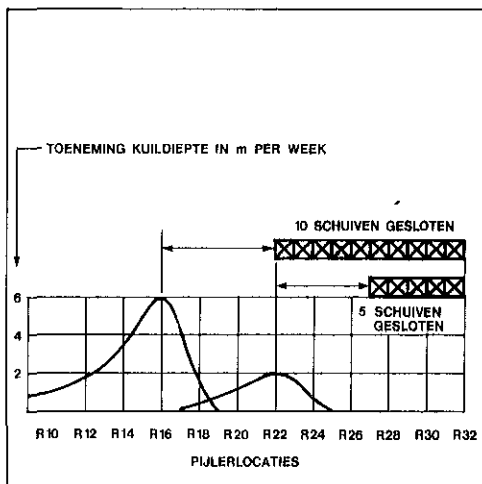


Fig. 3. Stroombeeld bij maximale vloed, bij gesloten Schaar en alle dorpelbalken geplaatst

Bodembescherming en ontgrondingskuilen

Ook de stabiliteit van de bodembescherming werd in het hydraulisch schaalmodel onderzocht. Gebleken is dat de blokkenmatten om bestand te zijn tegen een verhoogde stroomaanval bij een weigerende schuif en tijdens maximale stroom, gedeeltelijk verzwaard moeten worden. Als deze verzwaren

worden aangebracht vóórdat men met het plaatsen van dorpelbalken begint, is de stabiliteit van de bodembescherming verzekerd, ook wanneer er tijdens de voltooiing van de stormvloedkering schuiven gesloten worden. De diepte van de ontgrondingskuilen neemt door sluiting van schuiven wel toe, maar de toename van de kuildiepte is er sterk afhankelijk van hoe diep de kuil al was op het moment dat de schuiven gesloten worden, en van het aantal gesloten schuiven.

Bij voorbeeld:

aanvangsdiepte

maximale toename van de kuildiepte

5 gesloten schuiven

10 gesloten schuiven

10 m

2,0 m/week

6,0 m/week

15 m

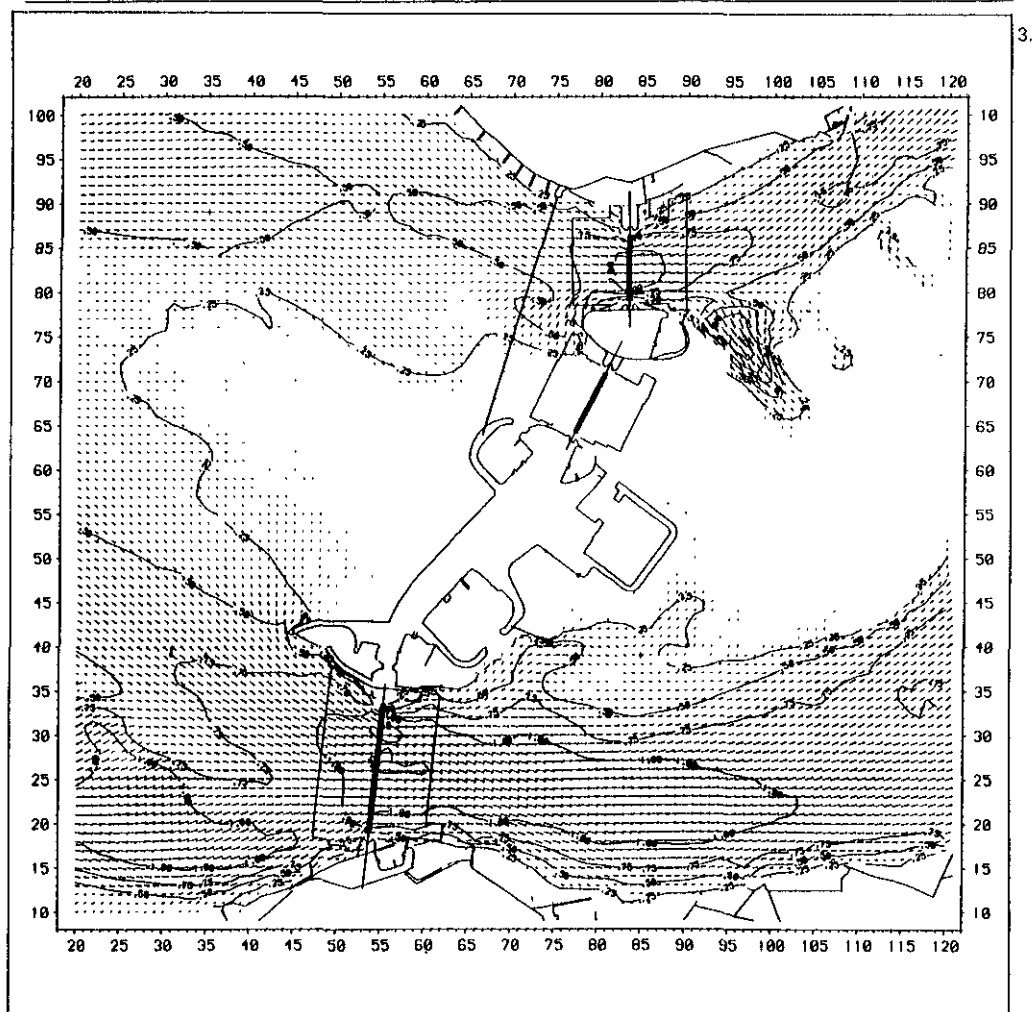
1,1 m/week

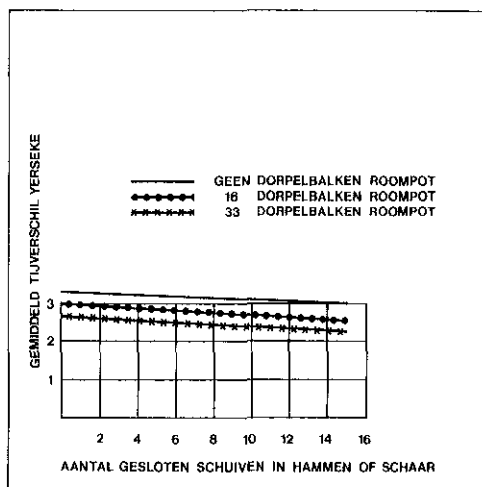
3,8 m/week

20 m

0,5 m/week

2,1 m/week





Bij de planning die momenteel gehanteerd wordt zullen beurtelings de stroomgeulen Hammen en Schaar volledig gesloten worden. In de breedste stroomgeul, de Roompot, met ongeveer 60% van het totale debiet, worden maximaal 10 schuiven vanuit de oevers gesloten. Alleen om de bovenbalken op de middelste locaties te kunnen plaatsen wordt de Roompot gedurende 12 uur volledig gesloten, en daarna 12 uur volledig open gezet. Volledige sluiting van de Roompot gedurende langere tijd zou de milieu- en visserijbelangen teveel schaden.

Door het gedeeltelijk sluiten van de Roompot zal de diepte van de ontgrondingskuil hier het meest toenemen; de voorspellingen zeggen wel tot 20 m. Volgens de tabel hierboven neemt de kuildiepte door het sluiten van 10 schuiven maximaal met 2,1 m per week toe. Met een goede bewaking levert dit geen verhoging op van het risico dat er stabiliteitsverlies optreedt aan de rand van de ontgrondingskuil.

Platen en kortsluitgeulen

De vervallen over de platen en kortsluitgeulen tussen twee stroomgeulen zullen toenemen als één stroomgeul meer wordt afgesloten dan de andere. Met behulp van één- en twee-dimensionale mathematische modellen is onderzocht in welke mate de stroomsnelheden in kortsluitgeulen bij de verschillende sluitingsoperaties toenemen.

Bij de interpretatie van de resultaten wordt rekening gehouden met het feit dat deze situaties met gesloten schuiven slechts gedurende korte tijd optreden en bovendien ogen-

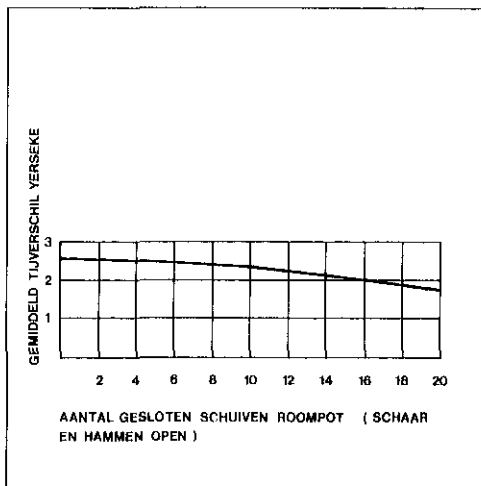


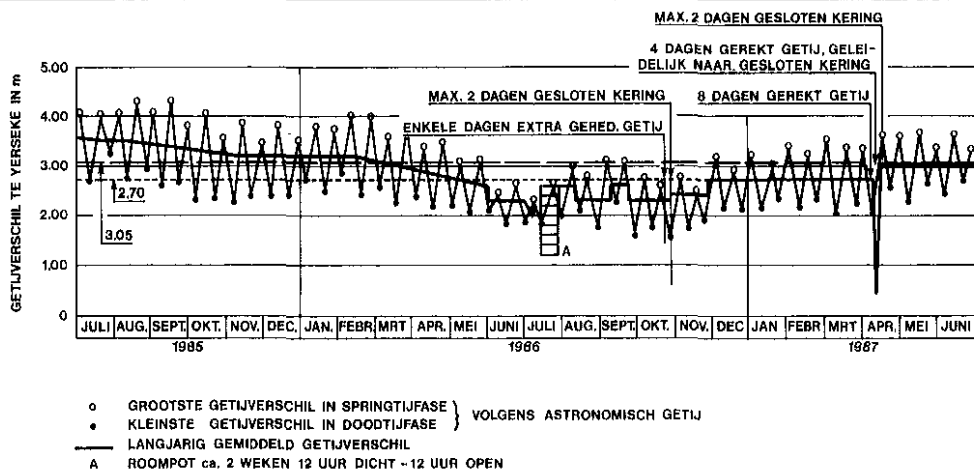
Fig. 4, 5 Gemiddeld getijverschil te Yerseke bij het sluiten van schuiven in de Hammen of de Schaar (4) en in de Roompot (5)

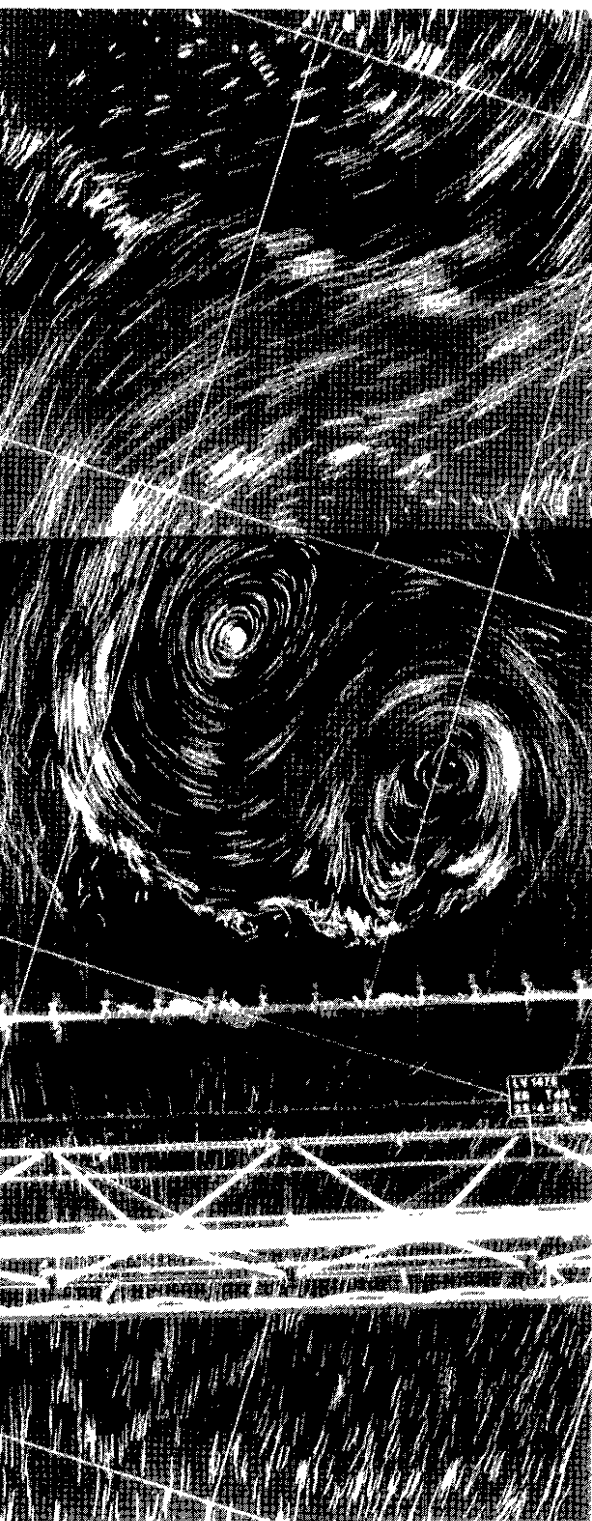
Fig. 6. Berekende getijverschillen te Yerseke voor de periode juli 1985-juli 1987

Stroombeeld bij een gesloten schuivenblok, met aan weerszijden twee schuiven om de andere gesloten; Roompot, vloed

blikkelijk kunnen worden opgeheven, door de schuiven te heffen.

Uit de berekeningen kan worden afgeleid dat het voor de kortsluitgeul tussen de Hammen en de Schaar aan de oostzijde van de kering gunstiger is om de schuiven in de Schaar te sluiten voordat de dorpels in de Roompot zijn geplaatst dan erna. Wel wordt het platengebied tussen de Schaar en de Roompot iets zwaarder aangevallen door het sluiten van de Schaar voordat de dorpels in de Roompot geplaatst zijn. Het platengebied tussen de Roompot en de Schaar aan de oostzijde is het meest kritiek, niet zo zeer omdat de erosiesnelheid ontoelaatbaar is – deze bedraagt naar verwachting gemiddeld zo'n 3 mm per dag bij de meest extreme situatie –, maar omdat de erosiesnelheid bij overschrijding van de verwachte waarden een progressief verloop heeft. Dit





gebied vereist daarom een zorgvuldige bewaking.

Aan de zeezijde van de kering wordt tussen de Schaar en de Roompot plaatselijk erosie verwacht rondom de koppen van de havendammen. De havendam Noordland wordt bij het sluiten van de Hammen of de Schaar zwaarder aangevallen, de havendam Neeltje Jans bij het sluiten van de Roompot.

De mathematische modellen geven goed aan op welke plaatsen erosie of aanzanding is te verwachten. Bovendien kan de erosiesnelheid met 1-, 2- en quasi-3-dimensionale zandtransportmodellen vrij nauwkeurig worden geschat. Op grond van deze gegevens wordt een bewakingsplan ontworpen, zodat de gevolgen van de gesloten schuiven voor de morfologie van de platen en kortsluitgeulen ruim binnen aanvaardbare grenzen kunnen blijven.

Milieu en visserij

De gevolgen voor milieu en visserij zijn kwalitatief eenvoudiger aan te geven dan kwantitatief. De te verwachten schade voor de visserij is moeilijk in te schatten, evenals de blijvende schade die door het sluiten van schuiven wordt aangebracht. Globaal gesproken zijn er drie milieugrootheden die gedurende langere tijd een kritieke waarde niet mogen onderschrijden: het zoutgehalte in het bekken – belangrijk voor kreeften, oesters en mosselen –, het voedselaanbod – belangrijk voor bijvoorbeeld vogels – en de golfaanval op de klifranden. Deze drie milieugrootheden zijn alle min of meer afhankelijk van het tijverschil bij Yerseke. Met behulp van het wiskundig model IMPLIC is het tijverschil bij Yerseke berekend voor een

groot aantal varianten. In figuur 4 is aangegeven hoe het tijverschil daalt tengevolge van het sluiten van schuiven in de Hammen of de Schaar.

Als variabele is het aantal geplaatste dorpelbalken meegenomen in de Roompot. Uit figuur 6 blijkt dat het gemiddeld tijverschil bij Yerseke door het sluiten van schuiven tijdens de afbouw daalt van 2,70 m tot 2,25 m. De bodemdieren in de hoogstgelegen delen van de platen kunnen als gevolg daarvan sterven, evenals de wieren en andere planten die zich hoog op de dijkglooiingen hebben vastgezet. De dieren op de platen dienen als voedsel voor de vogels. Berekend is dat in de Oosterschelde en elders in het Deltabekken voldoende fourageermogelijkheden voor vogels overblijven. De dieren en planten die als gevolg van het geringe tijverschil zullen sterven, zijn niet uniek: ze komen ook voor op andere plaatsen in de Oosterschelde, zodat er geen sprake is van verlies van soorten. Men moet bovendien bedenken dat de bouw van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen hoe dan ook vermindering van het tijverschil met zich meebrengt, en dus een geringe sterfte van dieren en planten.

Door vermindering van het tijverschil treedt ook verlaging op van het zoutgehalte. Dit verschijnsel treft alle bodemdieren, dus niet alleen die in de hoge zone. De gevolgen van de toepassing van gesloten schuiven zijn echter naar verwachting gering, en van korte duur; ze treden niet op in een seizoen met een grote kans op lage zoutgehalten.

Het zoutgehalte is van groot belang voor de visserij. Het minimaal toelaatbare zoutgehalte op de mosselverwaterplaatsen is 12,4 g/l Cl⁻. Bij lagere zoutgehalten treedt schade op, bij zoutgehalten lager dan 10 g/l Cl⁻ kunnen er zelfs geen mosselen meer worden verhandeld. Voor kreeften is een zoutgehalte gewenst van 15 g/l Cl⁻. Bij zoutgehalten lager dan 12,5 g/l Cl⁻ treedt sterfte op. Bij oesters treedt schade op bij zoutgehalten lager dan 12,7 g/l Cl⁻. Beneden 11 g/l Cl⁻ gaan alle oesters dood. In de periode september-oktober wordt geen onderschrijding verwacht van de grens van 12,7 g/l Cl⁻. In mei en juni kan deze waarde bij een nat voorjaar wel onderschreden worden. Er vindt in deze periode echter geen handel in mosselen plaats. Een probleem voor het milieu vormt nog het sluiten van een groot deel van de kering voor het simultaan plaatsen van de bovenbalken en het aanstorten van de dorpelbalken in het midden van de Roompot. Onderzocht wordt, hoe de tijdsduur van deze actie en het aantal te sluiten schuiven zoveel mogelijk kan worden beperkt.

Stroombeelden benedenstrooms van een blok van zeven gesloten schuiven in het midden van de Roompot; verloop na één kwartier

Een voorspelsysteem voor stroomsnelheden in de omgeving van de as van de stormvloedkering

In voorgaande artikelen in de Berichten 93 (augustus 1980) en 102 (november 1982) werd de operationele waterloopkundige begeleiding behandeld die het Hydro-Meteo-Centrum biedt bij de bouw van de stormvloedkering in de Oosterscheldemonnd. Daarbij stonden de korte-termijnverwachtingen van meteorologische en hydraulische omstandigheden centraal. Maar niet alleen deze korte-termijnverwachtingen ten behoeve van de uitvoering zijn bij de bouw van de kering van belang.

Voor het ontwerp van de kering, in het bijzonder de dimensionering van de verschillende constructies en de sterkte-eisen die worden gesteld aan het werkmaterieel, is er behoefte aan een lange-termijnverwachting vanaf drie maanden tot jaren vooruit.

Ten behoeve van de planning – bepaling van werkbaarheidspercentages – en werkvoorbereiding heeft men een middellange-termijnverwachting van de hydraulische omstandigheden nodig, vanaf een week tot een paar maanden vooruit.

Meteorologische parameters zijn op die

termijnen niet voorspelbaar, en dus evenmin de golven. De invloed van deze grootheden op bijvoorbeeld de werkbaarheidspercentages kan slechts met behulp van statistische modellen geschat worden op basis van waarnemingen gedurende de afgelopen jaren. Voor het opstellen van verwachtingen voor de stroomsnelheden zijn in de afgelopen jaren zowel hydraulische als wiskundige modellen ontwikkeld. In de periode 1982–1983 zijn al die modellen samengevoegd tot één voorspelsysteem, dat in principe zowel voor de lange-, de middellange- als de korte-termijnverwachting bruikbaar is. Dit heeft het grote voordeel dat een eenduidige controle van het voorspelsysteem kan worden bereikt. Noodzakelijke aanpassingen van onderdelen van het voorspelsysteem – geometrische grootheden, modelcoëfficiënten en ijkfactoren – hebben dan tegelijk effect in alle soorten van voorspellingen. Het voornaamste onderscheid tussen de toepassingsgebieden wordt gevormd door de invoer van het systeem. Bij de lange-termijnverwachting bestaat die uit de statistiek van het

Fig. 1. Indeling naar termijnen van het voorspelsysteem

Fig. 2 Schematisch overzicht van het voorspelsysteem

1.

	termijn		
	kort	middellang	lang
verticaal getij	astronomisch getij en windopzet	astronomisch getij	statistiek van getij en windopzet of specifiek getij
bouwfase van de kering	huidige bouwfase	huidige of toekomstige bouwfase	toekomstige bouwfase
doel van de voorspelling	operationele begeleiding	werkvoorbereiding	ontwerp randvoorwaarden, sterkte-eisen, overlevingscondities en werkbaarheid; cyclustijds-beschouwingen
resultaat van de voorspelling	snelheidskromme	snelheidskromme	extreme snelheden of standaard-snelheidskromme
termijn	12–36 uur	week – 1 à 2 maanden	1/2 jaar – jaren

verticale getij, bij de middellange-termijnverwachting uit het verwachte astronomische verticale getij en bij de korte-termijnverwachting worden ook de verwachte weersinvloeden op het verticale getij in rekening gebracht. Een indeling van het voorspelsysteem naar de genoemde termijnen geeft figuur 1.

De methode om stroomsnelheden te voorspellen is gebaseerd op een mengeling van schaalmodelgegevens, resultaten uit mathematische modellen en metingen in de natuur.

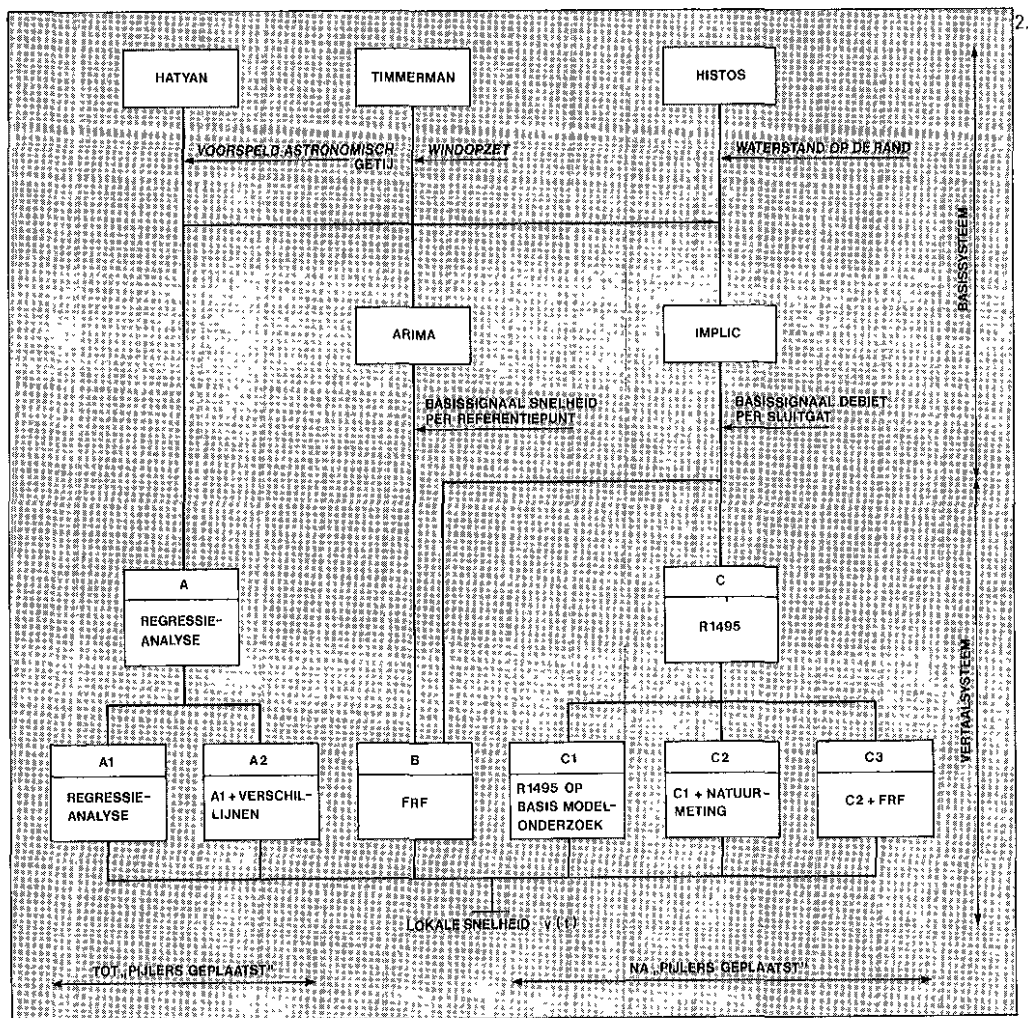
De schaalmodelresultaten zijn zelden onverkort toepasbaar. Ten gevolge van wijzigingen in de planning van de bouw van de stormvloedkering is de bouwphase waarvoor de voorspelling moet gelden, meestal niet dezelfde als die van een reeds uitgevoerde modelproef. Schaalmodelonderzoek is duur en vaak tijdrovend, zodat het alleen nog gebruikt wordt om mathematische

modellen te ijken, details vast te stellen van stroombeelden of om ten behoeve van mathematische modellen afvoercoëfficiënten te bepalen.

Het onderzoek naar de invloed van de bouwfasen op de stroomsnelheden en het opstellen van verwachtingen wordt vrijwel uitsluitend uitgevoerd met behulp van mathematische modellen. Deze modellen zijn snel en relatief goedkoop, zodat in korte tijd tegen lage kosten een aantal planningsvarianten onderzocht kan worden.

Natuurmetingen worden gebruikt om de resultaten van de mathematische modellen te controleren en vast te stellen of er systematische afwijkingen optreden, en die waar mogelijk te corrigeren.

Het voorspelsysteem is in figuur 2 schematisch weergegeven. Een korte beschrijving van het



systeem en de afzonderlijke onderdelen volgt hierna.

Het voorspelsysteem bestaat uit twee onderdelen. Ten eerste is er het basissysteem. Dit berekent, aan de hand van het verticale getij, de globale horizontale waterbeweging in de Oosterscheldemon. Hierna volgt een vertaalslag van het globale horizontale getij naar een lokale situatie, wanneer ontwerp of uitvoering dat vereisen.

De invoer van het basissysteem bestaat uit het verticale getij in de Oosterscheldemon. We hebben daarbij allereerst te maken met de statistiek van het verticale getij. Gedurende een lange reeks van jaren wordt het verloop van het verticale getij ter plaatse van een aantal meetopstellingen in de Oosterscheldemon vastgelegd. Met behulp van deze meetreeksen en statistische technieken kunnen uitspraken gedaan worden over de kansen van voorkomen van bepaalde getijden in de toekomst. Het gaat hierbij uitsluitend om lange-termijnverwachtingen. Daarnaast is er het astronomisch voorspelde getij. De boven genoemde meetreeksen kunnen ook verwerkt worden door het Harmonisch Getij-analyse-programma HATYAN.

Hiermee is het mogelijk, voor iedere willekeurige dag het astronomische getij te voorspellen. Dit is nodig voor de planning en de werkvoorbereiding van de uitvoering. De stroomsnelheidsverwachtingen op basis van dit astronomische getij worden middellange-termijnverwachtingen genoemd. Ten derde hebben we te maken met een getijverwachting die rekening houdt met de weersinvloeden. Het astronomisch verwachte getij zal zelden optreden. De getijbeweging in de Oosterscheldemon wordt vrijwel voortdurend beïnvloed door de wind. Deze wind veroorzaakt verhogingen of verlagingen van de waterstand, die het KNMI berekent met de methode-Timmerman, gecombineerd met het inzicht van de meteoroloog.

Op dit moment wordt alleen de verwachte afwijking op de maximale hoog- of laagwaterstand in rekening gebracht. De rest van de getij-kromme wordt vervolgens opgerekt. De vervorming van de getijgolf die zich in werkelijkheid voordoet, wordt genegeerd.

Op basis van de op deze wijze bijgestelde getijverwachting wordt de korte-termijn stroomsnelheidsverwachting berekend. Als basissysteem kan in de eerste plaats gebruik gemaakt worden van het statisch model ARIMA. Dit model bepaalt de stroomsnelheden op een aantal referentiepunten in de sluitgaten door middel van een meervoudige regressie-analyse tussen een aantal parameters van het verticale getij en de gemeten snelheid in een referentiepunt in het sluitgat. De referen-

tiepunten, waarvan ononderbroken stroomsnelheidsgegevens worden ingewonnen en doorgegeven, bevinden zich 1500 m uit de as aan de zeezijde van de kering. Twee zijn er bevestigd aan de hulpbrug, één in de Hammen en één in de Schaar, en twee bevinden zich in de Roompot. De ARIMA-methode is alleen voor korte-termijnvoorspellingen bruikbaar, omdat de modelcoëfficiënten veranderen bij het voortschrijden van de bouw.

Een variant van de ARIMA-methode is de enkelvoudige lineaire regressie tussen het verticale getijverschil en de snelheid op de gevraagde locatie. De regressie wordt per half maanuur bepaald (fig. 3).

Om een betrouwbare regressielijn vast te kunnen stellen, moet minstens 14 dagen gemeten worden op de locatie waarvoor de snelheden worden gevraagd; beter nog is een maand lang.

De vorm van het sluitgat mag niet significant veranderen tijdens de meting of voordat de voorspelling wordt geleverd. De noodzaak van een vrij lange meetreeks, is wanneer de vorm van het sluitgat snel verandert, een zwak punt van deze voorspelmethodiek.

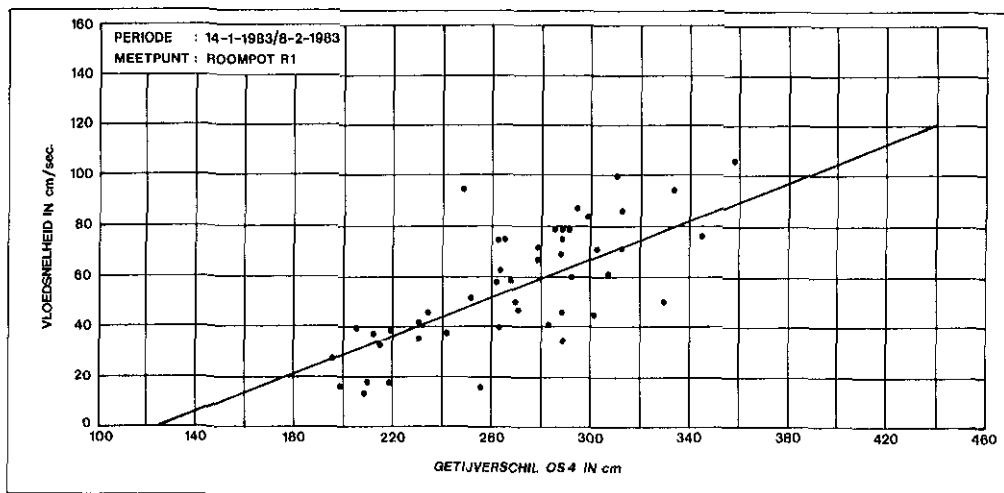
De mogelijkheid bestaat evenwel de voorspelling bij te stellen op basis van metingen vanaf werkschepen of vanaf meetborden, die zijn bevestigd aan de verkeerskokers. Hier maakt men gebruik van de verschillijnenmethode. Per voorspelling wordt dan steeds vastgesteld wat een aantal getijden terug het verschil was tussen de voorspelde en de geregisteerde snelheid. Dit verschil wordt gesuperponeerd op de te leveren voorspelling.

Tijdens bouwfasen waarin hydraulisch nog niet veel in de sluitgaten is veranderd, is steeds de regressiemethodiek gebruikt voor de korte- en middellange-termijnvoorspellingen.

Na het plaatsen van de pijlers is voor de middellange-termijnvoorspellingen tijdens het plaatsen van de pijlers overgestapt op een andere methodiek, die werkt met een weerstandsverdeling; de methode R1495.

Thans worden alle voorspellingen gebaseerd op een basissignaal, dat wordt verkregen met het eendimensionale mathematisch getijmodel IMPLIC. Dit model lost de waterbewegingsvergelijking voor een geulenstelsel op en kan zo de sluitgatdebieten berekenen als functie van de tijd (fig. 5). De niet-lineaire respons van het bekken op de randvoorwaarden kan in dit model in rekening worden gebracht, evenals de invloed van de sluitgatvorm op de debietverdeling over de sluitgaten.

Dit basissignaal kan nu op verschillende wijzen vertaald worden naar een stroomsnelheid op iedere gewenste locatie. Hiervoor zijn momen-



3.

4.

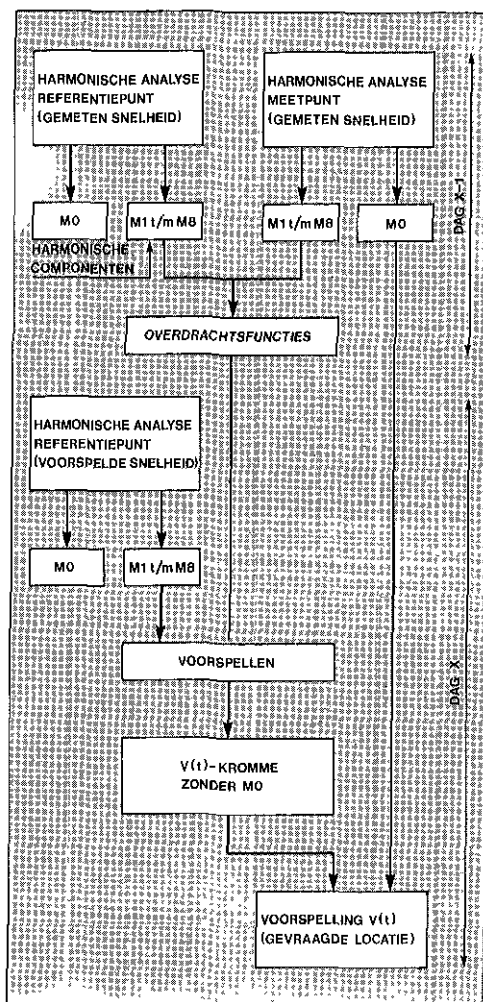
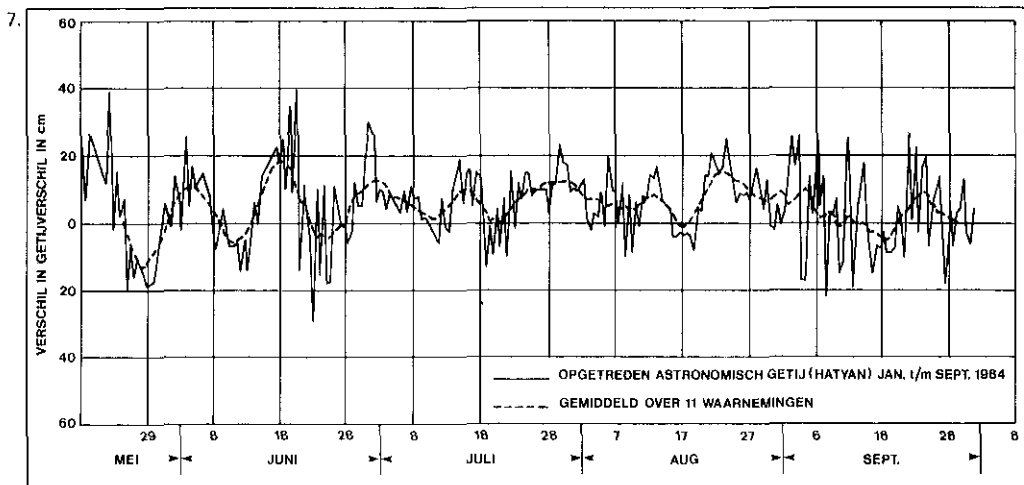
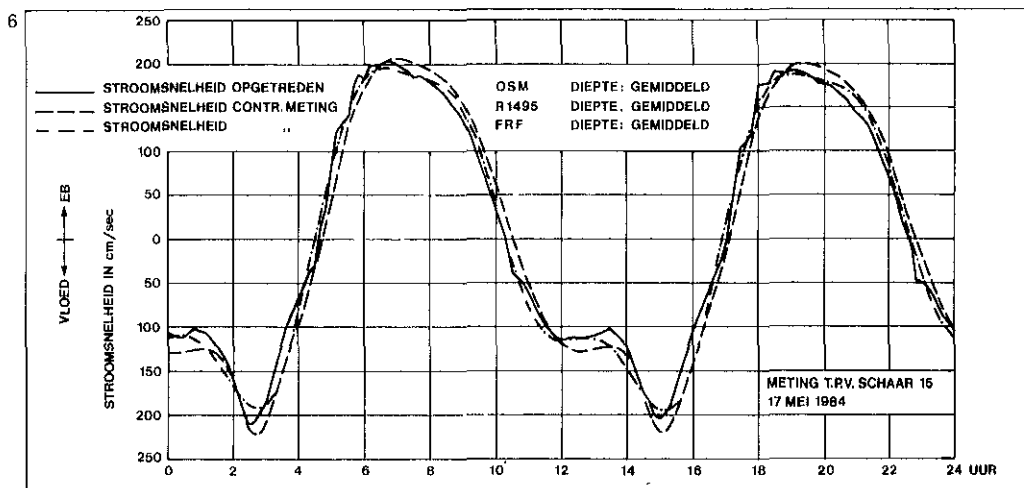
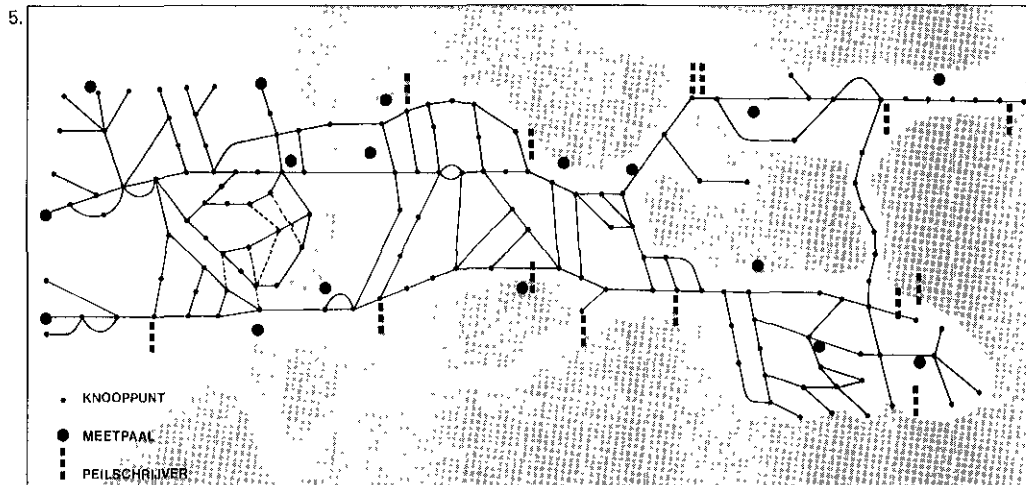


Fig. 3. Verband tussen getijverschil en stroomsnelheid voor een meetpunt in de Roompot (januari 1983)

Fig. 4. Voorspelmodel gebaseerd op Frequentie Responsie Functies

teel de methode B en C uit figuur 2 beschikbaar, ieder met een aantal varianten. Methode B is gebaseerd op Frequentie Responsie Functies, verder aangeduid als FRF. Het programma gaat uit van twee getijsignalen, één signaal op een referentielocatie of in een referentieraai, en één op de locatie waarvoor een voorspelling moet worden geleverd. De twee signalen worden ontleend in hun fouriercomponenten. Vervolgens worden de overdrachtsfactoren, amplitude en fasehoek, per component bepaald. Met behulp van een voorspelling van het referentiesignaal kan dan een vertaling worden gemaakt naar de gewenste locatie, door gebruik te maken van de berekende overdrachtsfactoren (figuur 4). De methode blijkt in deze vorm voor operationele toepassing matig te voldoen. Lacunes in de waarneming kunnen de resultaten negatief beïnvloeden, zodat er veel metingen nodig zijn om de invloed van de optredende bouwfase te verdisconteren, terwijl het vele meetwerk rond de as van de kerling in de praktijk vaak problemen oplevert. Bij methodiek C zal echter blijken, dat FRF ook op een andere wijze toegepast kan worden.

Bij methode C wordt uitgegaan van het sluitgatdebiet, dat met het mathematisch



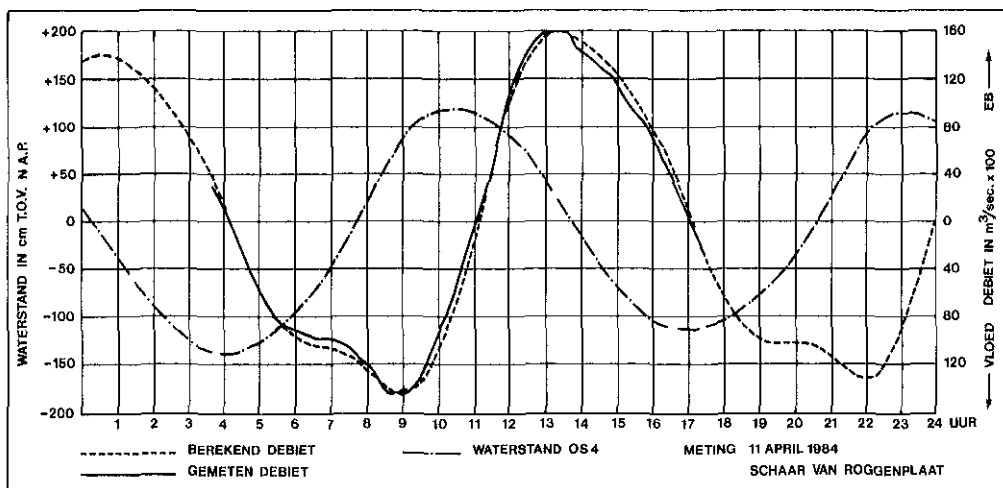


Fig. 5. IMPLIC-schematisering van het Oosterscheldegebied

Fig. 6. Verbetering van het voorspelde kenteringstijdstip met behulp van FRF

Fig. 7. Vergelijking van het voorspelde astronomische getij met het opgetreden getij in meetpunt OS 4

Fig. 8. Vergelijking van het gemeten en het met behulp van IMPLIC berekende debiet

model IMPLIC berekend is.

Het sluitgatdebit wordt met behulp van het weerstandsmodel R1495 binnen het sluitgat verdeeld over de pijlervakken, op basis van de weerstandsverdeling in de as van het sluitgat. De weerstandcoëfficiënten zijn in stroomgoten bepaald. Bovendien is er nog een ijkfactor opgenomen in model R1495, waarmee het is afgeregeld op schaalmodelonderzoek in de hydraulische modellen M 1000 en M 1001. Het resultaat van R1495 is een debiet per pijlervak, dat op basis van de doorstroomoppervlakte van ieder pijlervak kan worden omgerekend naar een gemiddelde snelheid per pijlervak. Hierna kan de contractie in rekening worden gebracht die op zal gaan treden in de pijlerpoorten. De omvang daarvan is in eerste instantie geschat aan de hand van onderzoek in M 1001. Het eindresultaat is dan de maximale

stroomsnelheid die gemiddeld over de diepte tussen de pijlers op zal treden.

Bij de korte- en middellange-termijnvoorspellingen kan de nauwkeurigheid van methode C1 nog verbeterd worden door gebruik te maken van het feit dat de modellen geverifieerd kunnen worden aan de bouwfasen die in werkelijkheid ingetreden zijn. Eventuele systematische afwijkingen van de modellen kunnen dan worden gecorrigeerd. Dat is methode C2. Meestal zal het erop neerkomen dat het eindresultaat van het model middels een correctiefactor wordt bijgesteld. Naarmate de bouw vordert, zal de ijking weer gaan verlopen. De natuurmetingen die voor de ijking moeten worden gebruikt, dienen wel aan bepaalde voorwaarden te voldoen. Een enkele geïsoleerde meting op een locatie waarvoor een voorspelling is afgegeven heeft geen zin, omdat dan geen conclusies getrokken kunnen worden over de kwaliteit van het voorspelsysteem in zijn geheel.

Sommige effecten zullen naar verwachting per sluitgat niet veel verschillen. Dit geldt voor de invloed van de dam aanzetten, voor contractieverschijnselen, voor het stroombeeld rond een bouwfront, en voor de snelheidsverticaal. De gemeten waarden van dit soort effecten, die door middel van metingen in het ene sluitgat zijn bepaald, kunnen dus ook in andere sluitgaten onder soortgelijke omstandigheden worden gebruikt. Wel moet het eindresultaat zo spoedig mogelijk met behulp van metingen worden gecontroleerd.

Bij de voorspelmethode C1 en C2 wordt ervan uitgegaan, dat de lokale snelheidskromme qua vorm niet afwijkt van de kromme van het sluitgatdebit, bepaald met het getijmodel IMPLIC. Dit gaat echter niet op voor alle

locaties binnen de sluitgaten: vooral aan de randen van het sluitgat ontstaan afwijkingen. Om de vorm van de snelheidskromme te verbeteren, wordt FRF gebruikt; en zo komt men tot methode C3.

In deze toepassing worden IMPLIC en R1495 gebruikt om de grootte van de maximale eb- en vloodsnelheid te voorspellen, terwijl FRF wordt gebruikt om verschillen in vorm in rekening te brengen op basis van lokale metingen. Vooral in de bouwfasen tot aan het plaatsen van dorpelbalken zal dit een positieve invloed uitoefenen op de nauwkeurigheid van de voorspellingen (figuur 6).

De vorm van de kromme zal naar verwachting niet snel veranderen met de bouwfasen, zodat bij deze toepassing slechts incidenteel de overdrachtsfuncties voor amplitude en fasehoek behoeven te worden bepaald.

Systeembewaking

Bij elke voorspelling moet er rekening mee worden gehouden dat de nauwkeurigheid van het eindresultaat beperkt is. Op gezette tijden worden daarom metingen in de natuur uitgevoerd om het voorspelsysteem systematisch te controleren en zo nodig bij te stellen. Het gehele voorspelsysteem wordt dan stap voor stap nagelopen.

Op basis van deze natuurmetingen wordt in eerste instantie onderzocht welke modellen afwijkingen vertonen, en hoe groot die afwijkingen zijn. Afhankelijk van de uitslag wordt dan bepaald of een nieuwe afregeling of een bijstelling van het model noodzakelijk is.

Voor de controle van de waterstand aan de Noordzee-zijde is het noodzakelijk regelmatig het voorspelde astronomische getij te vergelijken met het opgetreden getij (fig. 7).

Door de weersinvloeden uit de waterstandsregistraties te filteren kan de kwaliteit van het voorspelde getij worden bewaakt. Dit is een voortdurend punt van aandacht.

De reproductie van de waterbeweging in het Oosterscheldebekken wordt periodiek geëvalueerd door de opgetreden waterstanden aan weerszijden van de kering, in het midden en achterin het Oosterscheldebekken te vergelijken met de resultaten van een simulatie met het getijmodel IMPLIC. Systematische afwijkingen duiden er op dat de modelschematisering uit de pas loopt. De mogelijke oorzaken, zoals een wijziging in de sluitgatvorm, de stromingssituatie, de bodemruwheid of een afwijking in de geschatte afvoercoëfficiënt van een sluitgat dienen te worden opgespoord; weer volgt aanpassing van het model.

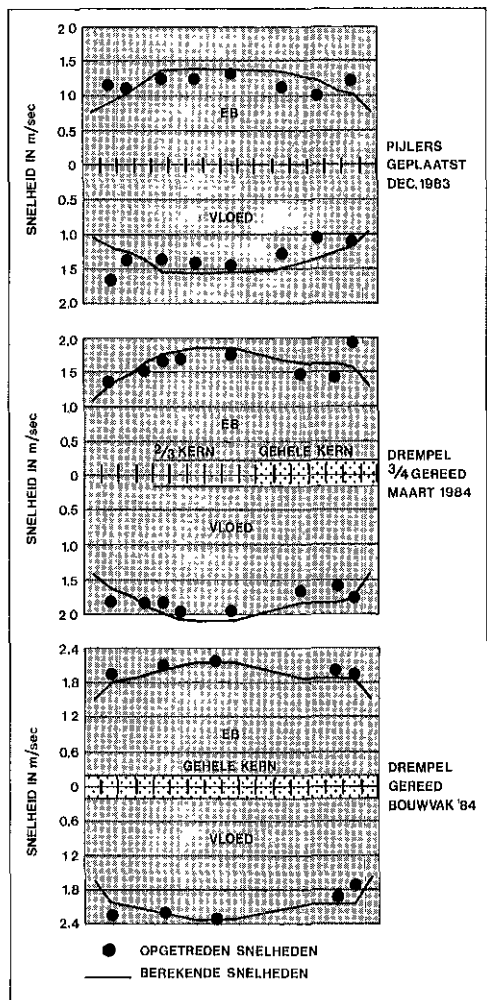
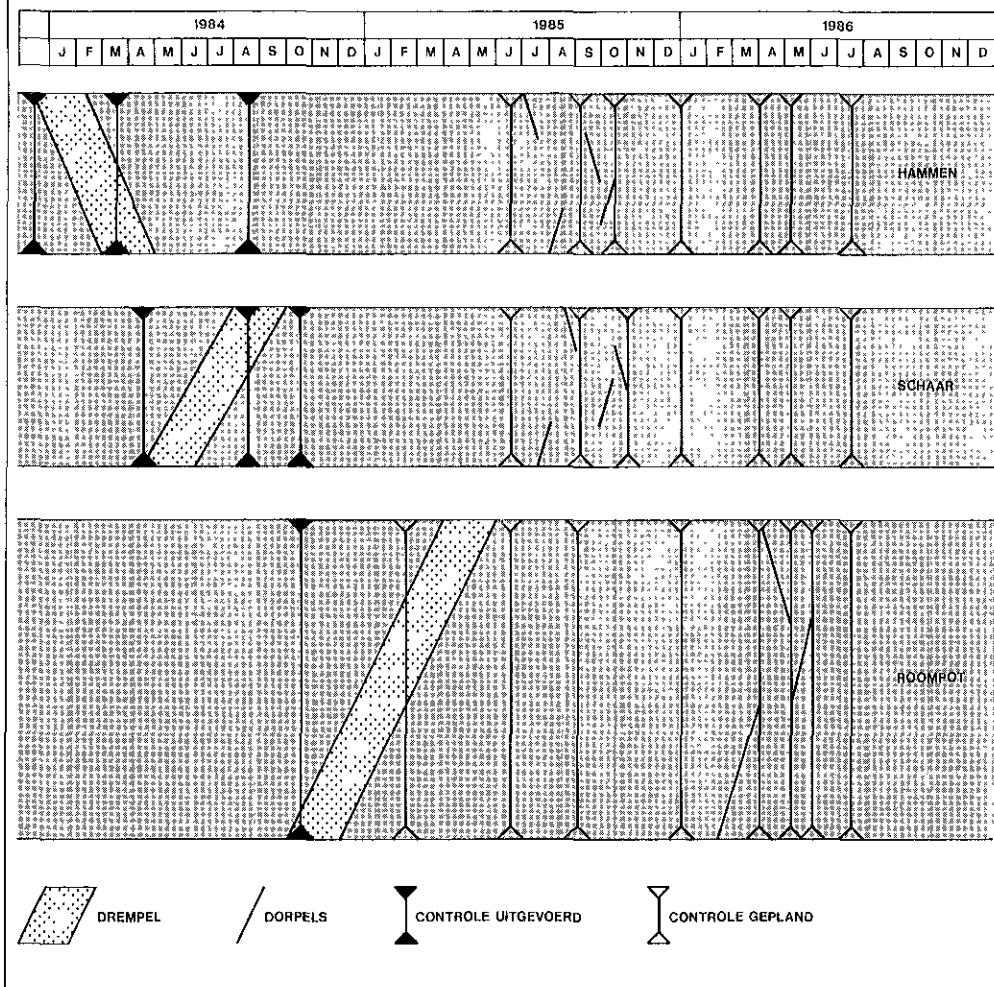


Fig. 9. Vergelijking van gemeten en met behulp van IMPLIC/R1495 berekende stroomsnelheden

Fig 10. Planning van controlemetingen



De verschillen tussen het R1495-model en de werkelijkheid zijn veelal terug te voeren tot interpolatiefouten tussen schaalmodelresultaten, en tot verschillen in fase binnen het sluitgat. De grootste afwijkingen worden geconstateerd aan de randen. De verschillen tussen model en werkelijkheid worden telkens verekend door het invoeren van een correctiefactor. Deze correctiefactoren moeten op *regelmatige tijden door middel van metingen* worden gecontroleerd (fig. 9).

Door het simultaan meten van het sluitgatdebiet op 200 à 500 meter bovenstrooms van de kering en van de snelheden in de as in een relevant aantal pijlerpoorten, kunnen de snelheden in de as en de verdeling van de snelheden over de as worden bepaald, en vergeleken met de uitkomst van IMPLIC – R1495.

Het doel van deze controlemetingen naar de snelheidsverdeling in de as is tweeledig. In de eerste plaats kan langs deze weg een ijking worden uitgevoerd van het voorspelsysteem ten behoeve van de operationele begeleiding. Daarnaast worden de ten behoeve van het ontwerp berekende snelheden per pijlerpoort gecontroleerd.

De standaardafwijking rond de voorspellingen kan, vlak na een bijstelling, aanzienlijk kleiner worden. Bij voortschrijdende bouw zal de ijking gaan verlopen, zodat de betrouwbaarheidsband rond de voorspelling weer breder wordt.

De frequentie waarmee verificatie in de natuur plaats moet vinden en op welke manier, wordt bepaald door de snelheid waarmee de vorm van het sluitgat wordt gewijzigd (fig. 10) en door de nauwkeurigheidseisen van de gebruiker.

Inspectie onder water

De samenbouw van de Oosterscheldekering geschiedt voor een belangrijk deel onder water. Nu weten wij allemaal hoe hard we onze ogen nodig hebben om onze handen en instrumenten te besturen. Wie niet ziet wat hij doet, maakt al gauw de raarste fouten. Dit geldt ook bij de opbouw van een groot waterstaatkundig werk, en speciaal dit kunstwerk, met zijn geringe toleranties.

Naast alle elektronische inspectie- en plaatsbepalingssystemen is er derhalve behoefte aan visuele inspectie. Ook dit aspect van het werk kan in principe worden gemechaniseerd: zichzelf voortbewegende onderwatercamera's of sensoren kunnen hun informatie doorseinen naar een waarnemer aan de oppervlakte. Dat is speciaal dan nuttig wanneer moet worden verkend op plaatsen waar de mens niet kan komen, of waar het voor hem te gevaarlijk of uitputtend wordt. In veel gevallen heeft het echter zin, goed opgeleide mensen naar beneden te sturen. Zij kunnen een situatie niet alleen waarnemen, maar ook beoordelen. Tenslotte kunnen zij, en daar gaat het in de praktijk veelal om, onder water ook maatregelen treffen om vastgestelde schades te verhelpen. Dit artikel zal dan ook voor het grootste deel handelen over het



duikwerk dat in de afgelopen jaren in de Oosterschelde is verricht, en het werk dat nog te doen staat; de organisatie ervan, de werkwijze en de beveiliging. Daarnaast komen ook inspectievoertuigen voor onder water aan de orde.

Het duikwerk in de Oosterschelde heeft in de afgelopen jaren een enorme ontwikkeling doorgemaakt. Nog maar vijf jaar geleden werd al het inspectiewerk gedaan door een groep van acht duikers, op min of meer conventionele wijze. In 1983 groeide het duikwerk echter opeens explosief. In 1984 omvatte het duikercorps 75 man. De Oosterschelde was de grootste duikput van Europa geworden, en misschien wel van de wereld.

Verantwoordelijk voor deze groei was in eerste aanleg een heel moeilijk en op onverwachte wijze in het zicht gekomen karwei: het ontblikken van de bodems van de pijlers. Met dit werk alleen al hebben een half jaar lang zo'n 30 tot 40 duikers hun brood verdiend.

De gevolgen van de groei in het duikwerk deden zich op een groot aantal gebieden gevoelen. De organisatie moest worden aangepast, de duiktechnieken werden sterk verbeterd, maar ook, en niet in de laatste plaats, werd er een grote sprong vooruit gemaakt in de duikmedische begeleiding. Een cursus op dit gebied werd in korte tijd samengesteld, en is inmiddels aan een man of zestig met succes gegeven. Ook werden de verouderde duiktabellen – de regels waaraan het duiken op verschillende diepten is gebonden – vervangen door nieuwe, die op recente medische kennis waren gestoeld. Deze ontwikkelingen voltrokken zich natuurlijk niet zonder slag of stoot. Er werd veel geëist van het menselijk aanpassingsvermogen; en met succes. Bij dit project zijn wonder weinig ongelukken voorgevallen.

In de jaren 1985 en 1986 staan nog enkele onderwateractiviteiten op het programma. Met name voor de dorpelbalkspinningen zal nog veel duikinspanning worden gevraagd. Het vertrouwen bestaat, nu er al zoveel ervaring is opgedaan en samenwerking tot stand gekomen, dat de nog overblijvende karweien zonder veel problemen zullen kunnen worden geklaard.

Geschiedenis

Al tijdens de bouw van de Zandkreekdam in 1959 werd bij de Deltadienst de behoefte gevoeld bepaalde asfaltpenetraties door een duiker onder water te laten inspecteren: men

wist zich er op geen andere wijze van te vergewissen of het asfaltschip 'Dorus Heymans' zijn werk goed had uitgevoerd. Voor dat doel werd een opzichter-duiker van de dienstkring IJmuiden overgeplaatst, en de vlet 'Katsplaat' aangepast voor duikwerkzaamheden. Ook bij de daarop volgende sluiting van de Veerse Gatdam moest duikwerk worden verricht. Tijdens en na deze afsluiting inspecteerde de rijksduiker periodiek ook getijdepalen langs de kust. Bij de afsluiting van de Grevelingen werden in het zuidelijk sluitgat ook weer de nodige inspecties door de duiker uitgevoerd. Daarna ging hij werken voor de uitbreiding van de pier te IJmuiden. In deze periode werd de 'Katsplaat' vervangen door het wat grotere motorschip 'Zuidvliet'. In 1964 en 1965, toen de afsluitingen werden voorbereid van het Haringvliet, het Volkerak en het Brouwershavense gat, liep het duikwerk terug. Waar nodig werd toen gedoken door een van tijd tot tijd ingehuurd particulier. In 1965, bij de sluiting van het Haringvliet, ontstond opnieuw behoefte aan een opzichter-duiker in vaste dienst. Hij trad aan in januari 1966, en verrichtte in de opeenvolgende fasen van de Deltawerken de meest verschillende diensten, onder andere bij de sluiting van het Volkerak, de Lauwerszee en het Brouwershavense Gat. Een in 1968 door de Arbeidsinspectie uitgegeven publikatie 'Aanwijzingen voor veilig duiken', gaf de Deltadienst aanleiding een tweede opzichter-duiker in dienst te nemen; het was toen november 1969. De toenemende vraag naar inspectie onder water maakte bovendien de ingebruikneming nodig van een tweede duikvaartuig, de 'Hillechien', met twee duikers aan boord. Na de voltooiing van de Brouwersdam, in 1972, bundelden zich alle krachten ter voorbereiding van de afsluiting van de Oosterschelde. Hiertoe was een omvangrijk pakket van inspecties voorzien, hetgeen ertoe noodzaakte in 1978 nogmaals enkele duikers aan te trekken via de aannemer, en de 'Katseveer' in de vaart te nemen – het derde duikvaartuig. Tot eind 1982 bleef een elftal duikers, waarvan er twee in rijksdienst waren, de inspectiewerkzaamheden uitvoeren; voor de Oosterscheldewerken, maar ook wel bij de Philipsdam of zelfs voor andere diensten van de Rijkswaterstaat. Zo hielpen ze bij de controle van tunnels, sluizen en bruggen in aanbouw.

Eind 1982 bleek bij het proefhijsen van een pijler dat de blikken platen onder de pijlervoet, die als afscheiding moesten dienen tussen de werkvloer en het constructiebeton, op verschillende plaatsen loslieten. Besloten werd,

voortaan het blik van alle pijlers voorafgaand aan het transport te verwijderen. Dat betekende werk onder water. Voor dit zeer omvangrijke karwei werd een contract gesloten met een maatschap waarin drie duikbedrijven samenwerkten. Er werd een ploegendienst ingesteld, waardoor er per week 168 uur kon worden gewerkt. Tegelijk vroegen nog andere werkzaamheden de aandacht, zoals inspectie van bodem en oevers, assistentie bij het leggen van funderingsmatten, verboeiing van ankerpalen en inspectie van voorloperkabels. Zo kwam het dat niet zelden 60 tot 70 duikers tegelijk in de Oosterschelde aan het werk waren.

In het begin van de beschreven periode, tot 1971, werd er gedoken in het zogenaamde Standaardpak, een duikuitrusting met koperen helm, loden schoenen en luchtvoorziening vanaf het begeleidende vaartuig. Toen er in de Oosterschelde inspectie moest worden verricht op bodembeschermingen van grote omvang, werd uitgezien naar een modernere uitrusting. De nieuwe keuze vergrootte de mobiliteit van de duiker vele malen, verbeterde de communicatie tussen duiker en schip, en was daarmee ook aanzienlijk veiliger. Deze uitrusting wordt nog tot op vandaag gebruikt. Tot de standaarduitrusting van een duiker hoort thans bovendien een videocamera.

De wisselende doorzichtigheid van het Oosterscheldewater veroorzaakt dat de inspecteurs het geheel van een waterbouwkundige constructie al gauw niet meer kunnen overzien. Zij moeten hun beeld opbouwen vanuit details die ze zien. De duikers dragen daardoor een grote verantwoordelijkheid voor het werk, maar ook voor zichzelf en hun collega's.

Organisatie

De uitvoering van de onderwaterwerkzaamheden wordt geregeld in een afzonderlijke overeenkomst tussen enerzijds de Rijkswaterstaat en anderzijds de vennootschap onder firma 'Duikcombinatie Oosterschelde', een onderaannemer van de uitvoerende aannemerscombinatie Dosbouw. Deze aannemer zorgt ervoor dat de werkzaamheden voor de kering worden gecoördineerd met de voortgang van het constructie- en montagewerk. Daarnaast heeft de Rijkswaterstaat aparte overeenkomsten afgesloten met verhuurders van duikvaartuigen, die aan de aannemer ter beschikking werden gesteld.

Van de zijde van Dosbouw is voor de coördinatie een team gevormd, bestaande uit een hoofd-uitvoerder van Dosbouw, geassisteerd door

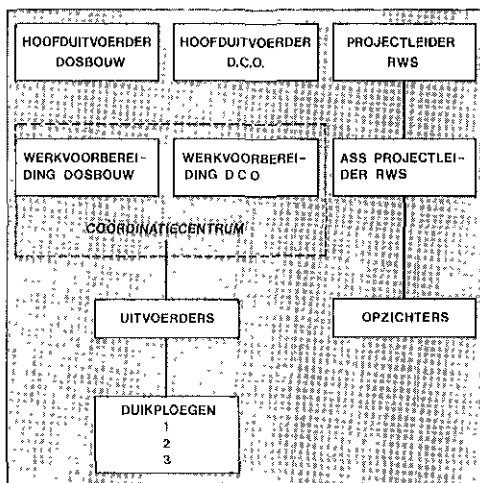


Fig. 1. Organisatie van de onderwaterwerkzaamheden

een paar werkvoorbereiders, en een hoofd-uitvoerder en uitvoerders alsook werkvoorbereiders van D.C.O., en tenslotte een aantal duikploegen. In verband met de veiligheid en de werkbaarheid dient een duikploeg te bestaan uit minstens twee duikers en een seinmeester. Het dagelijks toezicht van de zijde van de Rijkswaterstaat valt onder verantwoording van een projectleider, bijgestaan door assistent-projectleiders en opzichters.

De Duikcombinatie is in de eerste plaats een dienstverlenend bedrijf voor de voornaamste activiteiten binnen het Oosterschelde-project. Vanuit de deelorganisaties – die men op het werk doorgaans 'bedrijven' noemt – worden aanvragen ingediend voor het verrichten van onderwateractiviteiten. Daarbij wordt meege-deeld op welke termijn het voorgestelde werk volgens de planning moet zijn gerealiseerd. Het duikbedrijf inventariseert de aanvragen wekelijks en doet een voorstel voor uitvoering aan de aanvragers. Er is derhalve een voortdu-rend proces van prioriteitstelling aan de gang, temeer daar soms op korte termijn wijzigingen optreden in de deelplanningen.

Het coördinatiecentrum stelt tenslotte de volgorde vast van de uitvoering der duikop-drachten, zulks in overleg met de uitvoerder en duik-leider, en natuurlijk met de opzichter.

Afhankelijk van het belang van de operatie wordt aan de uitvoerder of opzichter terstond na de uitvoering verslag uitgebracht. In alle gevallen wordt een officieel duikrapport opgemaakt, dat via het coördinatiecentrum wordt ingestuurd bij de projectorganisatie. Men heeft dus bewust gekozen voor de gedachte: één dienstverlenende organisatie voor alle onderwateractiviteiten. Deze methode heeft het voordeel, boven het per bedrijfsonderdeel afsluiten van deelcontracten, dat een meer efficiënte inzet van de duikers mogelijk wordt, en leegloop wordt voorkomen. Een nadeel kan zijn dat er bij onvoldoende duikcapaciteit prioriteiten moeten worden gesteld, waardoor sommige bedrijven vertraging ondervinden. Dat laatste diende te allen tijde te worden voorkomen.

Reeds verrichte werkzaamheden

We geven nu eerst een overzicht van de vele verschillende werkzaamheden die de duikcombinatie al ten behoeve van de Oosterscheldekering heeft uitgevoerd. Sommige daarvan worden in het vervolg van dit artikel meer in bijzonderheden beschreven.

Bij de drie hoofdtypen van bodembescherming aan weerszijden van de as van de kering is in gelijke mate sprake geweest van inspectie van gemaakt werk door duikers. Bij de blokkenmatten werd terstond na het leggen door de 'Dos I' gecontroleerd of er geen overlappingsen waren opgetreden. Hetzelfde gebeurde na het leggen van steenasfaltmatten door de 'Jan Heymans'. Wat de asfaltmastiek betreft werd er na iedere dagproductie nagegaan of er aanleiding was het mengsel van de mastiek aan te passen. Na het ontzanden van de asfaltmastiek werd gekeken of er voldoende overlap was bereikt, en tegelijk werden er diktemetingen uitgevoerd; bij twijfel werden er vanaf de 'Hillechien' kernboringen uitgevoerd. Verder werden er op de bodembescherming extra-inspecties uitgevoerd wanneer daar reden voor was; het meest zorgvuldig werd daarbij de rand van de bodembescherming in de gaten gehouden. De grondverbetering in de as van de kering werd geïnspecteerd vanaf de 'Johan V'. Bij de 'Mytilus' werd assistentie verleend wanneer er gebroken trilnaalden moesten worden geborgen. Ook werden de laagdiktes van het beschermende grind van de grondverbetering gemeten. Zeer omvangrijk waren de inspectiewerkzaamheden die moesten worden verricht bij het leggen van de funderingsmatten voor de kering, het zogenaamde 'CARJAN'-bedrijf. Om te beginnen werd bij het leggen van de proefmat nagegaan hoe het natrillen met de trilplaat

verliep. In de operationele fase waren de duikers steeds paraat bij het leggen van onder- of bovenmatten. Ze voerden reparaties uit aan niet te omvangrijke beschadigingen in de mat, en inspecteerden of de bovenmatten geheel vrij waren van stenen. Met monsterpijpen werden monsters getrokken in de 3 m brede ruimte tussen twee aangrenzende matten. Ook waren er duikers bij om wanneer het losmechanisme van een kop- of staartbalk faalde, volgens een noodprocedure een hydraulische slang aan te brengen op de balk, zodat die alsnog functioneerde.

Verder werden door duikers de draden van de inspectieslede 'Asterias', achter de 'Cardium' geïnspecteerd, en eveneens de kopkant van de grindwiepenmatten, wanneer die werden gelegd door de combinatie 'Jan Heymans'-'Sepia', alsook de afstand van de grindwiepenmatten ten opzichte van de rand van de bovenmatten. De verongelukte bovenmat H13 werd door duikers geborgen.

Bij de gecombineerde activiteiten van de 'Macoma' en de 'Ostrea' werden de billen van de pijlers geïnspecteerd. De grindzak rondom de pijlervoet werd behalve vooraf ook achteraf, na het plaatsen, door duikers op deugdelijkheid bekeken. Tijdens de gehele plaatsingsoperatie waren duikers stand-by. Ook bij de ankerbehandeling speelden de duikers een rol. Zo werden de voorloperkabels en de ankerpalen regelmatig geïnspecteerd, en werden zo nodig de voorlopers verbodend of verwisseld; duikers brachten ook secundaire ankervoorzieningen aan.

De pijlers die in het sluitgat waren geplaatst werden gecontroleerd op schade, en eventueel gerepareerd. Daarbij kwam het verwijderen van damwandschotten en het verwisselen van lekkende zandkleppen.

Het drempelbedrijf is intensief door duikers begeleid. Voor de 'Trias' werden te hoog liggende stenen verwijderd, en de asfaltzakken die tegen de pijlerwand waren gevlijd werden op ligging en beschadiging gecontroleerd. Dan blijven nog over de hulpwerkzaamheden die de duikers verrichtten aan werkschepen en havens. Voor de werkschepen werden zink-ankers aangebracht, schroeven geïnspecteerd en geklaard en koelwaterinlaten schoongemaakt. In de havens werden slibmonsters getrokken, remmingwerken en taluds geïnspecteerd. Toezicht werd gehouden op het trekken van palen.

Bij het uitvoeren van inspectiewerkzaamheden aan de bodembescherming bleek vooral een nauwkeurige plaatsbepaling van belang voor het welslagen van reparaties. Men gaf daartoe aan de duikers een eenvoudig zendertje mee. Daarmee kon men makkelijk zijn positie en die

van door hem opgemerkte schades vaststellen. In een volgend stadium konden reparateurs die een ontvanger bij zich hadden naar een positie worden toegepraat. Een eerste duiker maakte dus, gewapend met het zendertje, dat in de loop van de tijd nog verbeterd werd – namelijk verkleind en handiger opgehangen – enige zoekslagen over de bodembescherming. Vanaf het werkschip werd hij gevolgd; daar verschenen op beeldschermen telkens de coördinaten van zijn positie. Proeven met deze apparatuur leverden binnen redelijke afstand van het duikvaartuig goede resultaten op, zodat kon worden overgegaan tot operationele toepassing.

In samenwerking met de ponton 'Johan V' heeft de duikklok inspecties uitgevoerd naar de bodemopbouw in de as van de stormvloedkering. Daaruit bleek onder meer de noodzaak van gedeeltelijke grondverbetering en algehele verdichting. Naderhand is met dezelfde hulpmiddelen controle uitgevoerd op de resultaten van de verdichting. Vanuit de klok werden in totaal ruim 750 sonderingen en dichtheidsmetingen uitgevoerd, en ruim 150 boringen.

Bij het leggen van funderingsmatten, waarmee in het voorjaar van 1983 een begin werd gemaakt, traden aanvankelijk nogal veel beschadigingen op. Besloten werd die vanuit een onderwaterwerkkamer door duikers te laten repareren. Het schade-oppervlak varieerde van 10 tot 30 m².

Scheuren in het filterdoek moesten nauwkeurig worden hersteld, nieuwe pennen door delen van de mat heengeschoten om de samenhang te waarborgen, en deze pennen moesten dan ook weer worden geborgd. De reparatie-eenheid voor dit werk was in feite zeer uitgebreid. Ze bestond uit het basis-schip 'Johan V', een duikklok voor het vervoer van de reparateurs, de onderwaterwerkkamer en twee decompressietanks, waarvan er één aan de duikklok kon worden gekoppeld, terwijl de andere diende als reserve, en ondertussen gebruikt werd voor ander duikwerk in de omgeving. Maar wanneer de 'Johan V' niet zelf kon ankeren in het werkgebied, positioneerde hij zich door vast te maken aan de verankerde 'Cardium', zodat tenslotte ook dit reusachtige en kostbare werkschip bij de operatie betrokken werd, en zijn overige werk moest uitstellen. Juist vanwege dit laatste stond er grote druk op de onderwaterwerkzaamheden, en werden er middelen beraamd om de netto arbeidstijd onder water te verlengen. Bij de beschreven opstelling haalde men 8 tot 10 uur per etmaal. Omdat er maar één decompressietank aan de

duikklok kon worden gekoppeld, moest de tweede werkploeg wachten tot de eerste, na vier uur onder water, drieënhalve uur decompressietijd had gehad. Een oplossing werd gevonden in het gebruik van een decompressietank met drie kamers die onafhankelijk van elkaar onder een bepaalde druk kunnen worden gehouden. De duikers konden daardoor langzaam doorgesluisd worden; het blijkt dat op die manier een netto-werktijd kon worden verkregen van 24 uur in theorie, maar in de praktijk 20 tot 21 uur, uitgevoerd in een vijfploegendienst. Een belangrijk detail van het werk was telkens weer de overdracht van het karwei aan de volgende ploeg, en de opgave van de stand van het gereedschap en het hulpmateriaal.

De onderwaterwerkkamer werd vanaf de 'Johan V' aan twee hijsdraden op de bodem afgevierd. Om juiste plaatsbepaling te kunnen garanderen gebeurde dat alleen bij stroomsnelheden kleiner dan een halve meter per seconde. De 'Johan V' beschikte over in totaal zes lieren en een uitgebreide hijsconstructie, met daarop een bordes waarvandaan zowel de navelstreng van de duikklok als de werkkamer vertrokken. Ook een aantal lage- en hogedrukcompressors behoorden tot de uitrusting. De decompressietanks bleven aan boord van de 'Johan V'. De duikklok had een gewicht van tien ton, en kon vier duikers tegelijk vervoeren. Er zat een bodemflens aan en een zijflens, zodat hij op twee plaatsen kon worden gekoppeld; in de praktijk werd de zijflens gebruikt voor het aankoppelen van de decompressiekamer en de bodemflens voor de sluis naar de werkkamer. Als eerste werd, bij de aanvang van een reparatie, de onderwaterwerkkamer, de zogenaamde 'habitat' afgevierd. Dit kon nog op hellingen van 1:6. De werkkamer woog 85 ton en mat 6 bij 3 bij 2,5 meter. De onderzijde ervan was matvriendelijk uitgevoerd: hij bestond uit een rubberrand die maximaal een druk uitoefende op de bodem van 1 kg/cm². De kamer werd neergezet evenwijdig aan de stroomrichting, en dan onder een druk gebracht die overeenkwam met de waterdiepte ter plekke. Het netto-werkoppervlak binnen de kamer bedroeg 3 bij 6 meter. Bij reparaties over een groter oppervlak werd de kamer tussentijds verplaatst. Er zaten aansluitingen in voor de pompen en voor werkverlichting, voor werklucht, camera's en reparatiematerieel dat speciaal voor dit doel werd ontworpen, zoals een met de hand bedienbare filterdoeknaaimachine, een pennenschietier en een penborger, en opslagrekken met reparatiemateriaal. De werkkamer is ook wel bij ander werk gebruikt, zoals onderzoek naar verstoringen in

het losgestorte filter, en zelfs als ruststation voor duikers, die daardoor hun bodemtijd konden verlengen.

Toen het moment gekomen was om de pijlers uit het bouwdok te tillen en over te brengen naar de sluitgaten, bleek dat de platen van blik waarop ze stonden, in veel gevallen van de pijlerbodem loslieten. Dit maar zo te laten was uitgesloten: de loshangende platen zouden de 'Ostrea' maar ook de al gelegde funderingsmaten kunnen beschadigen. Het blik van de middenvelden moest in elk geval verwijderd worden. Eerst gebeurde dat terwijl de pijler vrij in de kabels van de 'Ostrea' hing. Onvlakheden in de werkvloer, de geringe werkhooft bij laag water en de veiligheid van de duikers maakten dat toch minder wenselijk. Bij gebruik van zwaar gereedschap dienen duikers afge-

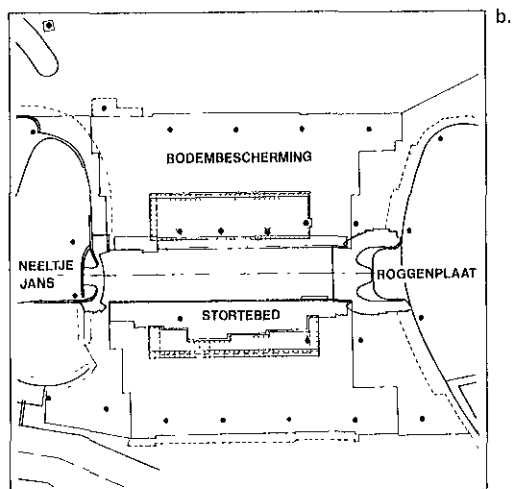
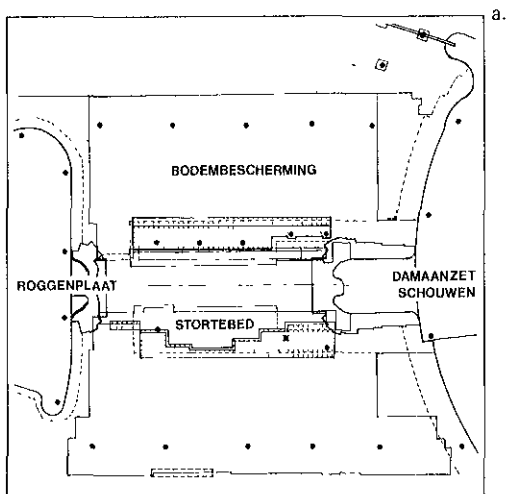
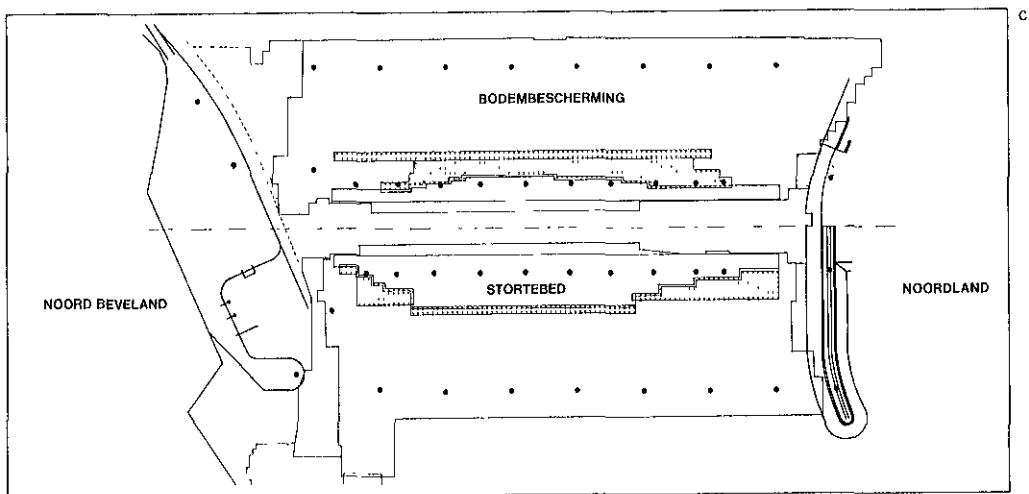
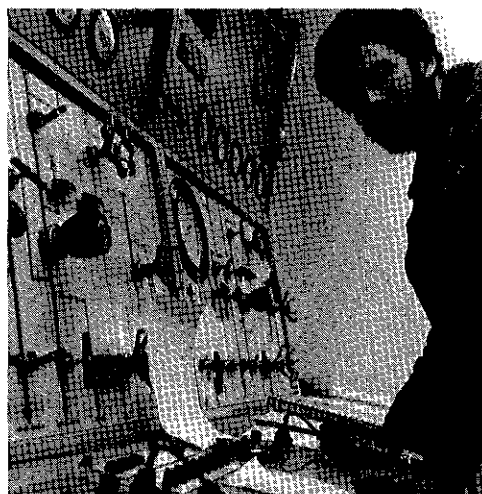


Fig. 2. Overzicht van de inrichting van de sluitgaten in de Hammen (a), de Schaar van Roggenplaat (b) en de Roompot (c)





steund te kunnen werken. Anders worden zij zelf aangedreven in plaats van hun gereedschap. Voortaan plaatste men de pijlers op twee mikbalken. Voor de duikers werden ter beveiliging betonnen constructies ontworpen, waaronder zij veilig konden werken. De platen langs de pijlerbillen en de dwarsbalken werden losgeknipt en verwijderd.

Deze werkzaamheden werden aanvankelijk verricht vanaf de duikvaartuigen. Maar er bestond al spoedig behoefte aan een meer uitgebreide uitrusting. Eerst werd de 'Johan V' ingezet, omdat die al voor duikwerk was ingericht, en inmiddels gereed was met het grondonderzoek. Deze ponton is tamelijk groot - 20 x 30 m - en moest met het oog op de aard van het werk tamelijk zwaar worden verankerd. Daarbij kwam dat die verankering al te vaak weer moest worden opgebroken omdat de 'Ostrea' erlangs moest. Daarom werd een tweede, kleinere ponton te werk gesteld, de 'CO 18', 35 bij 13 m groot. De 'Johan V' werkte met twee ploegen van 12 duikers; maar in de drukste periode werd ook vanaf de 'CO 18' continu gedoken door zes duikers in vierploegendienst. Er waren dan veertig tot vijftig duikers tegelijk aan het werk, en dat vereiste weer de nodige seinmeesters en ondersteunend apparaat.

Overigens bleef het werk onder water in het bouwdoek niet beperkt tot ontblikken alleen. Daarnaast moesten de grindkoffers en de grindzak worden schoongemaakt en verzwaard. Hijsvlakken moesten worden gereinigd en hijsklauwen geïnspecteerd. Hing de pijler eenmaal in de 'Ostrea' dan werd de onderzijde geïnspecteerd, en maatregelen genomen op grond van die inspectie. Ook werd een bliksemgeleiding aangebracht.

De pijlers werden afgevierd op plaatsen in de sluitgaten waar tevoren funderingsmatten waren gelegd: grote ondermatten, kleine bovenmatten (Bericht 107, februari 1984). Tussen twee opeenvolgende ondermatten werd steeds een ruimte van drie meter openge laten, die later werd verdedigd met een losgestort filter, op zijn beurt weer afgedekt met grindwiepenmatten. Tussen die verdediging en de bovenmat bleef een klein slootje over, dat in een later stadium zou worden gevuld met stortsteen. Hier bleek zich zand af te zetten, vermengd met kokorwormen. Dit moest worden opgeruimd, en men besloot dat te doen met behulp van een zogenaamde 'airlift', een hoge-luchtdrukapparaat, dat zijn zuigkracht ontleent aan de toevoer van lucht bij de monding van de grote slang. Door de diameter van deze slang te variëren kon de zuigkracht worden verhoogd of verlaagd. Voor het verwijderen van stenen op locatie Hammen 16 werd bijvoorbeeld een 12-duims slang gebruikt, met behulp van een kraan bediend vanaf de 'Manus'.

Problemen hield men met het mosselzaad, dat ook in die slootjes voorkwam, en zich niets aantrok van het hogedruk-apparaat. Na verbetering van de werkmethode werd het karwei alsnog geklaard. De kleine mosseltjes werden losgemaakt en opgevangen in een kooi achter de airlift. Zou het zaad weer terugvallen in de sloot, dan was alle moeite voor niets geweest. Deze kooien werden op een ander punt van de Oosterschelde geleegd.

Bij de opbouw van de drempel tussen en rondom de geplaatste pijlers moesten maatregelen genomen worden om schade door vallende stenen aan de pijlers te voorkomen. Zo was er onder meer een beschermende constructie gebouwd rondom de schuifspinnin gen. Maar die heeft door schurende werking zelf wat betonschade opgeleverd: op zes pijlers moesten in totaal 16 vrij ernstige beschadigingen worden geconstateerd, variërend in oppervlakte van 1 tot 2,5 m en oplopend tot 10 cm diepte. De reparaties moesten worden uitgevoerd op N.A.P. -9m. Om een bekisting aan te kunnen brengen en die vol te storten met reparatiebeton, moesten de duikers onder stromingvrije omstandigheden kunnen werken. Daartoe werd een beschermende kofferdam ontworpen, met een gewicht van 50 ton. Deze kofferdam werd op de reparatieplekken aan de noord- en zuidzijde van de pijlers neergezet door de bok 'Zeeland', en vervolgens vastgezet met vier vijzels van 200 ton en met een aantal draden geborgd. Als operatiebasis diende een werkplatform op N.A.P. +5m, bevestigd in de

Duikvoorbereidingen aan
boord van de 'Johan V'

De veiligheid wordt bewaakt
vanuit de controlekamer

bovenbalkspanning. Van daaruit werd de hydrauliek geregeld en werd gezorgd voor werk- en duiklucht en de communicatie met de duikers.

De werkers achter het stroomscherm stelden allereerst de schade ter plaatse vast, en tekenden dan met een boormal de gaten af die geboord moesten worden, en plaatsten daarin ankers, zowel voor de bekisting als voor het reparatiebeton zelf. Het reparatiegebied werd vervolgens gezandstraald en de bekisting geplaatst en gevuld. Wanneer de betonmortel was verhard, werd de bekisting verwijderd en het resultaat van de actie beoordeeld.

De beschutte werkplek maakte het mogelijk de reparaties met de vereiste precisie uit te voeren.

Bij de opbouw van de drempel werden eerst fijnkorrelige materialen aangebracht, maar in de bovenste laag komen stenen te liggen van één tot drie ton.

Het is de bedoeling dat deze stenen niet uitkomen boven het niveau van de dorpelbalkspanningen. Anders bestaat het gevaar dat de dorpelbalken gaan dragen op zo'n steen, en daar zijn ze niet op gebouwd. Normaal wordt de hoogteligging van de aangebrachte stenen gemeten met behulp van de peilplaat van de 'Trias', maar binnen een zone van twee meter rondom de pijler wilde men het risico niet lopen dat de inspecterende 'Trias' door een onverhoedse golf tegen de pijler zou worden gezet, en hem zou beschadigen. Om toch een goed inzicht te krijgen in de ligging van de stenen in dit vitale gebied, werd in eerste instantie besloten *duikinspecties te verrichten*. De duikers zwommen voor deze inspectie eerst naar de dorpelbalkspanning, en ijkten daar op het bekende bodemniveau hun drukdoos. Dan daalden ze verder af langs het talud van de drempel, en plaatsten hun drukdoos op het hoogste punt in het stenenveld dat ze onderweg tegenkwamen. Op deze wijze zwommen ze een opgegeven gedeelte af, en zetten na afloop hun drukdoos weer op het punt van uitgang. Als er nergens lagere waarden werden gemeten, lag de drempel daar blijkbaar goed.

De meetgegevens gingen ter beoordeling naar het drempelbedrijf. Werden er te hoog liggende stenen aangetroffen, dan kreeg de groep Onderwateractiviteiten de coördinaten daarvan. Die werden dan nog een keer nagemeten, en de steen met verf gemarkeerd. Later werden in deze stenen gaten geboord, waarin Liebig-veiligheidsankers werden aangebracht (figuur 3). Op een sluiting die 9,5 ton trekkracht verdraagt, werd tenslotte een 20 m lange strop gezet, die voorlopig op de pijler werd vastgemaakt. Later

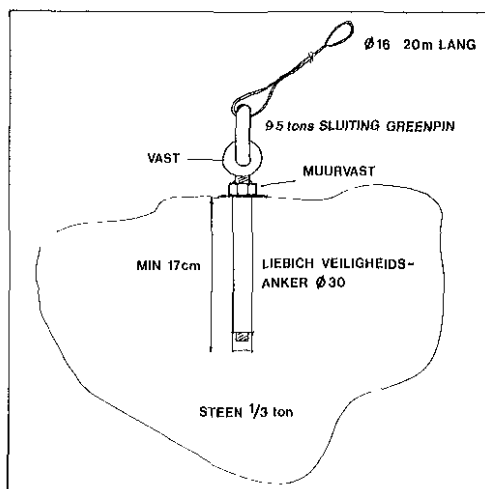


Fig. 3. Ophijsbaar maken van een te hoog liggende steen met behulp van het Liebig veiligheidsanker

kon de steen daarmee uit de drempel worden getrokken.

Later werd dat werk uitgevoerd met een profielopnemer aan boord van de 'Wijker Rib'.

Nog uit te voeren werk

Wat er nog aan duikwerk te doen staat bij de voltooiing van de Oosterscheldekering zal voornamelijk in betrekking staan met de plaatsing van onderdorpelbalken, de inspectie van de bodembescherming en de bewaking van de rand van de bodembescherming. We geven een kort overzicht.

Het plaatsen van onderdorpelbalken begint in juli 1985. Daartoe moeten door duikers eerst allerlei obstakels worden verwijderd: damwand-schermen, betonplaten en andere platen, terwijl de sponningen voor de dorpelbalken moeten worden schoongemaakt en geïnspecteerd. De werkdiepte ligt tussen N.A.P. -13 en -19 m.

Met het verwijderen van de damwandschermen, die destijds werden geplaatst om te voorkomen dat steen de sponning zou raken bij de opbouw van de drempel, is inmiddels een begin gemaakt. Er worden met thermische lansen of andere brandapparatuur gaten in gemaakt waar stropen door kunnen worden gestoken om ze met kranen weg te tillen.

Uit inspecties van de sponningen is al gebleken

dat de betonwand begroeid is geraakt met mosselen, oesters en zeepokken. Hier en daar werden lagen mosselen aangetroffen van 40 cm dik. Om aangroei in de sponningen ter plaatse van de vijzelaanslagen in ieder geval onmogelijk te maken zijn destijds in het bouwdoek al voorzieningen getroffen. Er werden twee betonplaten aangebracht op de bodem, en stalen platen aan de zijwand van de sponningen. Als deze beschermingsmiddelen zijn verwijderd kan een begin worden gemaakt met het reinigen van de sponningen. De wijze waarop dat gebeuren zal, moet nog nader worden vastgesteld: *geheel mechanisch dan wel met behulp van duikers.* De sponning dient mosselvrij te worden opgeleverd, en de betonwand dient ter plaatse van de aanslagen vrij te zijn van iedere begroeiing.

Het schoonmaakwerk mag de werkcyclus van de combinatie 'Macoma'-'Taklift 4' niet beïnvloeden. De schoonmaakkploeg dient daarom een maand of drie, vier voor de werkschepen uit te werken. Om aangroei in de tussenliggende periode te voorkomen zal een bewakingssysteem worden opgezet, dat ervoor zorgt eventuele nieuwe zeepokken of mosselzaad tijdig te verwijderen. De laatste inspectie vindt plaats 12 of 24 uur voor de plaatsing van de betreffende dorpelbalk. Tijdens de plaatsing wordt een ploeg duikers in gereedheid gehouden om bij calamiteiten te kunnen helpen. Ook de dorpelbalken zelf worden voor ze het bouwdoek verlaten in de takels van de 'Taklift 4', nog door duikers geïnspecteerd: het bovenvlak, de groutvulzels met hun aansluitingen en de oppakvlakken van het hijsframe. De werkdiepte varieert hier van N.A.P. -7 tot -5 m.

De bodembescherming in de sluitgaten dient bij voortduring te worden bewaakt. Het belang daarvan is de stabiliteit in de omgeving van de kering. *Zou een deel van de bodembescherming bij voorbeeld omklappen, en men zou dit niet merken, dan begonnen daar ter plaatse al spoedig ontgrondingskuilen te ontstaan.* Eens in de zes weken wordt daarom aan de hand van peilingen nagegaan of zoiets zich heeft voorgedaan, en indien ja, geeft een duikinspectie ter plekke uitsluitel over de omvang van de schade. In de tijd dat de dorpelbalken worden geplaatst in achtereenvolgens de sluitgaten Hammen, Schaar en Roompot zal de stabiliteit in die sluitgaten extra worden bewaakt. Doordat de stroomsnelheden toenemen als gevolg van de vernauwing in de doorgang, wordt de kans op het ontstaan van schade ook iets groter. Verder wordt de kwaliteit van de bodembescherming in de gaten gehouden omdat er gaten in kunnen worden gemaakt door ankers of ankerdraden, met name in de

buurt van de vaste ankerpalen. Ook voor deze controles geldt dat duiken een vervolgactie zal zijn van eerder uitgevoerde peilingen. Een groot gedeelte van de bodembescherming ligt op dit moment onder het zand. De vernauwing van het sluitgat zal dit zand goeddeels doen verdwijnen, en dan wordt inspectie zeer zinvol, elke maand bij voorbeeld een bepaald oppervlak.

Andere punten van aandacht zullen zijn de ontgrondingskuilen aan de rand van de bodembescherming, het stortbed, en bestorte en onbestorte onderdelen van de bodembescherming. De werkzaamheden moeten worden uitgevoerd op diepten variërend van N.A.P. -10 tot -70 m; dit laatste in de ontgrondingskuilen. Voor deze diepten zal de duiktechniek moeten worden aangepast, bij voorbeeld door het luchtgasmengsel te wijzigen, of door gebruik van de duikklok.

Veiligheid

Het uitvoeren van duikwerkzaamheden stelt hoge eisen aan de duikkundigheid en de fysieke en mentale toestand van de duiker. Men dient zich te realiseren dat de duiker zich begeeft in een omgeving waaraan hij zich alleen met behulp van goed geïntegreerde cerebrale functies doelmatig en verantwoord kan aanpassen. De duiker moet daarom een rustige, evenwichtige persoonlijkheid zijn, wars van overdreven prestatiezucht, in staat om verantwoordelijkheid te dragen voor maximale duikveiligheid van zichzelf en zijn mededuiker. Voor het uitvoeren van duikwerkzaamheden moet men beschikken over een goede conditie. De effectieve externe arbeid die men kan verrichten onder water, wordt beperkt door de *ademarbeid, die afhankelijk van het type ademgas toeneemt bij het duiken naar grotere diepten.*

Bij iedere duik kunnen zich onverwachte situaties voordoen: plotselinge koude, stroming, angst, verwondingen, duikongevallen en defecten aan de apparatuur. Hieraan kan het hoofd worden geboden door een goede conditie, en een grote mate van koelbloedigheid en duikkundigheid. De duikveiligheid wordt mede bepaald door de kennis voor wat betreft het voorkomen, herkennen en behandelen van duikerziekten en duikongevallen.

De duikmedische keuring die een duiker moet ondergaan, dient een meervoudig doel en is voornamelijk preventief gericht op het herkennen van afwijkingen, ziekten en medicamenten die een verhoogd risico tot gevolg hebben of kunnen hebben bij het duiken.

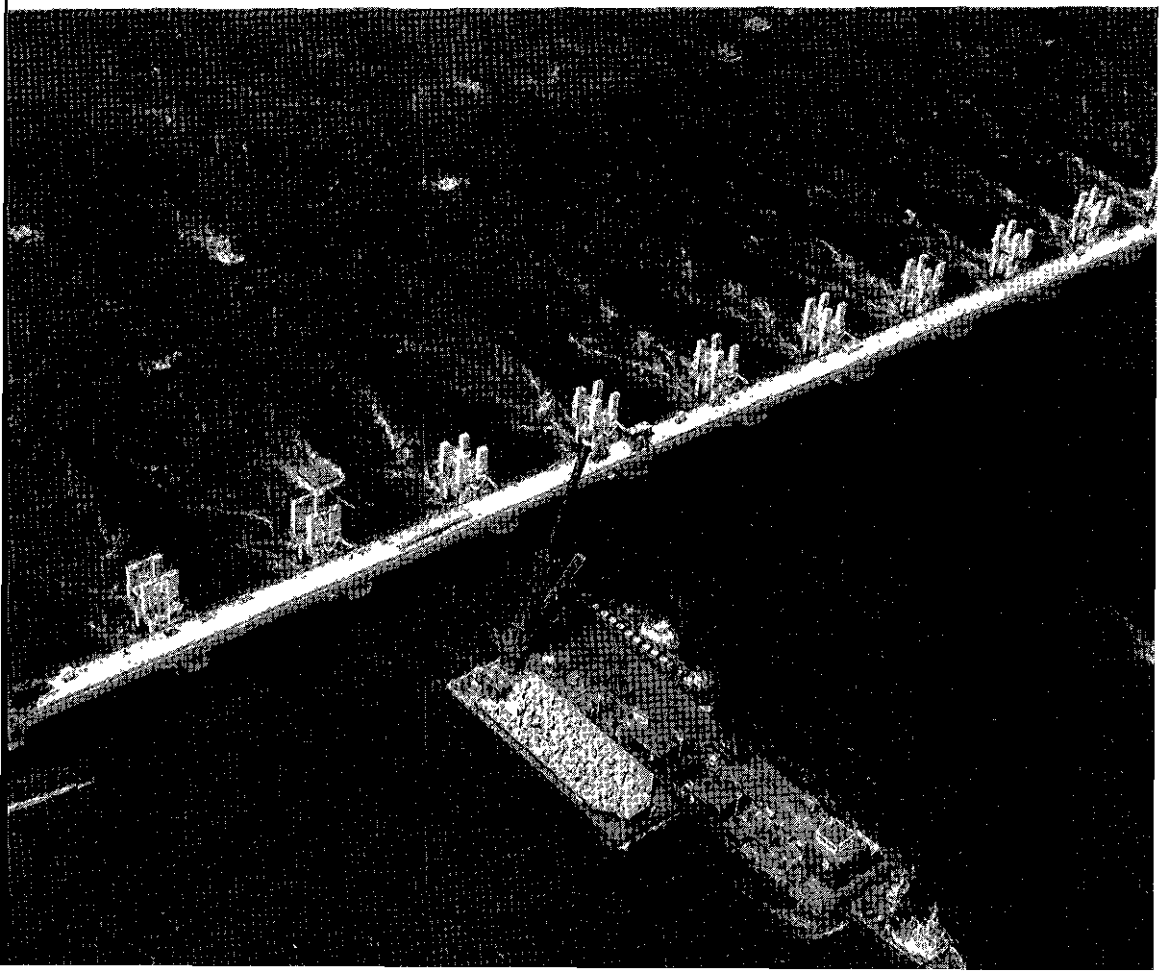
Duikongevallen zijn meestal het gevolg van het onvoorzichtig gebruik of het niet naleven van de veiligheidsvoorschriften betreffende het duiken; ze berusten slechts zelden op een technische storing van het ademapparaat. In de veiligheidsvoorschriften zijn de voorwaarden zeer zorgvuldig omschreven waaraan de conditie, de duikuitrusting en de duiktechniek moeten voldoen om een optimale duikveiligheid te garanderen.

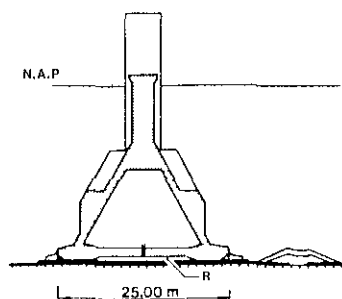
Voorals luchttembolie en decompressieziekte zijn voor duikers levensbedreigende beroepsziekten. Alleen zeer snelle en adequate hulp kan hier levensreddend zijn. Voor beide aandoeningen geldt, dat een onmiddellijke behandeling in een compressiekamer niet alleen noodzakelijk is, maar ook de enige juiste therapie.

Ook bij twijfel aan de juistheid van de diagnose luchttembolie en decompressieziekte dient toch

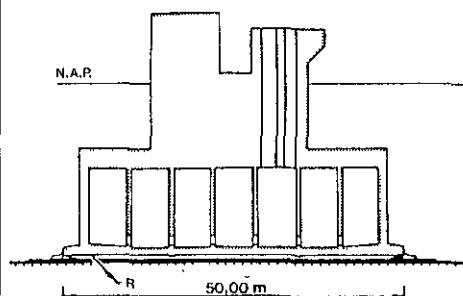
een behandeling in een compressiekamer te worden geïnitieerd. Het is belangrijk de recompressie zo spoedig mogelijk te starten; voortzetting ervan nog uren na het manifest worden van de aandoening, kan nog aanzienlijke verbetering tot zelfs volledige verdwijning van de symptomen bewerkstelligen.

Medische problemen bij het duiken kunnen worden gerelateerd aan de soort van duik en de apparatuur die wordt gebruikt of niet wordt gebruikt. De oudste en eenvoudigste vorm van duiken is het duiken zonder ademapparaat. Maar als een duiker perslucht of een ander gasmengsel onder druk inademt, loopt hij kans een ziekte te krijgen. Als een duikongeval plaatsvindt, moet men zoveel mogelijk informatie verzamelen over de omstandigheden van de duik, omdat dit een juiste diagnose bevordert. Voor het duiken zijn vele decompressietabellen





R = TE INSPECTEREN RUIMTE



in gebruik maar in vrijwel geen enkele van de tabellen die vrij te verkrijgen zijn, is een ideale combinatie bereikt tussen veiligheid, ook op de langere duur, en optimale werkbaarheid. Omdat het onder water gaan voor een groot gedeelte een puur medische aangelegenheid is, en in de Oosterschelde van tevoren bekend was dat de duikers in ploegendienst moesten werken, is na een inventarisatie van de medische kennis en de toepasbare decompressietabellen in oktober-november 1983, de noodzaak aangetoond om de duikers op medisch vlak bij te scholen. Vrijwel op datzelfde moment trok de Arbeidsinspectie de verouderde richtlijnen, voorschrift P78, in met de mededeling dat de opdrachtgever verantwoordelijk bleef voor de inzet van de duiker. Hierdoor werd des te duidelijker dat de Rijks-waterstaat en de aannemerscombinatie

- 1 FUNDERINGSMAT
- 2 PIJLER
- 3 GRINDZAK
- 4 INSPECTIE-OPENING
- 5 TE INSPECTEREN RUIMTE

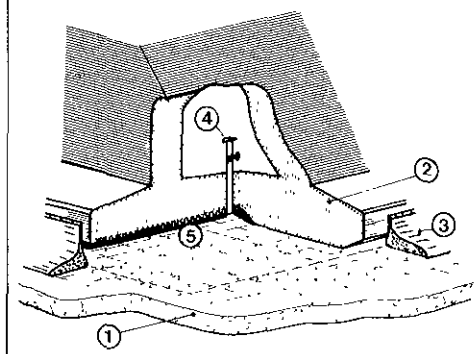


Fig. 4. Dwars- en lengtedoorsnede van een pijler

Fig. 5. Detail van de pijlervoet

Dosbouw een werkgroep in het leven moesten roepen die binnen zeer korte tijd onafhankelijk moest rapporteren. De werkgroep, die bestond uit ambtenaren, artsen en onafhankelijke deskundigen rapporteerden op 2 februari 1984 aan de projectleiding. Het rapport werd goedgekeurd en het directe gevolg was dat er een opleiding werd begonnen op twee gebieden: een algemene duikmedische opleiding en een para-medische opleiding voor behandeling in een decompressietank onder supervisie van een duikerarts.

De eerstgenoemde opleiding is van start gegaan in mei 1984. Deze cursus omvatte 10 cursusdagen. Hij is nu driemaal gegeven en door 60 duikers, seinmeesters en uitvoerders gevolgd.

Een onafhankelijke examencommissie en een college van curatoren zijn erin geslaagd

- 1 SLUIS
- 2 HANDLIER
- 3 VAARTUIG
- 4 KOMPASBUIZEN
- 5 BEDIENINGSLESSENAAR
- 6 STIKSTOFFLES
- 7 VIDEO-RECORDER
- 8 APPARATUUR VOOR ZANDDIKTEMETING

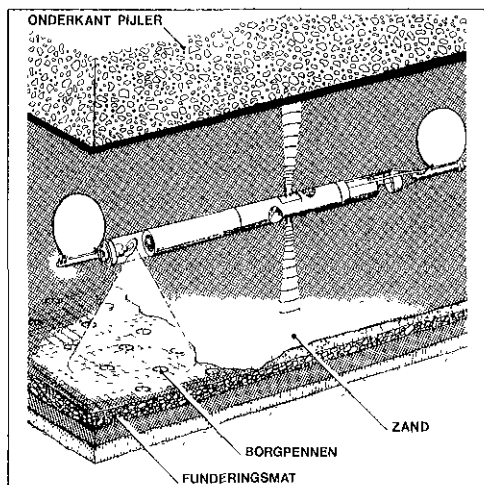
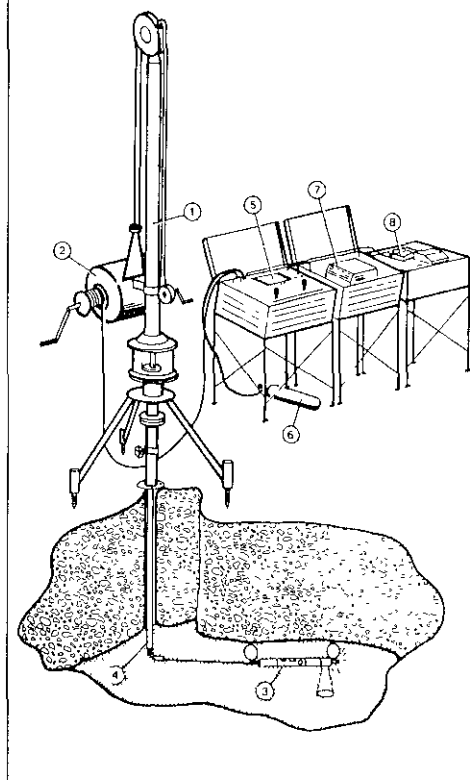


Fig. 6. Opstelling van de 'Trigla'

Fig. 7. De 'Trigla' in actie

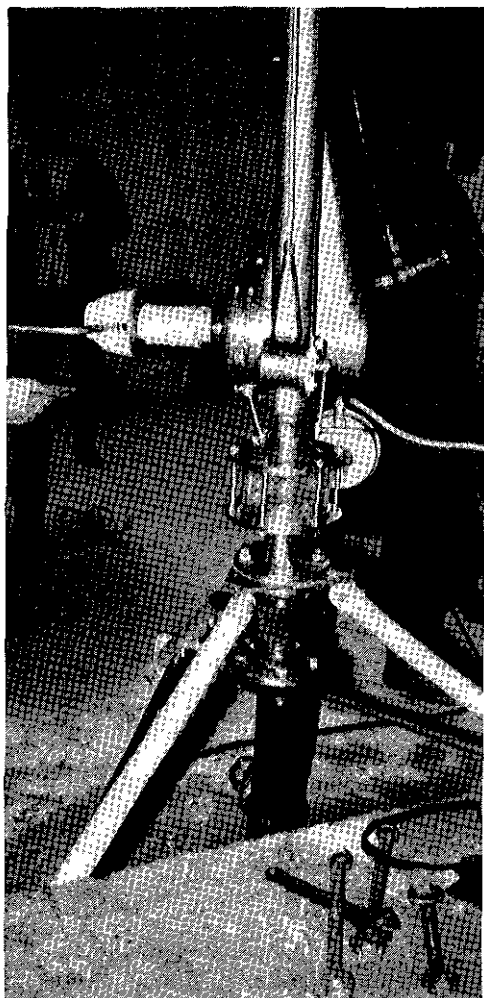
internationale erkenning te verkrijgen voor deze cursus. In Nederland werd druk uitgeoefend om de wetgeving te moderniseren. Ook hierbij had men succes. De duikwetgeving geniet thans prioriteit op het ministerie van Sociale Zaken. De paramedische opleiding is gestart in oktober-november 1984. Op dit moment is de derde duiker in opleiding bij en onder direct toezicht van terzake deskundige artsen.

De geslaagden van de opleiding zullen ééns per jaar een aantal dagen her- en/of bijscholing krijgen. Het college van curatoren zal moeten zorgdragen dat de opleidingen, ook na beëindiging van het project in de Oosterschelde, door kunnen blijven gaan in het belang van de Nederlandse duikinspanning.

Mechanische inspectie

Duikers kunnen veel, maar ze kunnen niet alles. Onder andere kunnen ze niet doordringen in ruimten of via toegangswegen die te nauw zijn voor het menselijk lichaam. Daarvoor is een mechanisch inspectiemiddel ontworpen. Ook sommige afmattende routine-inspecties, zoals die op de ligging van de funderingsmatten en de aanzanding daarop bleken uitstekend met een onbemand inspectievoertuig te kunnen worden verricht. Van enkele mechanische hulpmiddelen volgt nu nog een beknopte omschrijving.

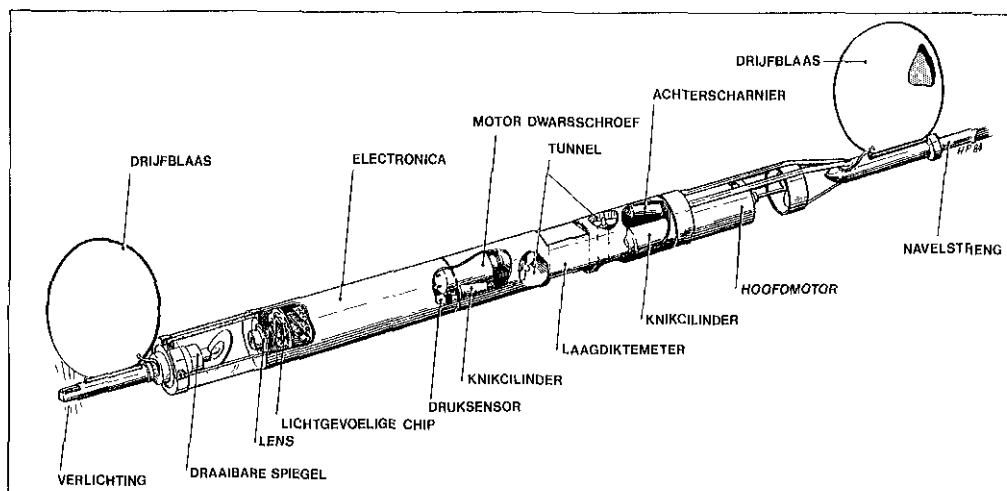
Om er zeker van te zijn dat alle pijlers op de juiste wijze op hun funderingsmatten staan is inspectie nodig van de ruimte onder de pijlers, per stuk over een oppervlakte van 14 bij 50 m. Onder de pijlers is echter maar een holle



ruimte aanwezig van 35 cm hoog. Deze ruimte moet uiteindelijk worden volgespoten met een betonmortel, om het contact met het funderingsbed zo groot mogelijk te maken. In deze ruimte mag dan echter geen begroeiing meer aanwezig zijn tegen de onderkant van de pijler, en geen aanzanding op de mat eronder, althans niet meer dan een halve centimeter. Om een en ander te controleren zijn bijzondere voorzieningen getroffen. Een speciaal zuigapparaat kan aangetroffen ongerechtigdheden wegzuigen door de 47 mm wijde buizen die in de voet zijn ingegoten voor het inspuiten van de betonmortel. Maar vooraf dient die ruimte te worden geïnspecteerd. Afhankelijk van de plaats van de pijler ligt de bedoelde ruimte op 21,5 tot 30 meter beneden het zeeniveau. Het verschil tussen hoog- en laagwater is er 3 m. De watertemperatuur varieert van 5 tot 20 graden

'Trigla'-opstelling in een van de pijlers

Fig. 8. Overzicht van de 'Trigla'

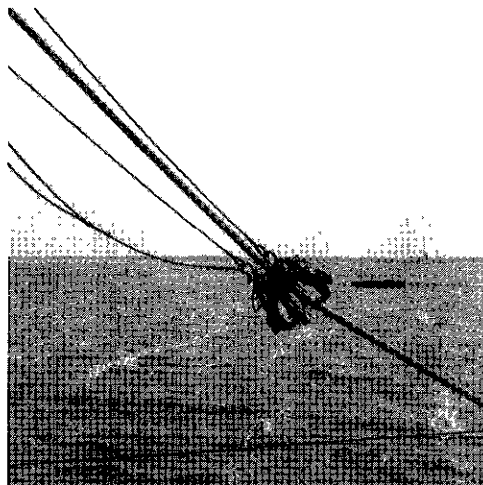


Celsius, en het doorzicht van 5 centimeter tot twee meter. De droge binnenzijde van de pijler heeft een relatieve vochtigheid van 100%. De toegang ertoe verloopt via twee schachten, voor verticaal transport wordt gezorgd door een elektrische kraan. In deze vochtige omgeving staan in containers de uitrustingsstukken die de inspectie onder de pijlervoet mogelijk moeten maken. Met het oog op de vochtigheid is de netspanning er beperkt tot 24 V. Aan deze apparaten zit met een navelstreng een bijzonder vernuftig apparaatje vast, dat zich door de pijpen van het betonmortel in de ruimten onder de pijler kan begeven en daar waarnemingen doen. Het is dan ook maar 43 mm dik, en nog geen meter lang. De 'Trigla' – Rode Poon – bevat een miniatuur T.V.-camera en een zanddiktemeter. Na zijn lancering is het een vrijzwemmend inspectievaartuig, dat extra wendbaar is doordat het twee bestuurbare scharnieren bevat, één die zorgt voor beweging in het verticale vlak, en een ander voor wendbaarheid in het horizontale. Deze scharnieren worden bestuurd door pneumatische cilinders. Twee opblaasbare rubberballonnen verhogen het drijfvermogen wanneer de 'Trigla' eenmaal de te inspecteren ruimte is binnengekomen. Door middel van een vernuftig compensatiesysteem is bereikt dat de volumina van de ballonnen onafhankelijk blijven van de waterdiepte. Voor de voortstuwing en de besturing is de 'Trigla' voorzien van drie elektrisch aangedreven kleine schroeven.

Om alle functies te kunnen bedienen is de 'Trigla' via de navelstreng verbonden met een bedieningslessenaar. In het midden zit een T.V.-monitor. Er zijn voorts twee stuurknuppels voorhanden, en een regelsysteem voor het aanpassen van het inspectievaartuig aan de zich wijzigende getij-omstandigheden. Ook ingebouwd zijn een schakelaar voor het laten draaien van de inspectiespiegel, kleppen om de scharnieren te activeren, en een regelknop voor de verlichting bij de camera. De stikstof-toevoer voor het opblazen der ballonnen en het knikstelsel komt vanuit een aangekoppelde stikstoffles.

De video-recorder bevindt zich in een aparte kist. De apparatuur voor de laagdiktemeting zit in een container. Alle elektronica is beschermd tegen vocht.

Bekijken we nu de 'Trigla' zelf nog iets meer van nabij (figuur 8). We hebben al opgemerkt dat hij door twee scharnieren in drie delen wordt onderverdeeld. De scharnieren worden bediend door pneumatische cilinders die werken met een druk van 40 bar. Ze hebben een diameter slechts 8 en een slaglengte van



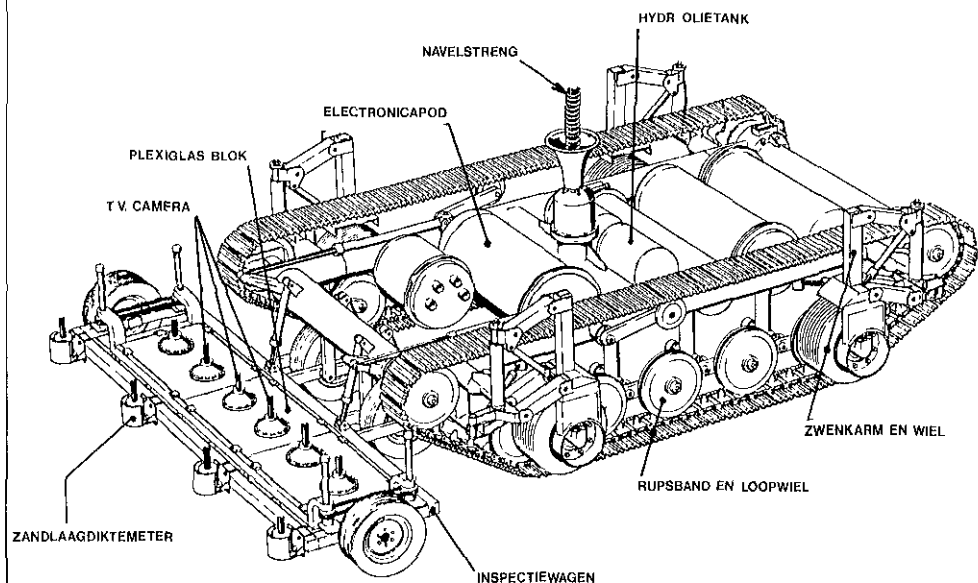
Navelstreng en hijslier voor boven water

Fig. 9. Overzicht van de bodemkruiper 'Portunus'

10 mm. Het voorste gedeelte van de 'Trigla' bevat de elektronica van de camera en van de akoestische laagdiktemeter, en verder een lichtgevoelige chip. Er is een miniatuursensor in aangebracht die drukverschillen registreert. Vóór de chip treffen we nog een lens aan en een draaibare spiegel.

De chip is een klein plaatje, volbezet met lichtgevoelige puntjes, waarop de lens rechtstreeks beelden projecteert. De roterende spiegel stelt het inspectievaartuig ertoe in staat die beelden te kiezen. Een lampje op de kop zorgt voor voldoende licht.

In het middenstuk van de 'Trigla' vinden we de akoestische diktemeter en de schroeven en elektromotoren voor de verticale en horizontale besturing. In het achterstuk zit de voortstuwing-motor, met een stuwkracht van ongeveer 5N. Hier is ook de navelstreng bevestigd, een slang van siliconenrubber waar doorheen een



kevlardraad en een aantal miniatuur coax-kabels en slangetjes lopen.

Om te weten in welke richting de 'Trigla' zwemt onder de pijler, wordt de navelstreng door twee kompasbuizen geleid, waarvan de onderste 90° omklapt zodra hij onder de pijler uitsteekt. In de sluisconstructie is een doorzichtig huis opgenomen waarin het bovenstuk van de kompasbuizen is gelagerd, dat via een pijltje de richting van het omgeklapte onderstuk en dus van de 'Trigla' zelf laat zien. De navelstreng is voorzien van een lengtemarkering, zodat in het huis ook kan worden afgelezen hoeveel ervan is afgevierd.

Op het moment van schrijven van dit artikel is de inspectie van de ruimten onder de pijlers al een stuk opgeschoten: in de Hammen zijn de inspecties achter de rug en zijn de holle ruimten ook al gevuld met betonmortel, in de

Schaar is men met inspecteren gevorderd tot over de helft. Naast de 'Trigla' wordt inmiddels ook gebruik gemaakt van kijkstokken. Dat zijn buizen met aan het eind een kleine camera. Hiermee kunnen alleen inspecties gepleegd worden op plekken die recht onder de ingegoten pijpen liggen.

Toch biedt dit tweede systeem juist voldoende hulp om een redelijke voorsprong te behouden op het inspuiten van de betonmortel.

Al met al is de 'Trigla' de kleinste vrijzwemmende mechanische inspecteur ter wereld; ongetwijfeld vindt hij zijn weg ook op andere terreinen, waar voor de mens ontoegankelijke ruimten moeten worden geïnspecteerd.

Van november 1982 tot september 1984 is de bodemkruiper 'Portunus' in gebruik geweest voor het inspecteren van de funderingsmatten. Dit instrument is van geheel andere afmeting

dan de piepkleine 'Trigla': hij is zo groot als een kleine vrachtwagen, en oogt als het onderstel van een gevechtstank. Hij weegt bijna 10 ton. In het geheel zijn er 130 matten mee geïnspecteerd, onder- en bovenmatten, en drie tegelmatstroken. Hoewel de 'Portunus' was ontworpen voor visuele inspectie, bleek dat hij, uitgerust met een profielopnemer, ook uitstekend in staat was om de ligging vast te stellen van grindwiepenmatten ten opzichte van bovenmatten in de buurt. Door een eenvoudige blaasinstallatie voorop het voertuig te monteren werd het mogelijk van een lichtaangezande mat toch het bovendoek vrij te maken en aan de T.V.-camera's te tonen; er konden zelfs kleine stenen mee worden weggeblazen.

De praktijk heeft uitgewezen dat de bodemkruiper een in hoge mate betrouwbaar voertuig is, dat zijn werk met grote nauwkeurigheid verricht. De T.V.-camera's die vóór het eigenlijke loopwerk waren opgehangen, gemonteerd op heldere plexiglasen blokken, hielpen de 'Portunus' zich zelfs bij minder dan 5 cm zicht te blijven oriënteren op de markeringen in de mat. De aangebrachte sonar-apparatuur bleek niet alleen obstakels te kunnen waarnemen, zodat de 'Portunus' ze kon vermijden, maar ook matranden en zelfs stiknaden. Vanwege dit bijzondere succes is ook aan de achterzijde zo'n sonar geïnstalleerd. Er werden in de loop van de tijd nog enkele andere modificaties aan de 'Portunus' aangebracht. Zo werden de oorspronkelijk gladde zwenkwielbanden voorzien van een profiel, om het contact met de bodem te vergroten. Om dezelfde reden werden de stalen tracks van het loopwerk bekleed met rubber. Ook werd getrapte hantering van de stuurknuppels mogelijk gemaakt, zodat men met dezelfde uitslag van de hefboom verschillende snelheidsgebieden kon bestrijken. Op het scherm van de sonar van de 'Portunus' werd het mogelijk gemaakt ook de afstand te tonen tot het waargenomen voorwerp; ook werd de vastlegging van de profielopnamen geleidelijk verbeterd. Tenslotte moest er ook aan de kraan van het ondersteuningsschip 'Wijker Rib' het een en ander worden gewijzigd. Al in een vroeg stadium werden de specificaties vastgesteld, in de veronderstelling dat de 'Portunus' ongeveer zeven ton zou gaan wegen. De kraan werd gemaakt op een hijsgewicht van 7,5 ton, met een veiligheid tot 10 ton. Bij nader inzien woog de 'Portunus' inderdaad bijna net zoveel. Als gevolg daarvan bleek het zwenkwerk van de kraan niet in staat om de bodemkruiper in elke horizontale positie ten opzichte van het schip te

brengen. Het aanbrengen van een contragewicht achterop verkleinde het koppel dat nodig was om de 'Portunus' bij scheefliggend schip binnen te krijgen. De kop van de kraankleef werd uitgerust met hydrauliek, om ook bij te vlak weglopen de kraankop hydraulisch in de juiste stand te brengen.

Om de levensduur van de navelstreng te verlengen gebruikte men een afzonderlijke hijslier voor het lanceren en bergen van en tot de waterlijn, wanneer de 'Portunus' immers meer weegt dan onder water. De hijsdraad werd gekoppeld en ontkoppeld via een metalen ring die om de navelstreng gleed en voorzien was van vier hydraulische haken die aangrepen onder de versterkte rand van de geleiding van de navelstreng. Het volle gewicht – maar dat was dan gehalveerd ten opzichte van het gewicht boven water – van de bodemkruiper hing alleen onder water aan de navelstreng. Eenmaal op de bodem werd de haalkracht door de machinist verlaagd, zodat het voertuig zijn operaties kon beginnen.

De 'Wijker Rib' als moederschip heeft goed voldaan. De voortstuwing is net voldoende krachtig. De enige grote aanpassing op het schip is de bijplaatsing geweest van een extra achterlier, omdat de situatie 'achterschip op stroom' nogal vaak voorkwam. Kleinere aanpassingen waren een verbetering van de navigatiemogelijkheden door toevoeging van een beeldscherm en een plotter, en de installatie van een automatische piloot.

Nu is de 'Portunus' losgekoppeld van de 'Wijker Rib', en staat in een loods op Neeltje Jans, met een perfecte staat van dienst. Het voertuig is 800 uur onder water geweest, en moet als men zijn snelheid voorzichtig schat op 20 cm/s, zo'n 570 km hebben afgelegd. De keuze voor dit ontwerp is door de feiten volledig gerechtvaardigd. Een afgesteund voertuig met als belangrijkste sensor een video-camera, bestuurd vanaf een vrijvarend moederschip, en voorzien van akoestische plaatsbepalingsmiddelen van grote nauwkeurigheid, blijkt inderdaad het antwoord te zijn op de specifieke omgevingscondities van de Oosterschelde: hoge stroomsnelheden en zeer weinig zicht.

De Bathse spuisluis en de sifon onder het spijkanaal

Door de bouw van de compartimenteringsdammen zal achterin de Oosterschelde een zoet bekken worden gevormd. Om het peil en de kwaliteit van dit bekken te kunnen beheersen is het noodzakelijk in het zuiden een lozingsmogelijkheid naar de Westerschelde te creëren; dit wordt het Bathse spijkanaal. Aan

de hand van studies is vastgesteld dat naar verwachting een capaciteit noodzakelijk zal zijn van $100 \text{ m}^3/\text{s}$, gemiddeld over het etmaal. Er bestaat echter een mogelijkheid dat in de praktijk zal blijken dat voor het kwaliteitsbeheer een hogere capaciteit nodig zal zijn. Zoals in Bericht 96 (mei 1981) is vermeld, is het kanaal zo ontworpen dat het voorlopig kan worden gebruikt voor $100 \text{ m}^3/\text{s}$, maar op eenvoudige wijze is aan te passen voor $150 \text{ m}^3/\text{s}$. Het kanaalprofiel is zo ruim gekozen dat voor $100 \text{ m}^3/\text{s}$ geen bestortingen noodzakelijk zijn. Door bestortingen aan te brengen kunnen hogere snelheden op het kanaal worden toegelaten zodat het dan geschikt wordt voor $150 \text{ m}^3/\text{s}$.

Het Bathse spijkanaal komt uit in de Westerschelde door middel van de Bathse spuisluis, die is gesitueerd ter plaatse van de hoogwaterkering. Voor een capaciteit van $150 \text{ m}^3/\text{s}$ zou deze sluis moeten bestaan uit tien kokers; voor $100 \text{ m}^3/\text{s}$ kan worden volstaan met zes kokers. Oorspronkelijk was het de bedoeling een sluis van tien kokers te bouwen waarvan slechts zes kokers operationeel gemaakt zouden worden. De overige vier kokers zouden met betonnen wanden worden afgesloten.

Uit latere berekeningen is echter gebleken dat er slechts een geringe kans is dat $150 \text{ m}^3/\text{s}$ nodig zal blijken. Daarom is toen besloten van een voorinvestering voor vier kokers af te zien, en te volstaan met zes kokers. Om het voorontwerp van de spuisluis te toetsen is hydraulisch modelonderzoek uitgevoerd in een model op schaal 1:25. Onderzocht werden de afvoercapaciteit, de vorm van de uitstroomconstructie en de stabiliteit van het stortebed.

De afvoer van de sluis kan worden geregeld door het aantal te openen kokers. In het model is voor elk aantal kokers de afvoer als functie van de boven- en benedenstroomse waterstand gemeten, en vastgelegd in grafieken.

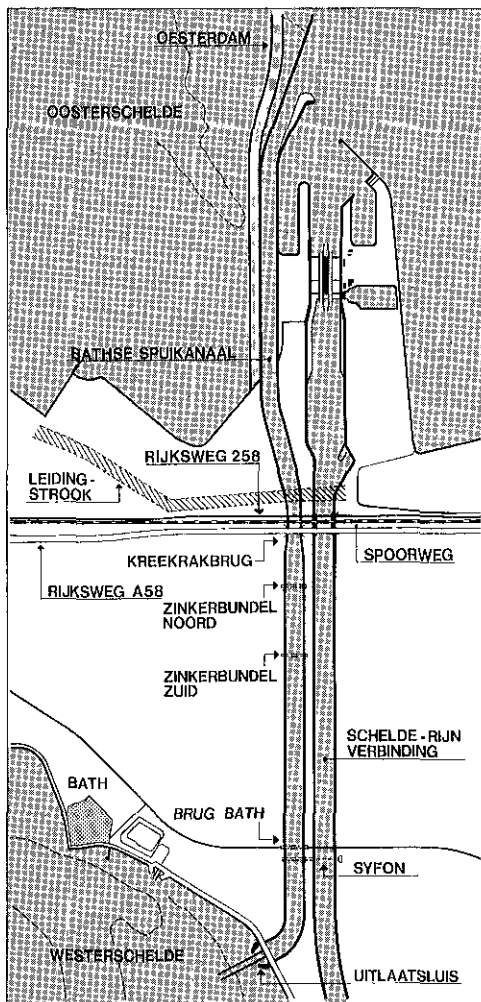


Fig. 1. Topografische situering van het Bathse spijkanaal

Vervolgens is een aantal proeven uitgevoerd om het spuidebiet gedurende een getijperiode vast te stellen. Daaruit bleek dat bij zes kokers het vereiste debiet van $100 \text{ m}^3/\text{s}$ gemiddeld over het etmaal wordt gehaald. Aan de hand van de modelresultaten zijn enkele wijzigingen in het ontwerp aangebracht, waardoor een betere stroomlijning en daardoor een betere afvoercoëfficiënt werd verkregen.

Het tweede deel van het modelonderzoek was gericht op de uitstroombouwconstructie en de zwaarte van het stortbed. Om de lengte van de bodemverdediging te minimaliseren is gekozen voor een uitstroombouwconstructie met divergerende zijwanden, gevolgd door een zig-zagdrempel. Deze constructie veroorzaakt een optimale stroomspreiding, zodat met een relatief korte en lichte bodemverdediging kan worden volstaan. Onmiddellijk benedenstrooms van de drempel is echter een zware verdediging nodig, om de overstortende straal bij extreem laag water op te kunnen vangen. Omdat dat gedeelte nog in de droge bouwput kon worden gemaakt, is gekozen voor gezette betonblokken van $1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,7 \text{ m}$. Deze constructie moet zich uitstrekken over de eerste 15 m achter de uitstroombouwconstructie.

Uit het onderzoek bleek een totale stortebedlengte van 100 m noodzakelijk, zij het met afnemend gewicht van de toplaag. Na de betonblokken wordt 25 m bestort met stortsteen 60–300 kg en de overige 60 m met stortsteen 10–60 kg.

Nadat het onderzoek was afgerond kon het ontwerp definitief worden vastgesteld. De sluis bestaat uit zes kokers, elk 2,80 m breed. De vloer ligt op N.A.P. –5 m. Afhankelijk van de benodigde afvoer kunnen, bij laag water op de Westerschelde, één of meer kokers

worden geopend. De debietregeling vindt dus plaats door keuze van het aantal te openen kokers. De voordelen van een aantal relatief kleine openingen blijken ruimschoots op te wegen tegen de voorzieningen die behoren bij één of meer brede kokers met daarin een in hoogte regelbare schuif, omdat de manoeuvres voor openen en sluiten eenvoudiger zijn. Elke koker wordt nu afgesloten met één houten schuif, die hydraulisch bewogen wordt; als tweede kering is aan de kanaalzijde een houten wachtdeur aangebracht.

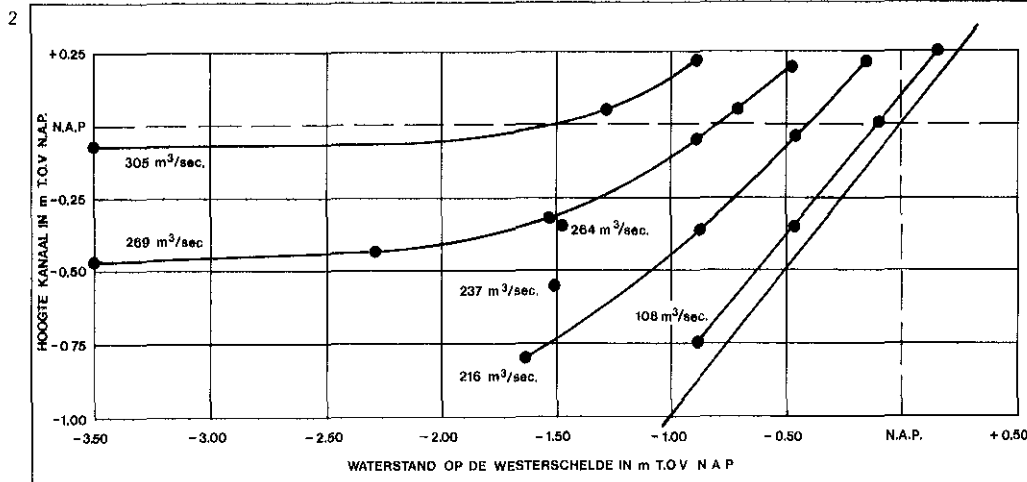
Terwille van de bereikbaarheid, de inspectie en het onderhoud van deze afsluitmiddelen en de opstelling van de bewegingswerken, zijn bovenop de kokers schachten nodig tot boven het dijklichaam.

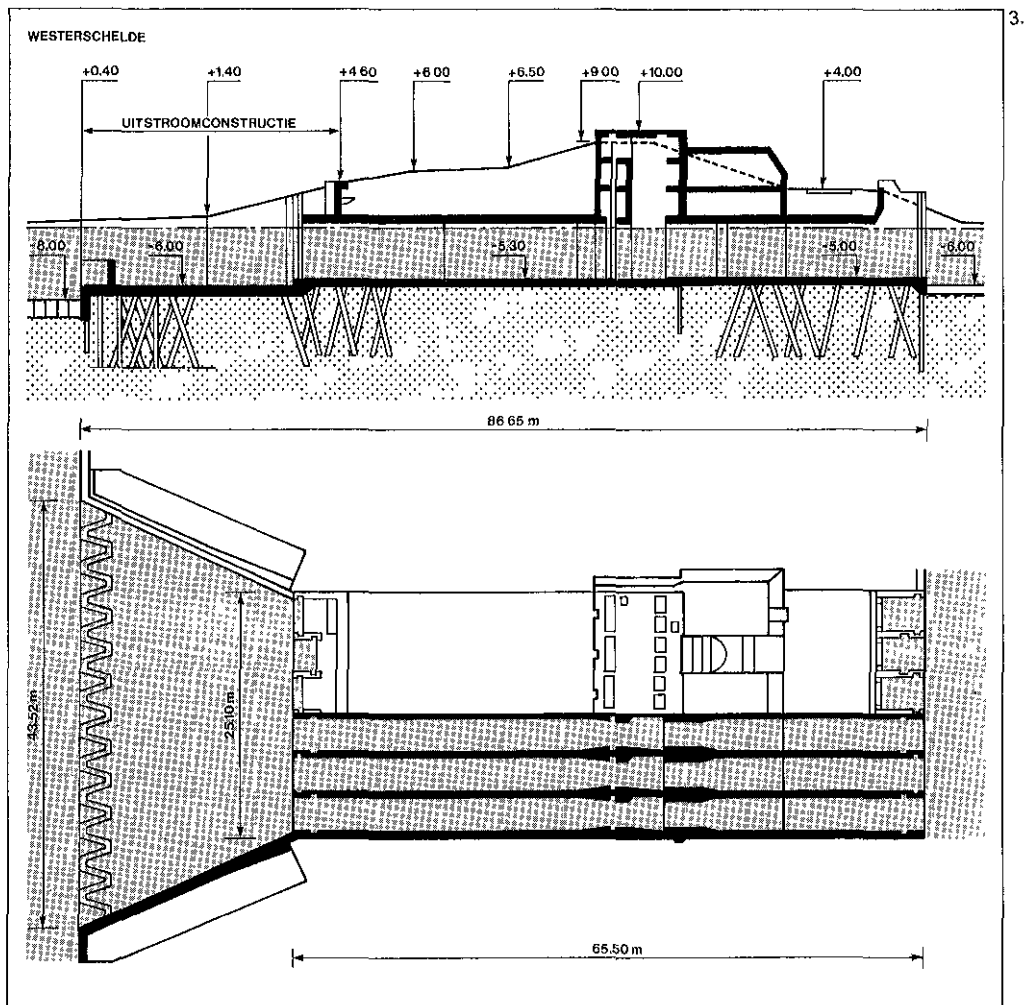
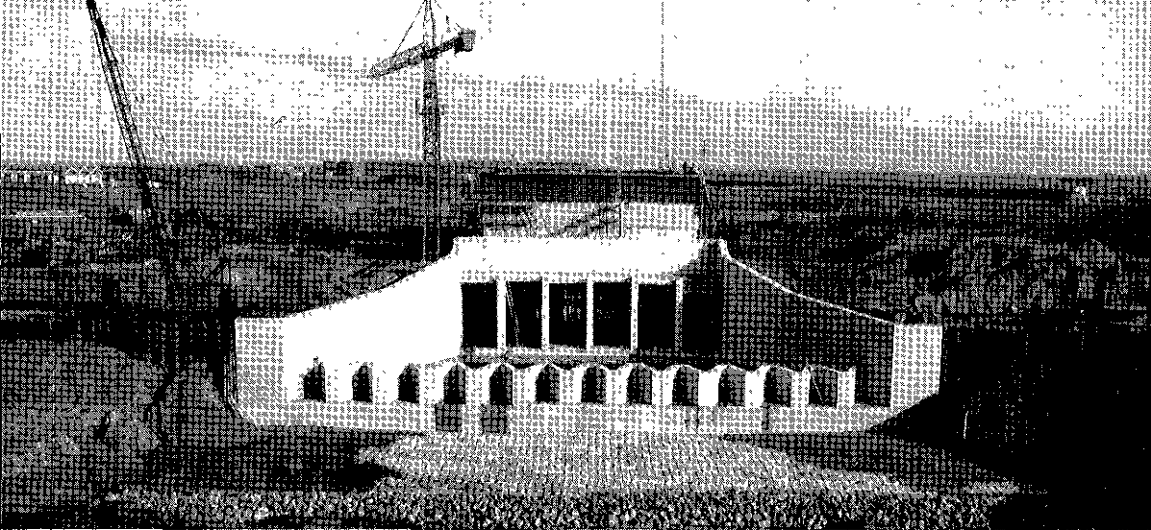
De dienst ruimten voor pompen en elektrische installatie worden hiertegenaan gebouwd. Aan

Fig. 2. Afvoerarakteristiek bij zes geopende kokers

Betonwerk van de sifon

Fig. 3. Lengtedoorsnede en bovenaanzicht van de Bathse spuisluis



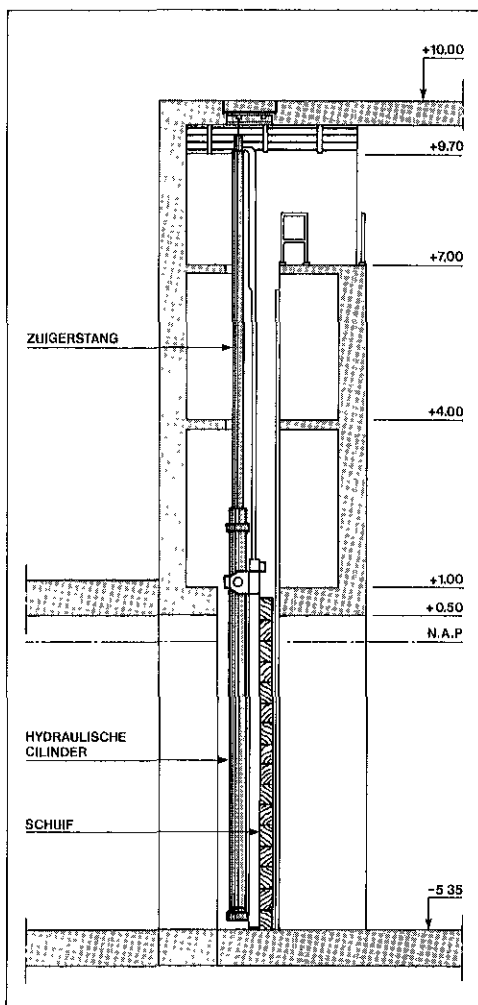


de Westerscheldezijde loopt de dijk zo min mogelijk onderbroken door over de kokers; over de binnenberm van de dijk loopt een weggetje. Zodoende ontstaat een kokerlengte van 65,50 m. Aan de uiteinden zijn de kokers elk afzonderlijk afsluitbaar met schotten; zo kunnen ze worden drooggezet voor groot onderhoud.

Aan de Westerscheldezijde bevindt zich de uitstroomconstructie met verdiepte vloer en zig-zag rand, totaal een lengte van 86,65 m. De sluis is van gewapend beton, verdeeld in vijf delen. Ieder deel is afzonderlijk gedimensioneerd op sterkte en stabiliteit.

De sluis werd gebouwd in een bemalen open bouwput. In de ondergrond bevindt zich hier een waterafsluitende dikke veenlaag, ongeveer op het niveau van de fundering. Deze laag werd met behulp van zandpalen geperforeerd, waardoor het bovenpakket onder invloed werd gebracht van de diepwelpompen. Onder de veenlaag bevindt zich tot ongeveer N.A.P. -13 m zand van zeer ongelijke pakking. Door te kiezen voor een paalfundering is veel grondwerk voor grondverbetering vermeden; ook kan de betonconstructie nu minder zwaar zijn. De schuiven en deuren zijn gemaakt als opgeklampte schotten van tropisch hardhouten balken. De hydraulische bewegingswerken van de schuiven zijn zo berekend, dat de schuiven bewogen kunnen worden bij een waterstandsverschil van 0,50 m; daarnaast is rekening gehouden met een lostrekkraft bij ijsvorming. Door de bewegingswerken vóór de schuiven te monteren in plaats van daarboven is de constructiehoogte van het gebouw beperkt gehouden. De schuiven worden bewogen met een snelheid van 10 mm/sec. De hefhoogte is bij normaal gebruik 5,85 m. Voor inspectie en onderhoud kan nog 1 m hoger geheven worden.

Voor de energievoorziening gebruikt men accu-batterijen, die via laadgelijkrichters worden gevoed uit het openbare net. Op deze wijze kan aan stroomstoringen tot 24 uur het hoofd worden geboden. Deze wijze van stroomvoorziening is goedkoper dan een directe aansluiting op het openbare net, aangevuld met een noodstroomvoorziening. De sluis zal automatisch worden bediend, ter plaatse dan wel vanaf de Kreekraksluizen. Op de Kreekraksluizen bevindt zich tevens een storingsmelding. Door een startcommando wordt het automatische systeem in werking gesteld. Als uit de waterstandsmetingen vóór en achter de sluis blijkt dat de waterstand op de Westerschelde lager is dan op het Spuikanaal, wordt de waterstandsmeting op het Zoommeer telefonisch opgevraagd. Het meetpunt op het



Zoommeer is gelegen bij de brug over de Schelde-Rijnverbinding, omdat daar ook bij op- of afwaaiing een gemiddelde bekkenstand zal worden gemeten. Op grond van dit gegeven wordt nagegaan of en zo ja met hoeveel kokers er moet worden gespuid. Het systeem voorziet er in dat alle kokers regelmatig zullen worden gebruikt. Nadat is bepaald welke kokers in bedrijf zullen worden genomen, worden de schuiven ervan geheven tot de hoogste stand. Wanneer het niveauverschil tussen het kanaal en de Westerschelde weer kleiner is geworden dan 18 cm, worden de geheven schuiven gesloten.

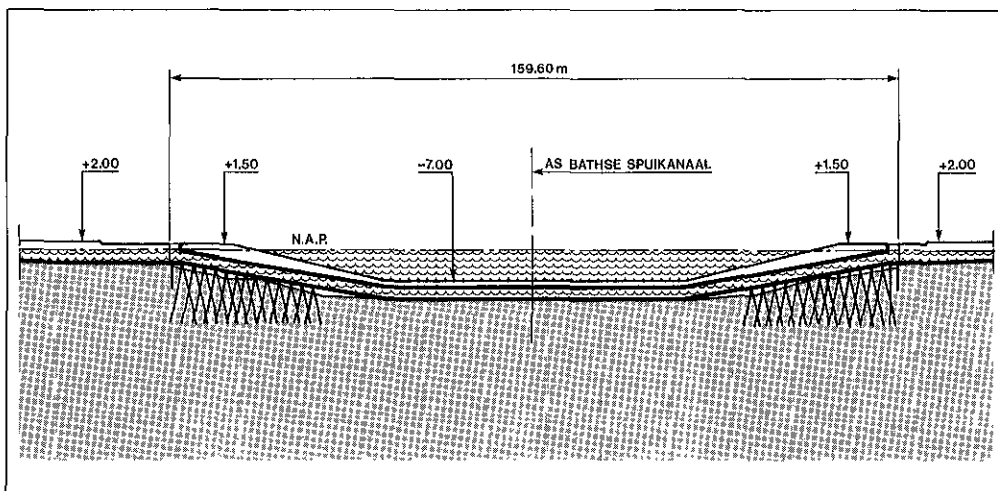
De spuigegevens zullen worden vastgelegd in een spuirapport, in elk geval op een cassetteband, en indien gewenst ook op papier. Het spuikanaal met spuisluis moet omstreeks mei 1987 – zo snel mogelijk nadat de Philipsdam

Fig. 4. Hydraulisch bewegingswerk van de schuif



Betonwerk van de sifon

Fig. 5. Lengtedoorsnede van de sifon



als laatste van de compartimenteringsdammen is gesloten – in gebruik genomen worden. Met de aanleg van de bouwput voor de spuisluis is in 1980 begonnen. In 1983 is met de bouw van het betonwerk met deuren en schuiven aangevangen; en in de loop van 1984 werd het werk opgeleverd. In 1985 en 1986 zullen de bewegingswerken en elektrische installaties worden aangebracht.

Sifon

Een km noordelijk van de Bathse spuisluis kruist het spuikanaal een afwateringssloot die het gebied ten oosten van de Schelde-Rijnverbinding verbindt met de spuiboezem met spuisluis bij Bath. Deze verbinding wordt in de nieuwe situatie gehandhaafd door de aanleg van een sifon onder het spuikanaal. Ook de

Schelde-Rijnverbinding wordt met behulp van een sifon gekruist.

Het doorstroomprofiel van de sifon onder het spuikanaal is gelijk aan dat van de sifon onder de Schelde-Rijnverbinding: twee kokers van 2,80 m breed en 2,00 m hoog. De sifon is uitgevoerd in beton. De lengte bedraagt 162 m, verdeeld in 10 moten.

Ook hier bevindt zich tussen N.A.P. -3 m en N.A.P. -6 m een veenlaag. Daar waar de koker met de onderzijde lager ligt dan de veenlaag is op staal gefundeerd. De hoger gelegen kokerdelen staan op palen. Het betonwerk is uitgevoerd in een bemalen open bouwput.

Voordat de bouwput kon worden gegraven is de watergang in zuidelijke richting omgelegd. Met de bouw is eind 1983 begonnen; midden 1984 was het werk gereed en kon de sifon op het afwateringssysteem worden aangesloten.

Waterbouwkundige werken en hun begroeiing onder water

Aangroei van plantaardige en dierlijke organismen kan in verschillende fasen van een waterbouwkundig project, zeker in zeewater, onplezierige consequenties hebben. Diezelfde aangroei kan echter ook worden opgevat als een verrijking: hij is een exponent van een flora en fauna die in Nederland van nature niet voorkomt, maar afkomstig is van de rotskusten van Engeland, Bretagne en Noorwegen. Het gaat hier vaak om zeer soortenrijke levensgemeenschappen, die de natuurwaarde van een gebied aanzienlijk kunnen verhogen. Het bijzondere eraan is bovendien, dat ze zich, behalve dan op natuurlijke klei- en veenbanken, in ons land alleen kunnen vestigen op plaatsen waar dit door menselijke activiteiten is mogelijk gemaakt.

Ten behoeve van een goed beheer van deze aangroei is het noodzakelijk dat er kennis opgebouwd wordt over die levensgemeenschappen in Nederland: welke soorten bevatten ze, wat is de verspreiding ervan, en met welke omgevingsfactoren staat die verspreiding in verband? Welke rol spelen deze levensgemeenschappen in een ecosysteem zoals bijvoorbeeld dat van de Oosterschelde?

Sinds 1979 wordt in de Deltadienst onderzoek gedaan naar de levensgemeenschappen van dijkvoeten en andere harde bodems in de Oosterschelde en het Grevelingmeer (Bericht 100, mei 1982). Vanzelfsprekend werd de invloed van temperatuur, zoutgehalte en expositie aan golven en stromingen onderzocht. Daarnaast zijn vooral twee duidelijke relaties naar voren gekomen. De eerste is de verticale zonering, de tweede de relatie met het type substraat. De eerste relatie is van belang voor het beheer van de Oosterschelde, de tweede voor de constructie van bepaalde werken. Belangrijk is ook het feit dat sommige typen begroeiing een versterkend effect op de kust- of oeververdediging kunnen hebben, en dat de bevordering van deze typen begroeiing financieel aantrekkelijk kan zijn. Zonering is een diepte- of hoogte-afhankelijk verschijnsel, waarbij onder meer de factoren licht, waterdruk, temperatuur, en overspoelingsduur een rol spelen. Zeer veel organismen zijn diepte-afhankelijk.

Wieren bijvoorbeeld groeien niet dieper dan tot waar nog een zekere hoeveelheid licht kan doordringen. Dieren als sponzen gedijen juist goed in dieper water.

In feite hebben we te maken met drie hoofdzones, met ieder een specifieke onderverdeling: de glooiing van gemiddeld hoogwater tot aan de kreukelberm, de kreukelberm zelf, en het gebied daarbeneden. Ook wordt wel gesproken van het intergetijdegebied of litoraal, tegenover het gebied beneden gemiddeld laag water of sublitoraal.

De wisseling in het milieu-omstandigheden zijn het grootst in de bovenste zone, en het kleinst onder de laagwaterlijn. Het gevolg hiervan is niet dat in de bovenste zone alleen organismen worden aangetroffen die zeer sterk zijn en bestand tegen grote milieuwisselingen, maar juist dat er wel tien verschillende subzones worden gevonden die bandvormig boven elkaar liggen. In elke subzone komen kenmerkende soorten voor, en daaronder zijn juist veel bijzondere, zoals zeldzame wiersoorten. In de kreukelberm komen wat minder subzones voor, terwijl beneden de laagwaterlijn hoogstens sprake is van enkele zeer geleidelijke overgangen.

Het is duidelijk dat de hellingshoek van de dijk bepalend is voor de breedte van de subzones. Die breedtes verschillen dan ook op verschillende locaties in de Oosterschelde.

Daarnaast is de expositie van belang; als golven hoger tegen de dijk oplopen, vindt dat zijn weerslag in de begroeiing. Tenslotte speelt ook het type substraat een rol: op kalksteen bijvoorbeeld, dat langer water vasthoudt nadat het is drooggevalen, liggen de zones hoger dan op het niet poreuze basalt.

Elke verandering in de gemiddelde waterstand of in de getij-amplitude zal de bandbreedtes in de getijzone beïnvloeden. Het is zelfs niet onwaarschijnlijk dat sommige van die banden op een aantal plaatsen zullen verdwijnen wanneer de getij-amplitude in de Oosterschelde afneemt.

Een nauwkerige kartering van de subzones in het intergetijdegebied van de Oosterschelde wordt afgerond in 1985; pas daarna zullen voorspellingen van de toekomstige situatie mogelijk zijn.

De levensgemeenschappen in het sublitoraal worden onderzocht met behulp van biologisch geschoolde duikers. In dit gebied zijn de organismen minder gevoelig voor de getij-amplitude, maar meer voor de effecten van stroomsnelheid. Grotere helderheid van het water zal veroorzaken dat bepaalde wieren dieper voorkomen, terwijl een grotere slibbezin-



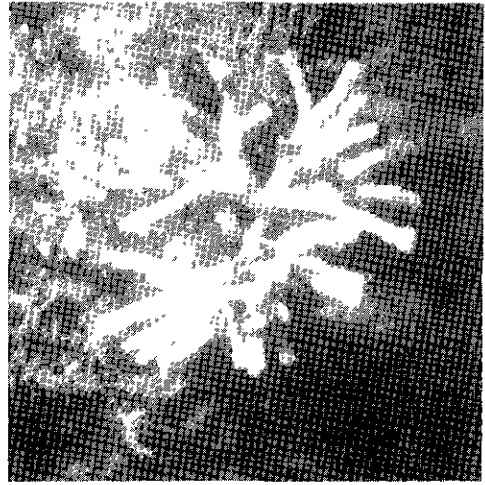
Zakpijp en brokkelster (werkhuizen Zierikzee)

Zee-anjelier (Noordbuit, bij Ouwkerk)

king op sommige plaatsen het functioneren van de organismen kan gaan belemmeren. Getracht wordt nu inzicht te krijgen in de locaties waar en de organismen waarvoor dit beslissend wordt.

Dijk en vooroever omvatten een aantal typen ondergrond die mede bepalend zijn voor de begroeiing. Het is misschien mogelijk de begroeiing door toepassing van bepaalde materialen en bepaalde methoden van aanbrengen te bevorderen. Aangezien de begroeiing mede bepalend kan zijn voor de sterkte van een dijk – dit geldt niet alleen voor de kruin! – is het misschien mogelijk methoden te ontwikkelen die voldoen aan de waterbouwkundige eisen, tegelijkertijd de natuurwaarde bevorderen, en bovendien nog financieel aantrekkelijk zijn.

Kennis van de relatie tussen ondergrond en begroeiing is dus van groot belang. Daarbij moet onderscheid worden gemaakt tussen de fysische en chemische eigenschappen van het materiaal en de wijze waarop het wordt aangebracht, gezet dan wel losgestort, en ook verder vorm en afmetingen.



Aard van het materiaal

In de waterbouw worden, naast hout en natuursteen ook kunstmatige materialen gebruikt, zoals ovenslakken, beton en asfalt. Van 1979 dateert een rapport van het RIZA over uitloogproeven met zoet water, gedaan op basalt, grauwwacke, lood-, koper-, en staalslakken.

Lood- en koperslakken bleken zoveel zware metalen af te geven aan het water, dat er omgerekend over het totaal aantal tot dan toe gebruikte slakken in de Nederlandse oppervlaktewateren, sprake was van een aanzienlijke lozing van met name lood, koper en zink. Dit leidde tot de aanwijzing, deze slakken zo weinig mogelijk meer te gebruiken.

Ook wanneer er geen sprake is van belangrijke afgifte van metalen aan het water, kan de levensgemeenschap beïnvloed worden door de eigenschappen van de steen. Daarbij spelen bijvoorbeeld de hardheid voor borende organismen en de ruwheid van oppervlak een rol, evenals de kleur en de warmtecapaciteit; dit laatste is van belang bij periodiek droogvallende stenen. Maar ook kan een zich vestigend organisme een steen plaatselijk aantasten. Dat zou dan weer een verhoogde afgifte van metalen kunnen veroorzaken, die direct in de weefsels van het organisme worden opgenomen.

Deze laatste hypothese, en de eventuele gevolgen van dit verschijnsel, is onderzocht in een veldproef, gecombineerd met laboratoriumonderzoek.

Nadat het normale successiepatroon was vastgesteld, werden op twee locaties in de Oosterschelde elf steensoorten aangebracht, zowel in het intergetijdengebied als beneden de

laagwaterlijn. Het waren: staalslak, beton, asfaltbeton, Vilvoordse kalksteen, fosforslak, koperslak, Finse gneiss, mangaanslak, mijnsteen, basalt en asfalt. De ontwikkeling van de begroeiing werd gedurende een half jaar gevolgd.

Figuur 1 en 2 geven enkele resultaten, voor het roodwier *Ceramium rubrum* en het mosdiertje *Bicellariaella ciliata*.

Er zijn duidelijke verschillen tussen de steensoorten. We kunnen de resultaten samenvatten in drie categorieën die respectievelijk goed, matig tot redelijk, en slecht of afwijkend begroeid raakten (tabel 1).

Een half jaar na het inzetten van de proef werden monsters genomen van enkele karakteristieke organismen om ze op zware metalen te analyseren en te vergelijken met monsters van controlestenen, en met gehalten die werden gemeten in het water. Ondanks soms flinke spreidingen in de uitkomsten, kunnen enkele duidelijke conclusies getrokken worden.

Het op staalslak gegroeide Baksteenamoontje bevatte een zeer hoog gehalte aan ijzer. De in het aquarium op mangaanslak gegroeide Zakpijpen bevatten een verhoogd gehalte aan mangaan; dit was echter in de veldwaarnemingen niet duidelijk terug te vinden. De op koperslak gegroeide organismen bevatten in bijna alle gevallen een duidelijk verhoogd kopergehalte – vrijwel steeds het hoogste van

alle steensoorten; in veel gevallen echter was op koperslak helemaal niets gegroeid.

Interpretatie van de resultaten van deze proef is moeilijk, omdat nog zoveel andere effecten van de fysische eigenschappen van de stenen een rol spelen, en ook van de wijze van aanbrengen.

Het lijkt erop dat toxische effecten van belang kunnen zijn, maar in een aantal gevallen zijn ze toch ondergeschikt aan het belang van fysische eigenschappen van de stenen.

Voorlopig kan gesteld worden dat de giftigheid van koperslak nog weer eens werd bevestigd en dat met name de staalslak, de mangaanslak en de fosforslak verdacht zijn. Ondanks hun plaats in de tabellen worden deze slakken als verdacht aangemerkt, omdat de erop gegroeide organismen nogal wat zware metalen hebben opgenomen. Zelf hebben deze organismen daar kennelijk nog geen last van, doch wanneer ze sterven, komen die metalen in het water terecht, en als ze opgegeten worden vindt accumulatie plaats in de voedselketen. Deze slakken vergen daarom nog verder onderzoek. Finse gneiss, basalt en mijnsteen zijn natuursteensoorten. Ze blijken minder goed begroeid te geraken dan beton; beton scoort in feite het hoogst wat betreft begroeiingsdichtheid van alle beproefde materialen. Bij Finse gneiss speelt mogelijk het hoge kopergehalte een rol. Basalt is erg glad en in

Tabel 1. Begroeiingsresultaten

Sublitoraal (locatie: Kistersnol)

<i>Rijk begroeid</i>	<i>Middelmatig begroeid</i>	<i>Slecht begroeid</i>
Vilvoordse kalksteen	Finse gneiss	Asfalt
Beton	Staalslak	Koperslak
Mangaanslak	Basalt	
	Fosforslak	
	Mijnsteen	

Litoraal (locatie: Havenhoofd Zierikzee)

<i>Rijk begroeid</i>	<i>Middelmatig begroeid</i>	<i>Slecht begroeid</i>
Staalslak	Vilvoordse kalksteen	Basalt
Beton	Fosforslak	Mijnsteen
	Mangaanslak	Koperslak
	Asfaltbeton	Asfalt
	Finse gneiss	

Aquaria (locatie: Laboratorium Sophiehaven)

<i>Rijk begroeid</i>	<i>Afwijkend begroeid</i>	<i>Niet begroeid</i>
Beton	Fosforslak	Koperslak
Mijnsteen	Asfaltbeton	
Mangaanslak	Staalslak	
Finse gneiss		
Basalt		
Asfalt		

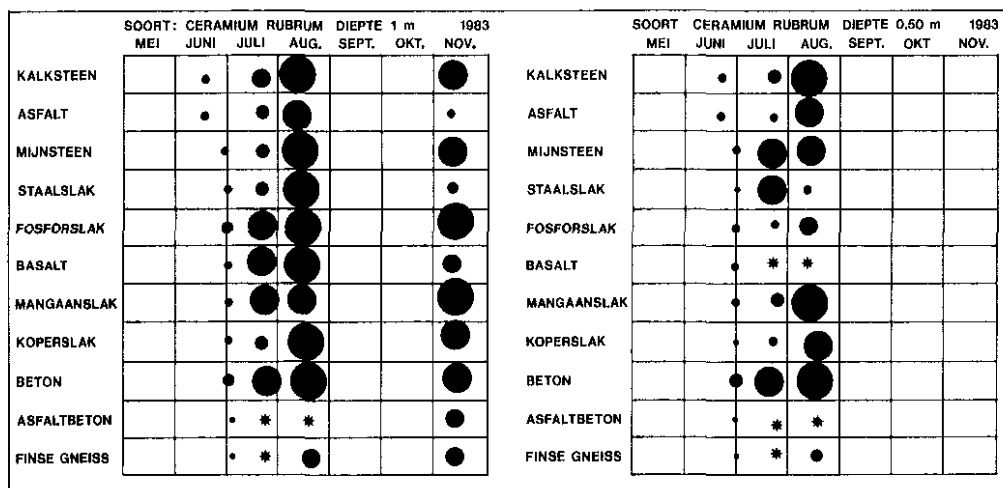
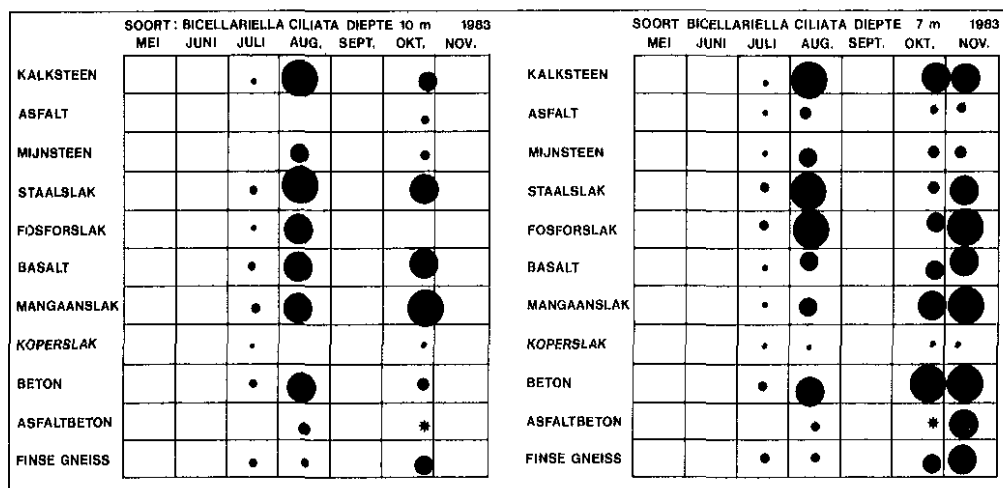


Fig. 1, 2 Groeimogelijkheden in het zomerseizoen van *Bicellariella ciliata* (boven) en *Ceramium rubrum* op verschillende diepten. Sterretje: geen proefresultaat

het intergetijdegebied speelt de kleur een rol: na te zijn drooggevallen wordt de steen 's zomers snel warm, en wanneer hij weer wordt overspoeld, worden de erop groeiende organismen onderworpen aan een temperatuurschok die sterker is dan op andere materialen. Mijnssteen verandert onder water van structuur; kalksteen is poreus en houdt veel water vast bij droogvallen, een eigenschap die we ook vinden bij mangaanslak. Organismen die slecht tegen uitdroging kunnen gedijen op deze steensoorten dan ook relatief goed. Kalksteen en zandafslak zijn gemakkelijk penetreerbaar voor borende organismen als Boorspons of de Boormossel. Asphalt is niet zozeer vanwege zijn toxische eigenschappen slecht begroeid – tenzij er bewust aangroeiwerende middelen of wegenteer in zijn verwerkt – doch eerder omdat het altijd enigszins visceus blijft. Planten

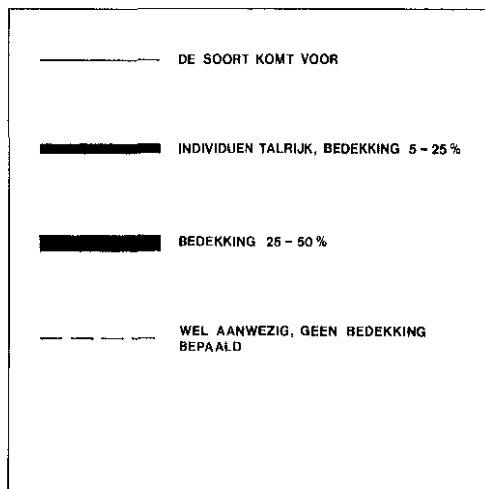
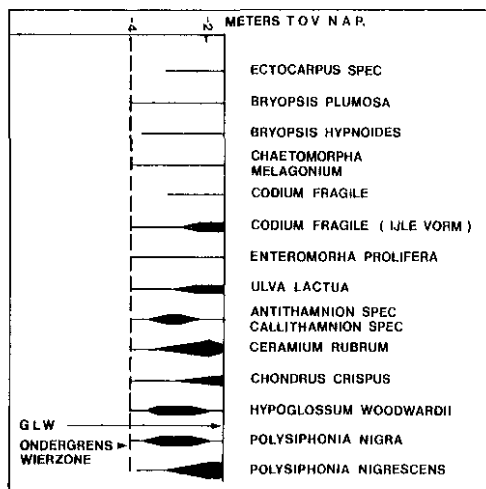
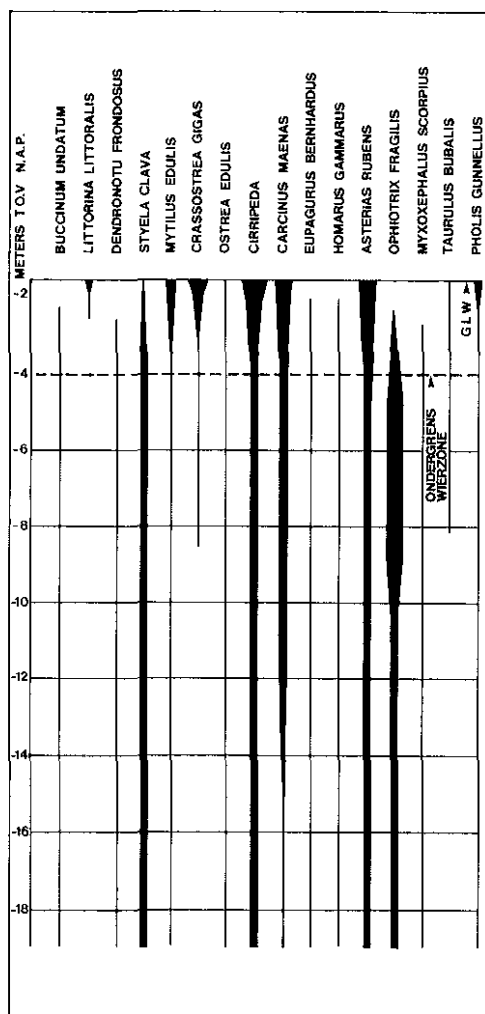
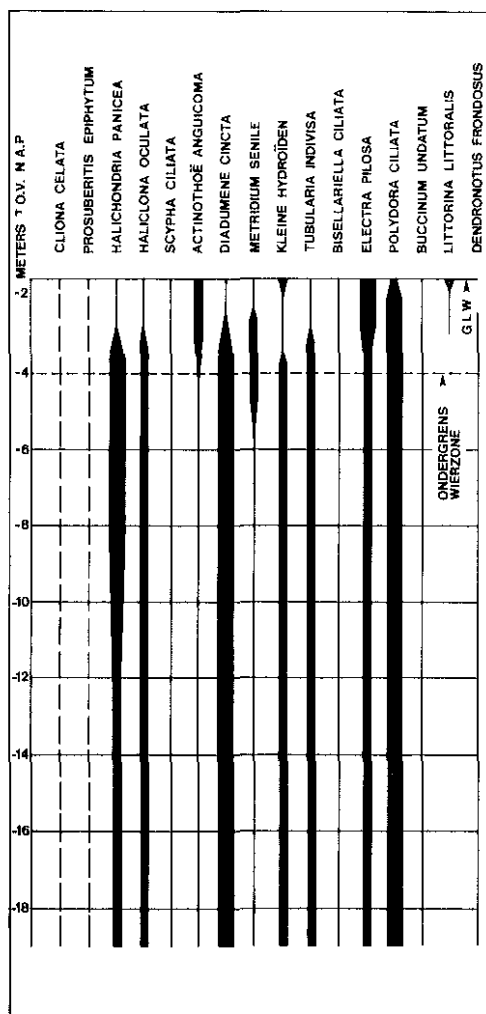


Fig. 2. Voorkomen over de waterdiepte van sponzen en wormen (linksboven), slakken, kreeften en vissen (rechtsboven) en wieren (linksbeneden)

en dieren kunnen zich niet blijvend vestigen op een vloeiende ondergrond.

Nog niet onderzocht is het effect van de chemische eigenschappen op de micro-organismen, die vaak de start van de successie vormen en zelfs de begroeiingsmogelijkheden kunnen bepalen.

De proef zelf zal nog een vervolg krijgen, waarbij vooral naar tijdreeksen van gehalten van zware metalen in de organismen gekeken zal worden.

De praktische implicatie van het bovenstaande is, dat de materiaalkeuze bij het ontwerpen van een constructie niet alleen afhankelijk hoeft te zijn van waterbouwkundige eisen, maar tevens bepaald kan worden door andere doelstellingen, zoals de bevordering van de natuurfunctie en kostenbesparing door het incorporeren van biologische elementen dan wel aangroeiwering waar dat noodzakelijk is. De keuze van het materiaal wordt waarschijnlijk effectiever wanneer al deze aspecten als regel in de afweging worden meegenomen.

Wijze van aanbrengen

Reeds tijdens het onderzoek naar de verspreiding van de soorten planten en dieren bleek het belang van de afmetingen van gestorte steen. Met name fosforslakken vielen op door de geringe begroeiing. Hoewel hier eerst werd gedacht dat het kwam door giftigheid, bleek bij nader onderzoek de afmeting van de slakken een grote rol te spelen. Fosforslakken worden onder water meestal aangetroffen in diameters tot 5 cm. Het bleek dat stenen tot 10 cm diameter, hoewel ze door de stroming vaak niet verplaatst worden, wél gingen rollen als ze begroeid raakten.

De organismen erop vergrootten het aangrijpingsoppervlak, maar niet het gewicht. Het gevolg van het rollen is dan, dat de organismen weer te gronde gaan. Zo kan zich op dergelijke stenen geen volwaardige levensgemeenschap ontwikkelen.

Nadere beschouwing van de begroeiingsdichtheid in relatie tot de afmeting van steen in een los stort leidde tot de conclusie dat althans de bovenste laag, maar beter nog enkele lagen méér zouden moeten bestaan uit stenen met een minimale diameter van 30 cm, als tenminste bevordering van de begroeiingsdichtheid en -diversiteit een doelstelling is.

Voor vele van de betreffende organismen is de beschikbaarheid van hopen en spleten essentieel, soms als basis voor een jachtgebied, soms om zich in kwetsbare perioden, zoals kreeften net na de vervelling, in te verbergen, of om te vluchten voor grotere dieren. Maar ook voor de diversiteit van vastzittende organismen, zoals wieren, sponzen en zeeanemonen is een los stort aantrekkelijker dan een strak gezette glooiing of een laag beton. Dit komt omdat elk organisme zijn eigen eisen stelt aan de hoeveelheid licht, stroming en voedsel. Hoe meer verschillend georiënteerde vlakken er dus voorkomen, hoe meer verschillende soorten er een plek kunnen vinden. En diversiteit is een van de meest gewaardeerde aspecten van een goed functionerend ecosysteem.

Uit het voorgaande bleek al, dat beton van de geteste materialen het best begroeide was. Het is denkbaar, dat wanneer de sterkte-eisen voor een bepaalde dijk inhouden dat er een gezette glooiing moet komen, er een vorm van betonblok te onderwerpen valt die tevens tegemoet komt aan de eisen voor een optimale begroeiing, onverschillig of men die nu wenst vanwege het natuurbelang of vanwege de additionele sterkte die een begroeiing kan opleveren. Nader onderzoek hiernaar ware aan te bevelen, ook met praktijkproeven. Op dit moment worden ook reeds proeven voorbereid waarbij op een te beschermen plaatrand een combinatie van bijvoorbeeld grind en mosselen, of grind en grote wieren aangebracht zal worden. Het onderzoek naar de gifafgifte van sommige materialen loopt, zoals gezegd, nog door. De resultaten zullen bekeken worden in het licht van de effecten die de fysische eigenschappen van verschillende materialen hebben op de begroeiing.

Samen met het RIZA en het ECN overweegt men bij de Deltadienst tenslotte nieuwe materialen te ontwikkelen, met name uit afvalstoffen. Die zullen dan onderworpen

worden aan een toetsing in het veld zowel als in het laboratorium, om hun effecten op de begroeiing na te gaan, en aldus te bepalen of een bepaalde ontwikkelingsrichting moet worden gestopt of juist verder uitgebouwd. Tot nu toe is te weinig aandacht besteed aan het belang van de levensgemeenschappen op harde substraten voor het totale ecosysteem van een bekken.

Een globale berekening van de omvang van de levensgemeenschappen in de Oosterschelde leert echter, dat dit belang zeker niet onderschat moet worden.

In 1984 is een onderzoek begonnen naar de verspreiding van biomassa op harde substraten, en naar de betekenis voor het systeem van de fourageeractiviteiten van de dieren die hun

voedseldeeltjes uit een langsstromende water filtreren.

De eerste resultaten wijzen erop, dat de gemaakte zeer globale schatting van het belang nog aan de lage kant was.

De bemonsteringen over de hele Oosterschelde in het najaar van 1984 en het voorjaar van 1985 leveren beide een gemiddelde waarde op van zo'n 120 kg koolstof per vierkante meter. Die resultaten vast extrapolierend over het gehele jaar, en rekening houdend met de hoeveelheid beschikbaar substraat, betekent dit een over het jaar gemiddelde totale hoeveelheid biomassa in de Oosterschelde van 1800 ton koolstof. Dat is ongeveer evenveel als alle mosselen samen!

Versterking van de zeewering Het Flauwe Werk op Goeree

Deze bijdrage handelt over de versterking van de zeewering op Goeree, gelegen tussen de rijksstrandpalen 11 en 13, het zogenaamde Flauwe Werk. De plannen voor de versterking zijn geleidelijk geëvolueerd in de richting van een asfaltdijk.

De zeewering op Goeree is tussen de Brouwersdam en de Haringvlietdam in beheer bij het Rijk. Als beheerder van deze zeewering heeft de Rijkswaterstaat de nodige maatregelen getroffen om te komen tot de in de Deltawet voorgeschreven versterking. Deze kustversterkingswerken worden gefaseerd uitgevoerd. Zo zijn in 1966 en de jaren 1970 tot 1977 werken uitgevoerd aan het gedeelte tussen het aansluitpunt van de Brouwersdam en het Flauwe Werk. Al eerder waren enkele gedeeltes versterkt aansluitend op de Haringvlietdam. Een ander gedeelte van de duinkust werd versterkt tussen 1977 en 1979. Op de starre zeewering van het Flauwe Werk na voldoet de gehele zeewering van Goeree thans aan Deltanormen. Met de versterking van het Flauwe Werk is in de tweede helft van 1983 een aanvang gemaakt. Vóór het stormseizoen 1984-1985 worden de werkzaamheden voltooid.

Fig. 1 Fasering van de verdedigingswerken op Goeree

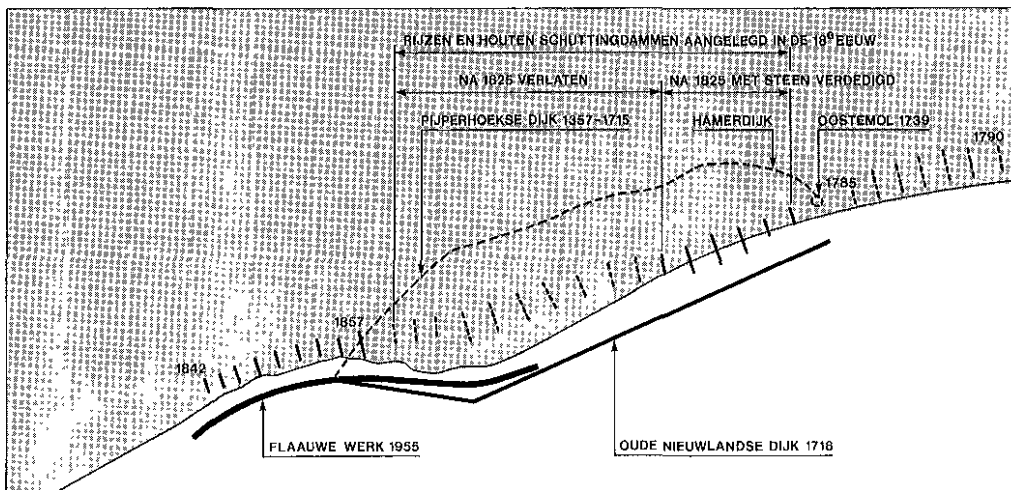
Het Flauwe Werk kan in de zeewering langs de noordkust van Goeree als een afwijkende constructie worden beschouwd. Bestaat de rest van de zeewering uit een zeewerende duinregel, een flexibele kering dus, het gedeelte tussen de strandpalen 11 en 13 is sinds 1955 uitgevoerd als een starre kering in de vorm van een asfaltdijk.

Al in vroeger eeuwen baarde dit gedeelte van de zeewering op Goeree zorgen. Reden waarom er in de achttiende eeuw al een kleidijk werd aangelegd. Tegen deze dijk stoven later weer duinen aan, zodat het in feite een slaperdijk werd. Eervóór werd een aantal strandhoofden aangelegd; het talud werd voorzien van kramwerk met daarop een kleilaag.

In de jaren tussen 1817 en 1835 is het Flauwe Werk geheel onder het zand bedolven geweest. Eerst in 1835 kwam de kleidijk weer bloot. In de periode tussen de jaren 1938 en 1953 zijn nog enkele strandhoofden aangelegd en verbeterd.

Met de stormvloed van 1953 werd de toestand ter hoogte van het Flauwe Werk precair. Hier werd de in de loop der jaren aangebrachte duinvoetverdediging grotendeels onherstelbaar vernield en er restte slechts een zeer smalle en veel te lage zeewering. Men heeft toen besloten om binnenwaarts een nieuwe zeedijk aan te leggen met een 6 m brede kruin op N.A.P. + 8,50 m.

Bij de grondverwerving is er destijds rekening mee gehouden dat in de toekomst de kruinhoogte naar N.A.P. + 10 m gebracht kon worden. Het buitenbeloop van de dijk van 1955 werd aangebracht onder een helling van 1:6, en het binnenbeloop boven N.A.P. + 6,50 m onder





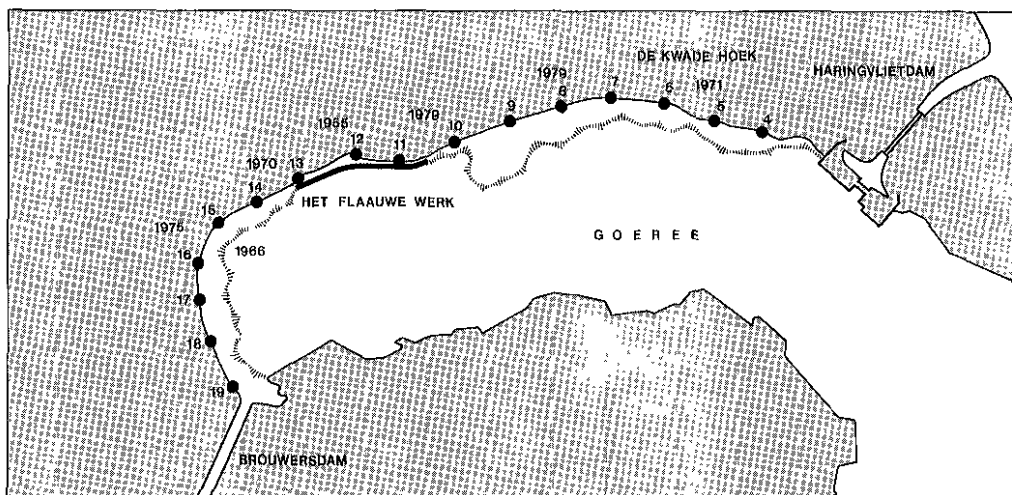


Fig. 2. Geschiedenis van de kustverdedigingswerken (1350–1955)

Beginfase van de uitvoering: ontgravingen en de aanleg van de mijnsteenkade. Op de achtergrond de vuurtoren nabij het Westhoofd

een helling van 1:3, terwijl op dit niveau een 7 m brede binnenberm, voorzien van een 4 m brede verharding, werd aangelegd. Vanaf N.A.P. + 6,50 m tot aan het maaiveld had het binnenbeloop een helling van 1:2. Het dijklichaam werd opgebouwd uit het ter plaatse aanwezige duinzand, met daarop een 15 cm dikke grindzandasfalt-bekleding. Daarop werd een dichtingslaag van asfaltbitumen met schelpen aangebracht. Het binnentalud beneden N.A.P. + 6,50 m werd voorzien van een laag kleihoudende teelaarde. De asfaltbekleding heeft gedurende zijn levensduur voorzover hij niet onder het zand lag, enkele malen een oppervlaktebehandeling van bitumenemulsie met split ondergaan. De buitenteen van de dijk is destijds aangelegd op N.A.P., zonder specifieke teenconstructie. In de loop der jaren zijn op het buitentalud tot N.A.P. + 6 m weer stuifduinen ontstaan, die met helm en rijsschermen zoveel mogelijk werden vastgelegd. Het voor de asfaltdijk gelegen strand ligt onder een helling van 1:30 à 1:40. Aan de binnenzijde was tot voor de aanvang van de recente versterkingswerkzaamheden over de gehele lengte een strook beplanting ter breedte van 20 m aanwezig, hoofdzakelijk bestaande uit abelen, wilgen, esdoorn en meidoorn.

Het kustvak ter hoogte van het Flauwe Werk verkeert nagenoeg in dynamisch evenwicht. De huidige ontwikkeling van de dieptelijn van N.A.P. – 1 m voor het Flauwe Werk heeft in het oostelijke gedeelte een stabiel karakter, met een lichte tendens tot uitbouw in zeewaartse richting. In het westelijke gedeelte kan men een landwaartse verplaatsing van deze dieptelijn waarnemen. Bij het ontwerpen van mogelijke oplossingen ter versterking van het Flauwe Werk, is met het morfologisch gedrag van dit kustvak rekening gehouden.

Om de noodzakelijke verzwaringen van deze kustvakken zo goed mogelijk in het aanwezige gevarieerde landschap te kunnen inpassen, is begin 1977 een werkgroep gevormd voor de landschappelijke afwerking. In deze werkgroep, die wordt gecoördineerd en geleid door de directie Zuid-Holland van de Rijkswaterstaat, zijn ook vertegenwoordigd: de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, het Biologisch Station Weversduin, Staatsbosbeheer en de afdeling Milieu en Inrichting van de Deltadienst.

De werkgroep heeft met betrekking tot de landschappelijke afwerking van het Flauwe Werk twee alternatieven beschouwd, een asfaltdijk en een zanddijk. De asfaltdijk zou eventueel een binnentalud kunnen krijgen met een grasmat op klei.

Bij het afwegen van de alternatieven is gekeken naar visueel-landschappelijke, cultuurhistorische en natuurwetenschappelijke waarden. In verband met zeeweringstechnische eisen en uit een oogpunt van beheer ging de voorkeur van de werkgroep 'Landschappelijke afwerking duinverzwaring Goeree' uit naar een starre zeewering, dus een asfaltdijk. Argumenten die voor deze oplossing pleitten, waren onder

andere dat hiermee een goede inpassing kon worden verkregen in het bestaande landschap en dat het eigen karakter van het kustgedeelte erdoor werd versterkt, zonder dat er sprake was van overheersing in het bestaande landschap; er bleek ook een goede aansluiting mogelijk met naastgelegen kustvakken, en het ruimtebeslag zou gering zijn. Bij het ontwerpen van een goede zeewering die aan Deltanormen moest voldoen, is rekening gehouden met de belangen die door de verschillende instanties in de werkgroep naar voren zijn gebracht.

Compenserend landschappelijk aanpassingsplan

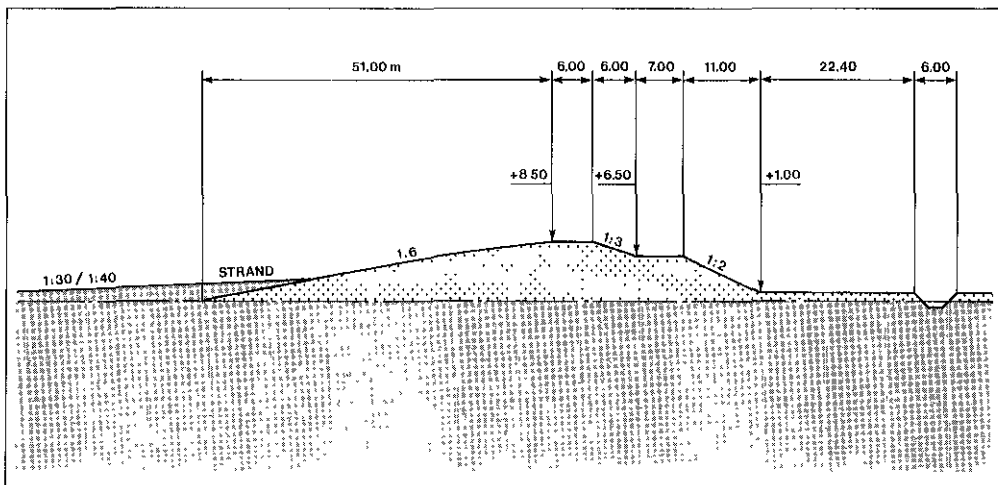
De werken voor de versterking van het Flauwe Werk hebben gevolgen voor de natuur- en landschappelijke waarden op en in de onmiddellijke omgeving ervan. De verlorengaande waarden moeten, zoveel mogelijk binnen de bestaande rijkseigendomsgrenzen, worden gecompenseerd.

Dit kan onder meer bereikt worden door het inplanten van enige percelen en overhoeken in de onmiddellijke omgeving van de zeewering. Verder is, mede in overleg met de 'Werkgroep landschappelijke afwerking duinverzwaring Goeree' in het compenserend landschappelijk aanpassingsplan onder meer bepaald dat het op het buitentalud aanwezige zand in verband met de uitvoering van de versterking dient te worden verwijderd, terwijl het aanwezige zand na de versterkingswerkzaamheden op het buitentalud zal worden teruggebracht. Het zal dan door middel van het aanbrengen van helm worden vastgelegd. Het gedeelte binnentalud bestaande uit groenstenen, zal niet worden

ingezaaid; hier zal de natuurlijke ontwikkeling van onder andere pioniersvegetaties de begroeiing bepalen; op het binnentalud zal geen aanzet worden gemaakt voor duinvorming; wel zal het beheer erop worden gericht, overstuivend zand met behulp van helm vast te houden; bij voldoende dik zand kunnen struiken, zoals duindoorns en dergelijke worden toegestaan; hierbij dient er evenwel op gelet te worden dat de laag groenstenen intact blijft. Als gevolg van de versterkingswerkzaamheden zal aan de binnenzijde van het Flauwe Werk een werkstrook moeten worden aangelegd van 7,7 m breed. Na de werkzaamheden zal over deze breedte opnieuw beplanting worden aangebracht. De bestaande beplantingsstrook aan de landzijde van het Flauwe Werk zal in westelijke richting worden doorgezet, en het Flauwe Werk zal aan beide uiteinden opnieuw ingepakt worden met zand. Aan de westzijde moet de huidige situatie qua duinvorm en begroeiing zo goed mogelijk worden hersteld. Aan de oostzijde zal opnieuw duinvorming moeten optreden, net zoals bij de recentelijk gereedgekomen duinverzwaring. De beplanting die aan de landzijde van de zeewering zal worden aangebracht, bestaat uit onder andere

Fig. 3. Dwarsprofiel, aangelegd na de stormramp van 1953

Fig. 4 Het asfaltontwerp



meidoorn, veldesdoorn, bitterwilg, vlier, esdoorn, els, witte abeel, egelantier, kardinaalsmuts en wegedoorn.

Dwarsprofiel

Voor het buitentalud is een taludhelling van 1:6 aangehouden omdat de nieuwe kruinhoogte bij deze taludhelling slechts 1 m hoger wordt dan de oude hoogte, zodat goed bij de bestaande situatie kan worden aangesloten; ook kan de bestaande asfaltaag van het buitentalud gedeeltelijk worden benut als werkvloer. Bovendien is de volume-inhoud bij deze helling, bij de vereiste kruinhoogte van N.A.P. + 9,50 m, minimaal. In verband met zettingen bedraagt de praktische aanleghoogte N.A.P. + 9,70 m.

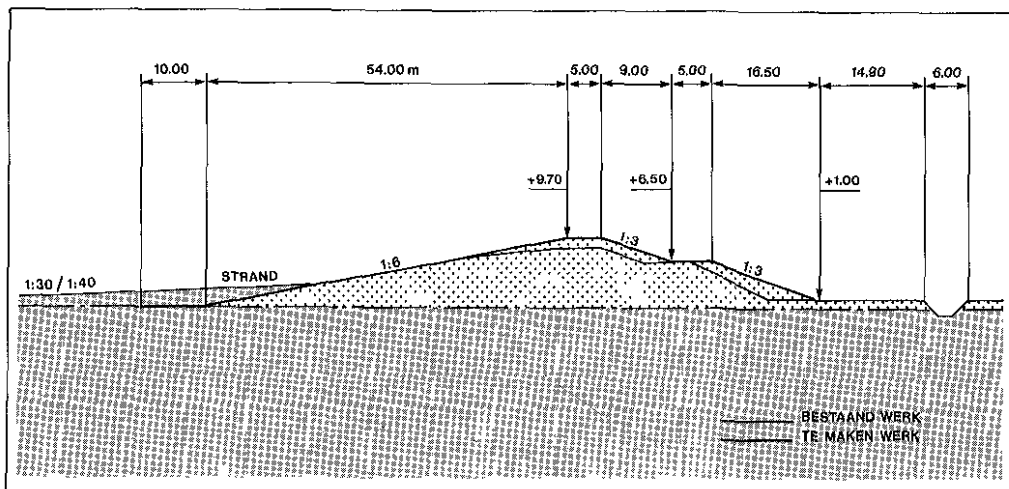
Overwogen is, de bestaande asfaltaag constructief te laten meetellen in de definitieve constructie. Gelet op de slechte staat waarin het huidige buitentalud verkeert en rekening houdend met het feit dat door het gebruik van verschillende materialen spanningen optreden met een vergrote kans op scheurvorming, wordt toch maar een geheel nieuwe laag waterbouwasfalt aangebracht. De bestaande laag kan hierbij als werkvloer dienen.

Op die plaatsen boven N.A.P. + 6,50 m waar zand tussen de oude en nieuwe laag wordt ingebracht, zal de oude laag verwijderd of gebeuld worden om eventueel intredend water af te voeren in verband met vorst. Op de nieuwe laag wordt een oppervlaktebehandeling aangebracht, om veroudering van de constructie tegen te gaan. Voor de dikte van de nieuwe laag wordt op grond van ervaringen bij soortgelijke werken tot N.A.P. + 6,50 m 25 cm aangehouden, en daarboven 20 cm.

De teenconstructie wordt uitgevoerd in de vorm van een schouderstuk van gepenetreerde stortsteen.

Grondonderzoek heeft uitgewezen, dat ter plaatse van het Flaauwe Werk een ongeveer 10 cm dikke kleilaag aanwezig is op een diepte tussen N.A.P. en N.A.P. + 0,50 m. Gelet op de geringe dikte kan er uit veiligheidsoverwegingen niet van worden uitgegaan dat deze laag volledig ondoorlatend is voor water. Om overdrukken te voorkomen wordt een open teenconstructie aangebracht, waarbij het zand ter plaatse van de kleilaag geroerd zal worden over een dikte van 75 cm. Dit doet men om de filterwerking te verbeteren. Onder de laag gepenetreerde stortsteen wordt een zandasfaltlaag aangebracht van 10 cm dik, die gedeeltelijk dienst doet als filterconstructie.

Onder stormvloed-omstandigheden moet rekening worden gehouden met een ontgronding tot N.A.P. - 2 m. De stabiliteit van de buitenteen van de constructie op N.A.P. dient dus verzekerd te worden door een oeververdediging, bij voorbeeld een kraagstuk in de vorm van een asfaltslab. Aanvankelijk werd, op grond van ervaringen met werken ten behoeve van onder andere de Oosterscheldekering, uitgegaan van dicht steenasfalt. Tijdens de uitvoering bleek deze oplossing mede als gevolg van problemen met de verwerking van het materiaal, niet flexibel genoeg te zijn, zodat men is overgegaan op waterbouwgietsasfalt. Het kraagstuk werd nu voldoende flexibel, en kan mogelijke ontgrondingen volgen. Rekening houdend met de mogelijke omvang van de ontgronding, dient het bij een helling van 1:4 een breedte te hebben van 8 m, en ter plaatse van de teen uitgevoerd te worden als een open constructie. Het meeste aanbeveling verdient



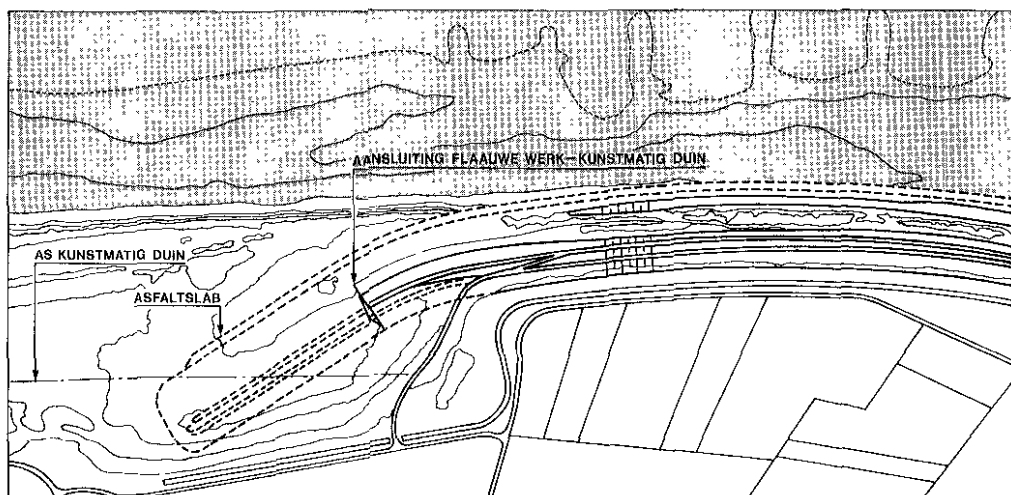


Fig 5. Westelijke aansluiting van de nieuwe asfaltdijk op de bestaande zeewering

een 2 m brede, 65 cm dikke laag open asfalt op filterdoek. Het filterdoek is nodig om te voorkomen dat er door het open asfalt heen zand uitspoelt. Om eventuele uitspoeling van zand uit de laag zandasfalt te voorkomen, dient het filterdoek ook gedeeltelijk tot onder de gepenteerde stortsteen te worden doorgezet.

De kruinhoogte van de dijk moet minstens liggen op N.A.P. + 9,50 m, en de breedte ervan dient tenminste 5 m te bedragen. De taludhelling aan de zeezijde is bepaald op 1:6. De meest steile helling die aan de binnenzijde tussen de kruin en de onderhoudsweg op N.A.P. + 6,50 m praktisch nog in asfalt kan worden gerealiseerd, en uit zeeweringstechnisch oogpunt toelaatbaar is, bedraagt 1:3. Uit praktische overwegingen is de onderhoudsweg evenals in de oude situatie geprojecteerd aan de binnenzijde van het dwarsprofiel.

Voor het binnentalud tussen de onderhoudsweg en het bestaande maaiveld op N.A.P. + 1 m is, rekening houdend met de eisen die aan een zeewering worden gesteld, overwogen een kleilaag met grasmatten aan te brengen. In verband met mogelijke zandverstuivingen en konijnenoverlast wordt echter verwacht dat het gras geen levensvatbaarheid heeft. Daarom is gekozen voor klei met open betonsteen onder een helling van 1:3.

De aansluiting van de nieuwe asfaltdijk op de naastgelegen flexibele waterkering in de vorm van een kunstmatig duin moet vloeiend

verlopen. De beëindiging van de asfaltconstructie dient uit een oogpunt van veiligheid te liggen achter de kruinlijn van het kunstmatig duin.

De asfaltslab aan de zeezijde wordt om diezelfde reden voorbij het punt doorgezet waar hij de buitenkruinlijn van het kunstmatig duin van het naastgelegen kustvak snijdt. Bovendien vereist deze discontinuïteit in de zeewering dat de uiteinden van de asfaltdijk goed worden ingepakt met zand. Om de teenconstructie in den droge te kunnen uitvoeren zal tijdelijk in vakken van 200 m een mijnsteenkade worden aangelegd, afgedekt met armorflexmatten. Deze kade dient tevens om het tijdens de uitvoering vrijkomende zand te beschermen tegen golfaanval, zodat dit zand na de werkzaamheden aan het buitentalud weer kan worden aangebracht, als onderdeel van het compenserend landschappelijk aanpassingsplan.

In verband met de slechte staat waarin de asfaltdijk verkeerde is aan de versterking van het Flauwe Werk de hoogste prioriteit toegekend. Op 19 juli 1983 heeft de aanbesteding plaats gehad. Men kon op twee manieren inschrijven, namelijk zonder en met hergebruik van het thans aanwezige zandasfalt, dat ongeveer 25% zou kunnen uitmaken van het materiaal voor de nieuwe constructie. Deze mogelijkheid was vooraf door de Wegenbouwkundige Dienst onderzocht.

De laagste inschrijver volgens het bestek was de Wegenbouwmaatschappij J. Heijmans b.v., met een aanneemsom van f 18 miljoen zonder partieel hergebruik en f 17,5 miljoen met partieel hergebruik. Begin september 1983 is het werk – met partieel hergebruik van het zandasfalt – aan deze firma opgedragen.

Samenvattingen

Voltooiing van de stormvloedkering achter gesloten schuiven

Om de laatste werkzaamheden aan de stormvloedkering te vergemakkelijken zullen de drie stroomgeulen tijdelijk geheel of gedeeltelijk worden afgesloten. Hoe dit moet worden aangepakt is van tevoren uitvoerig onderzocht. De bodembescherming bij voorbeeld wordt door zo'n manoeuvre onder bepaalde omstandigheden zwaar belast, en er kan ongewenste erosie of aanzanding plaatsvinden op de platen.

De gevolgen voor de werkbaarheid van het materieel en voor de bodembescherming werden onderzocht in het fysisch model 1:80 van de Oosterscheldemonnd. De meest gunstige sluitingspatronen werden geselecteerd, en een plan opgesteld voor de verzwaring van de bodemverdediging. In mathematische modellen werd berekend wat voor gevolgen de maatregelen zouden hebben voor het milieu en de visserij. Onherstelbare schade zal in ieder geval niet worden aangericht. Een probleem vormt alleen nog de sluiting van de gehele kering die nodig zal zijn voor het plaatsen van bovenbalken in het midden van de Roompot.

Een voorspelsysteem voor de stroomsnelheden in de omgeving van de as van de stormvloedkering

Dit artikel gaat over de lange- en middellange-termijnvoorspellingen van de hydraulische omstandigheden in de Oosterschelde-mond. Bij de lange-termijnvoorspelling – drie maanden en langer vooruit – moet men uitgaan van de

statistische gegevens omtrent het getij, en voor de middellange termijn – een week tot drie maanden – staat de astronomische berekening ter beschikking. Uit deze basisgegevens worden de stroomsnelheden volgens verschillende methoden afgeleid. Centraal staat het gebruik van wiskundige modellen, maar hydraulische modellen en natuurmetingen worden gebruikt als controle, en voor het verkennen van details. Het basissysteem maakt het tenslotte mogelijk predicties te doen per afzonderlijke locatie.

Inspectie onder water

Al vanaf 1959 werd er in het Deltagebied enig duikwerk gedaan ter inspectie van uitgevoerd werk. Toen de voorbereiding van de Oosterschelde-afsluiting ter hand werd genomen, in 1972, was er al een duikvloot gevormd van drie schepen en drie opzichter-duikers in vaste dienst.

De gang van zaken bij de Oosterscheldekering maakte steeds meer duikwerk noodzakelijk, zodat op het hoogtepunt, in 1983 en 1984, niet zelden zestig duikers tegelijk aan het werk waren. Niet alleen voor inspectie, maar ook voor het verrichten van allerlei herstelwerkzaamheden onder water. Voor de plaatsbepaling onder water werd over het algemeen gebruik gemaakt van een signaalzender op de duiker, waarvan de coördinaten aan boord van het hulpschip werden zichtbaar gemaakt. Het herstelwerk omvatte reparaties aan de funderingsmatten en aan het beton van de pijlers. Ook werden te hoog liggende stenen in de drempelopbouw gemarkeerd en voorzien van chemische ankers, en werden aanzandingen en mosselzaad verwijderd. Het grootste karwei kwam voort uit een technische tegenslag bij de pijlers: de blikken platen aan de onderkant lieten los, en het bleek nodig de pijlers massaal te ontblikken. Dertig duikers hebben daaraan een half jaar werk gehad.

Voor bepaalde werkzaamheden had men de beschikking over een duikerklok en een onderwaterwerkkamer met een grondvlak van 3 bij 6 meter. De afwisseling van de ploegen kon zeer versneld worden toen een decompressietank met drie kamers in gebruik werd genomen.

Tijdens de lange duur van bovengenoemde duikactiviteiten zijn allerlei verbeteringen opgetreden in de duikuitrusting; ook werd de duikmedische begeleiding en instructie verbeterd.

Het duikwerk voor de Oosterscheldekering is nog niet klaar. Duikers zullen voorbereidend werk moeten doen vóór de dorpelbalken

kunnen worden geplaatst, en zij zullen bij voortduring de bodemverdediging moeten blijven inspecteren.

Het artikel geeft ook een beschrijving van twee mechanische inspectiemiddelen. De 'Trigla' is een vrijzwemmend inspectiebootje van nog geen meter lengte en een doorsnee van twee duim. Dit instrument kan met behulp van een lichtgevoelige chip en een zanddiktesensor verontreiniging opsporen onder de pijlervoet. Die 35 cm hoge ruimte moet vrij zijn van zand en begroeijsel voor er betonmortel onder wordt geperst. Het andere onderwatervaartuig is de 'Portunus', die met succes controles heeft uitgevoerd op de ligging en toestand van de funderingsmatten.

De Bathse Spuisluis en de sifon onder het Spuikanaal

Door de uitvoering van de compartimenteringswerken zal achterin de Oosterschelde een zoet bekken worden gevormd. Om het peil en de kwaliteit van het water in dit bekken te kunnen beheersen moet in het zuiden een lozingspunt worden gecreëerd op de open Westerschelde. Men graaft daartoe een kanaal door Zuid-Beveland, met aan het eind een uitwateringssluis. Deze Bathse Spuisluis, gelegen in de Westerscheldedijk, bestaat volgens het definitieve ontwerp uit zes kokers, voldoende voor een afvoercapaciteit van 100 m³/s. Debietregeling vindt plaats door keuze van het aantal te openen kokers. Van elke koker is de afvoerkarakteristiek in een model onderzocht. De schuiven worden hydraulisch geheven, bij normaal gebruik over een hoogte van 5,85 m. De energievoorziening maakt gebruik van accu's, met netspanning opgeladen. De uitstroomconstructie heeft wijkende wanden en een zig-zagdrempel. Het stortebed is 100 m lang, met afnemend steengewicht van de topplaat. De bediening van de sluiskokers geschiedt automatisch, ter plaatse, dan wel vanaf de Kreekraksluizen.

De sifon is een watergang onder het Spuikanaal door.

Het bouwkundig gedeelte van beide werken kwam in 1984 gereed.

Waterbouwkundige werken en hun begroeiing onder water

Aangroei op harde substraten onder water introduceert in Nederland een flora en fauna die hier van nature niet voorkomen, en die dus kunnen worden opgevat als een verrijking. Sedert 1979 wordt er in de Oosterschelde en de

Grevelingen onderzoek naar gedaan. Vooral de verticale zonering en de relatie tot het type substraat bleken interessante aspecten. Wat de zonering betreft wordt thans een nauwkeurige inventarisatie verricht, om voorspellingen te kunnen doen en die later te toetsen, aangaande de invloed van de veranderende getij-omstandigheden op de Oosterschelde. Bij de substraten is behalve op de fysische en chemische eigenschappen ook gelet op vorm en samenbouw. Met elf steensoorten werden experimenten op touw gezet.

Voortzetting van deze experimenten met betonblokken lijkt het meestbelovend.

Versterking van de zeekering Het Flauwe Werk op Goeree

Het laatste gedeelte van de versterking en verhoging van de primaire zeekering op Goeree, tussen de palen 11 en 13, wordt uitgevoerd als een starre dijk, met een asfaltbekleding. Aan weerszijden sluit hij echter aan op een zeeuerende duinregel. Al in de achttiende eeuw was op dit traject een kleidijk aangebracht. Als vervolg van het eerste herstel van deze zeekering na de februariramp van 1953, wordt dit jaar een verdere versterking uitgevoerd. Over de landschappelijke aspecten is voorafgaand aan de vaststelling van het ontwerp breedvoerig overleg gevoerd met de betrokken instanties en verenigingen voor natuurbehoud.

Summaries

Completion of the storm surge barrier behind closed gates

In order to facilitate the final execution of the storm surge barrier the three sluice gaps will be temporarily wholly or partially closed. There has been extensive research beforehand as to how this should be tackled. For example the estuary bed protection will under certain circumstances have to bear a heavy load with such a manoeuvre, and undesirable erosion or silting of the flats can occur.

The consequences for the workability of the equipment and for the estuary bed protection were investigated in the physical model 1 : 80 of the mouth of the Oosterschelde. The most favourable closure designs were selected and a plan was set up for the reinforcement of the estuary bed defence. By way of mathematical models it was calculated what consequences these measures would have for the environment and fishery. No irreparable damage will be caused. The only problem remaining is the closure of the whole barrier which will be necessary in order to install the upper beams in the middle of the Roompot.

A forecasting system for current speeds surrounding the axis of the storm surge barrier

This article deals with the middle and long term forecasts in the Oosterschelde mouth. With long term forecasts – three months and longer – the statistical data on the tides must be taken into account, and for middle long term forecasting – between one week and three months – there are astronomical calculations available. Current speeds are deduced from these basic data using different methods. Most important is the use of mathematical models. But hydraulic models and nature measurements are used for supervision and for reconnoitring of details. Finally this

master system enables forecasting per separate location.

Under water inspection

Divers have been inspecting executed works in the Delta area since 1959. A diving fleet consisting of three ships and three observer divers in regular service had already been formed in 1972 when preparation for the Oosterschelde works had begun.

As work on the Oosterschelde barrier progressed more diving work became necessary, so that during the peak time in 1983 and 1984 it was not unusual for sixty divers to be working at the same time. This was not only for inspection but also for all kinds of repair work carried out under water. For position-finding under water, use was made of a transponder, whose co-ordinates were made visible on board the help-ship.

The repair works consisted of repairs carried out on the concrete piers. Further the too high-lying positioned stones in the sill were marked and provided with chemical anchors, and silting and mussel seed were removed. The biggest job arose as a result of the technical set-back with the piers: the tin sheeting underneath became unstuck and it proved necessary to strip the piers completely. This meant half a year's work for thirty divers. For certain activities a diver's clock and an underwater chamber with a surface of 3 by 6 metres were available. Shift changing could be considerably speeded up when a decompression tank with a triple-lock room was brought into use.

During the above mentioned diving activities improvements were made in the diving equipment as well as in the medical supervision and instruction.

Diving work for the Oosterschelde barrier is not yet finished. Preparatory work will have to be carried out by divers before the sill-beams can be placed and a constant supervision will have to be maintained on the estuary bed protection. The article also describes two mechanical inspection methods. The 'Trigla' is a free swimming inspection vessel not more than one metre long and with a thickness of two inches. With the assistance of a photo-sensitive chip and a sand-density sensor this instrument can locate pollution under the pier foot. This space of 35 cm height should be free of sand and overgrowth before under-grouting can proceed. The other underwater vessel is the 'Portunus' which has carried out successful inspection on the position and condition of the foundation mattresses.

The Bathse Spuisluis and the syphon under the Spui canal

A fresh water basin will be formed at the back of the Oosterschelde on the execution of the compartment works. In order to maintain the water level and the quality of the water in the basin a drainage system will have to lead into the open Westerschelde. A canal is being dug for this purpose through Zuid-Beveland with a discharging sluice at the end.

According to the definitive design this Bathse sluice, situated in the Westerscheldedijk, consists of six tunnels which are sufficient for a discharge capacity of 100 m³/s. Discharge is regulated by the number of tunnels opened. The discharge characteristics of each tunnel have been investigated in a model.

With normal use the gates are raised hydraulically to a height of 5,85 m. Energy provision comes from batteries topped up with mains voltage. The discharge construction has receding walls and a zig-zag sill. The deposit bed is 100 m long, with decreasing stone weight of the top layer. The tunnels are operated automatically either on the spot or from the Kreekrak locks.

The syphon is a waterway under the Spuikanaal. The architectural part of both works was completed in 1984.

Hydraulic works and underwater life

Underwater life on hard sub-stratas under water has introduced a flora and fauna previously unknown in the Netherlands and which can therefore be considered as an enrichment. Research has been carried out since 1979 in the Oosterschelde and in the

Grevelingen. The vertical layering and the relation to the type of sub-stratum have proved especially interesting aspects. As far as the layering is concerned an accurate inventory is being set up in order to be able to make forecasts which can later be tested with regard to the influence of changing tides in the Oosterschelde. It is not only the physical and chemical characteristics of the sub-strata which are the object of attention but also their form and the texture of their surface. Experiments were initiated on eleven sorts of stone. Continuation of these experiments with concrete blocks appears to be the most promising.

Strengthening of the Flaauwe Werk sea defence on Goeree

The last part of the strengthening and raising of the primary sea defence on Goeree, between pillars 11 and 13, is being carried out in the form of a dike with an asphalt covering. However it connects up on both sides to a coastal range of dunes. A clay dike had already been built along this stretch in the eighteenth century. A further strengthening of this coastal defence is being carried out this year as a continuation of the initial restoration after the catastrophe in February, 1953. There has been extensive discussion on aspects of landscape with the authorities concerned and with nature preservation societies before deciding on a design.

Vorderingen

in de periode 1 januari –
1 april 1985

Philipsdam

De fabricage van de vijf roldeuren voor de duwvaartsluizen loopt één maand voor op het schema. De deuren zijn geconserveerd, en een deel van de bewegingswerken is al ingebouwd.

De twaalf onderhoudsschuiven voor de in-, uit- en doorlaatwerken zijn gereed. Voor montage werden ze afgevoerd naar de bouwplaats. De hoofdschuiven worden thans gelast, en onderdelen voor de bewegingswerken zijn in bewerking. Het fabriceren en monteren van bovenloopkranen voor de verschillende gebouwen op het sluizencomplex ligt op schema.

De aanleg van kabels voor de algemene elektrische installatie op het sluizencomplex verloopt naar wens. De apparatenkasten zijn voor een groot deel geplaatst, en worden thans aangesloten.

Met de uitwerking van de radarinstallatie is onlangs begonnen. De betrouwbaarheidsanalyse van de bewegingswerken voor de sluisdeuren en voor de wand- en rioolschuiven nadert zijn voltooiing.

Het ontwerp van de drie pompeenheden voor het duwvaartsluizengemaal is nagenoeg afgerond; begonnen werd met het gieten van pompdelen.

Het heiwerk voor de deurenbergplaats en de brandweerplateaus is nu achter de rug; de overige werkzaamheden hieraan vorderen. Begonnen werd met de fabricage van onderdelen voor de remmingwerken en wachtplaatsen voor de duwvaartsluizen. Het verdiepen van de westelijke voorhaven van de duwvaartsluizen heeft mede door de winterperiode enige achterstand opgelopen. Met het ontmantelen van de westelijke ringdijk van de duwvaartsluizen is een begin gemaakt.

Doorbaggering van de ringdijk van de westelijke voorhaven bij de Krammersluizen

Oesterdam

De aanleg van het ruim 4 km lange dijkvak, bekend als Speelmansplaten I, zal medio 1985 gereed zijn. Het zandbedrijf is achter de rug en de zuiger is afgevoerd.

Het nieuwe bestek, Speelmansplaten II/Marollegat, is in het begin van dit jaar gegund aan Baggermij Holland. Op 21 januari 1985 is begonnen met het inrichten van een speciebergings op de Molenplaat. Eind februari 1985 zijn twee zinkers afgezonken door de Schelde-Rijnverbinding. De cutterzuigers zijn begonnen met hun werk. Naar afwachting zal het Marollegat gesloten worden in juni 1985.

Het betonwerk van de Bergse diepsluis is in uitvoering. De inundatie van de bouwput zal in het najaar 1985 plaatsvinden.



Bathse spuikanaal

De natte ontgraving van het Bathse spuikanaal werd in de verslagperiode voortgezet. In de maand januari 1985 zijn er nauwelijks werkzaamheden verricht in verband met de vorst. Dit werkonderdeel is inmiddels voor ruim de helft gereed.

De cutterzuiger 'Rozenburg' ontgraaft zandige specie uit het noordelijk kanaalpand en perst die naar de specieberg in het Markiezaat. Eind april 1985 zullen de baggerwerkzaamheden in het noordelijk kanaalpand achter de rug zijn. De cutterzuiger 'Utrecht' heeft

zandige specie ontgraven in het zuidelijk kanaalpand, en is thans bezig in het gebied tussen de Bathse brug en de Kreekraksluizen. De specie wordt gespoten in de landvorming voor de stadsuitbreiding van Bergen op Zoom.

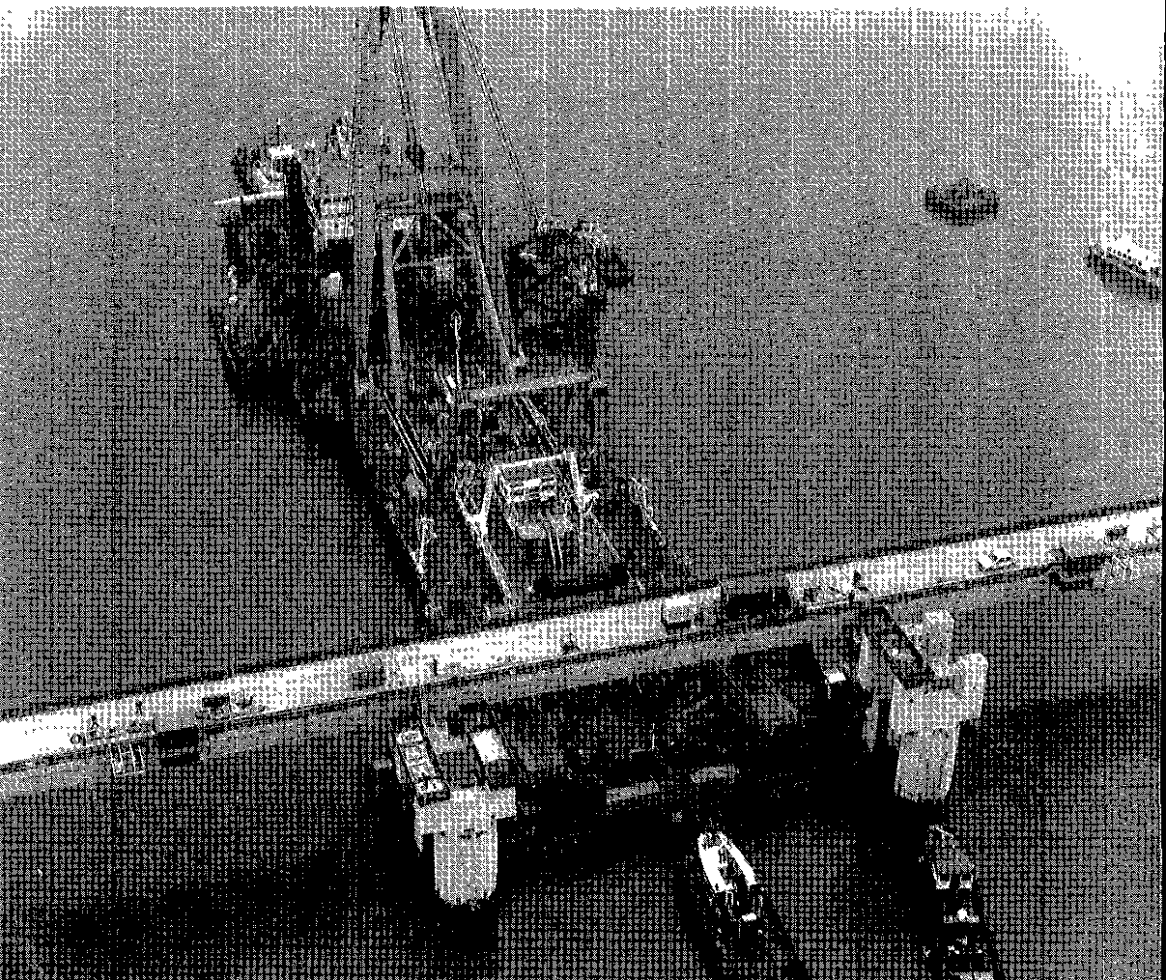
Droge ontgraving heeft plaatsgevonden onder en naast de Kreekrakbruggen. Er is ter plaatse een onderzoek gaande naar explosieven uit de Tweede Wereldoorlog; daarna zal verdere ontgraving plaatsvinden.

De fabricage van de bewegingswerken voor de Bathse spuisluis is in volle gang.

Stormvloedkering

Het begin van de verslagperiode heeft zich gekenmerkt door een voor onze begrippen extreme winter. Voorsprongen die bij verscheidene onderdelen van het werk waren opgebouwd, gingen verloren en bij enkele onderdelen leidde de vorstperiode zelfs tot een achterstand. Het

Verkeerskokers in de Oosterscheldekering



omvattende tijdschema van de werkzaamheden moest worden aangepast. Het opgestelde inhaalschema wordt thans uitgevoerd. Na de vorstperiode is weer verder gegaan met de opbouw van de drempel in de Roompot. De verdichting van de drempel is geheel gereed en goedgekeurd. De opbouw van de onderlagen en een deel van de toplagen door twee zelfvarende steenstorters verloopt goed. Het aanbrengen van de toplagen met behulp van de 'Trias' verloopt eveneens naar wens.

Ook bij de aanleg van de damaanzetten is door de vorstperiode vertraging opgetreden. De planning moest worden aangepast, wat betekent dat bepaalde delen van de damaanzetten in een later stadium gereed zullen zijn zonder dat de totaalplanning gevaar loopt. Damaanzet Roggenplaat-Zuid is gereed, en de aanleg van damaanzet Noordland is in volle gang. De bouw van de verkeerskokers en hamerstukken verloopt goed.

In de verslagperiode werden de landhoofdverkeerskoker Roompot-Zuid en de verkeerskokers en hamerstukken R1 tot en met R4 geplaatst. De landhoofdverkeerskoker aan de kop van Schouwen is tijdelijk ingericht voor bezichtiging door gasten van de Rijkswaterstaat en de aanne-mer. De bouw van de dorpelbalken in compartiment 4 is nagenoeg gereed.

De voorbereidingen voor de doorbaggering van de ringdijk tussen compartiment 3 en 4 zijn dan ook in volle gang. Inmiddels is de proefperiode van de drijvende bok 'Taklift 4' met succes afgerond. Zoals eerder werd vermeld is daarvoor één dorpelbalk in een apart bouwdokje gebouwd. Aan het einde van de proefperiode is de dorpelbalk

definitief op z'n plaats gezet in de kering.

In het sluitgat fungeert de 'Macoma' als afmeerpunt voor de 'Taklift 4'. De bouw van de bovenbalken heeft een aanvang genomen.

Er werden materiaalfouten ontdekt in het buizenframe van de schuiven. Voortgezet onderzoek heeft uitgewezen dat een deel van de constructie van de schuiven niet aan die hoge eisen voldoet, die aan de duurzaamheid op de lange termijn moeten worden gesteld.

Voor de korte termijn zijn de grotendeels samengebouwde schuiven sterk genoeg.

Besloten moest worden tot reparatie van die schuiven waar dit verschijnsel optreedt. De schuiven in de Hammen en de schuiven Schaar 1, 2 en 3, *die al zijn ingehangen, zullen in een later stadium worden gerepareerd.* De nog te plaatsen schuiven in de Schaar en Roompot zullen waar nodig vóór plaatsing worden aangepast. Deze beslissingen hebben geen consequenties voor het *gereedkomen van de stormvloedkering.* Wel is het werkschema als gevolg van de problemen met de schuiven opnieuw herzien en aangepast. Het afbouwen en inregelen van de schuiven en bewegingswerken in de Hammen verloopt volgens plan. Enkele schuiven *zijn inmiddels op en neer bewogen.* Dat was een fascinerend gezicht.

Duikwerk werd voornamelijk verricht in de sluitgaten.

De proefperiode voor het plaatsen van de dorpelbalken en de definitieve plaatsing van een dorpelbalk heeft plaatsgevonden onder begeleiding van duikers. Verder werd met behulp van duikers het kritische filtergebied rondom de pijlers zandvrij gemaakt, voordat de drempel kon worden aangebracht. Inspec-

ties vonden plaats van ankerpalen en voorlopers in de sluitgaten en van de rand van de bodembescherming. Tijdens de vorstperiode zijn enkele malen markeertonnen in de sluitgaten weggehaald, om te voorkomen dat schade zou ontstaan door ijsgang. Onderzocht is welke werkmethode moest worden ontwikkeld voor het schoonmaken van de dorpelbalkspanningen voordat de dorpelbalken worden geplaatst.

