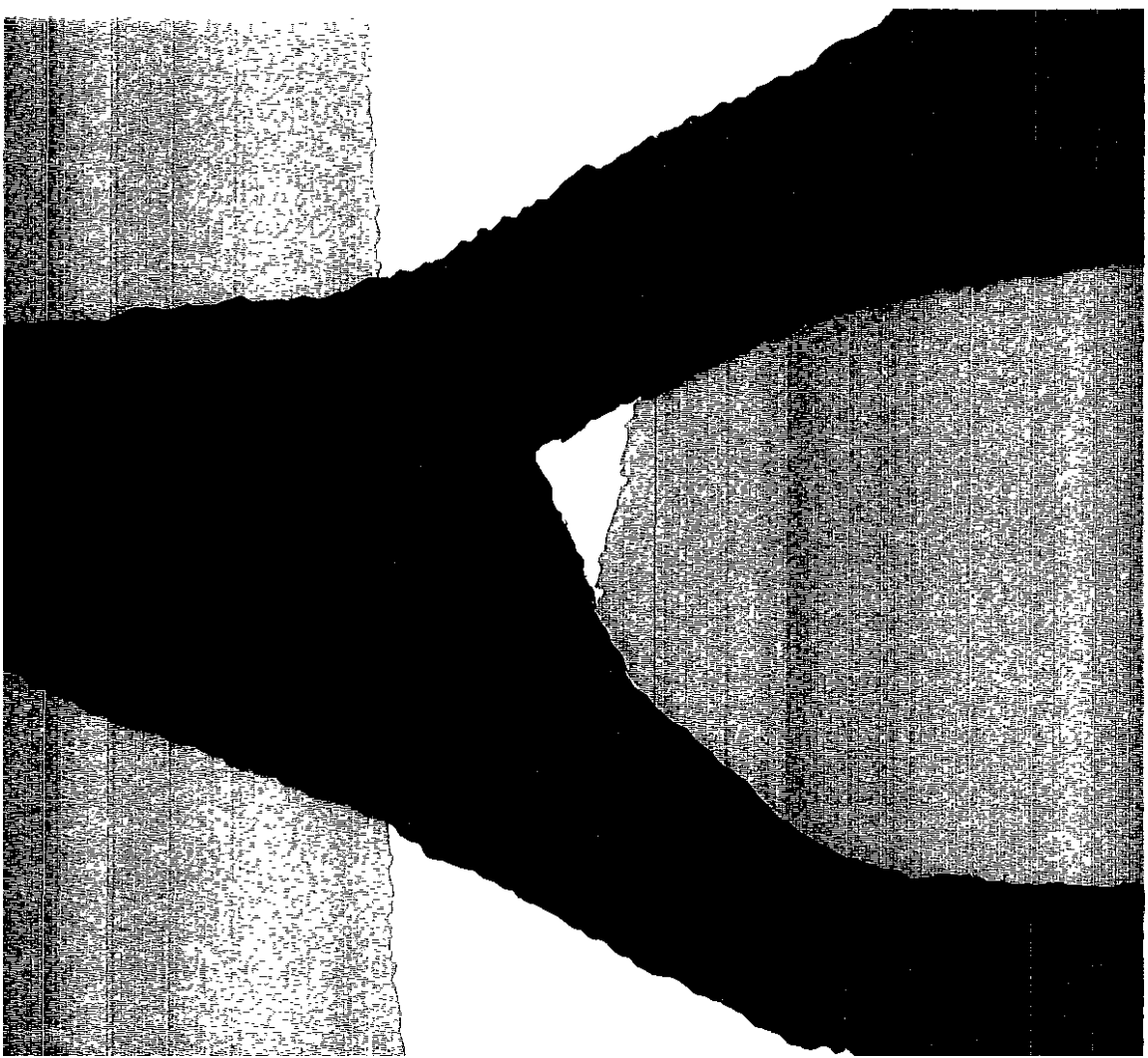


Driemaandelijks Bericht
nummer 93, augustus 1980

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadelaan 400
2597 AT 's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr. Plantijnstraat 1
2515 TZ 's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 23,— per jaar
of f 6,— per nummer

Inhoud

Uitvoeringsplanning 119

Het funderingsbed 125

De mattenlegponton 'Cardium' 130

**Verdichting van de zandige ondergrond in de as
van de stormvloedkering 133**

**Werkbaarheidsverwachtingen voor de
Oosterschelde 139**

**Golfrichtingsonderzoek in de mond van de
Oosterschelde 142**

Het ontwerp van de Oesterdam 148

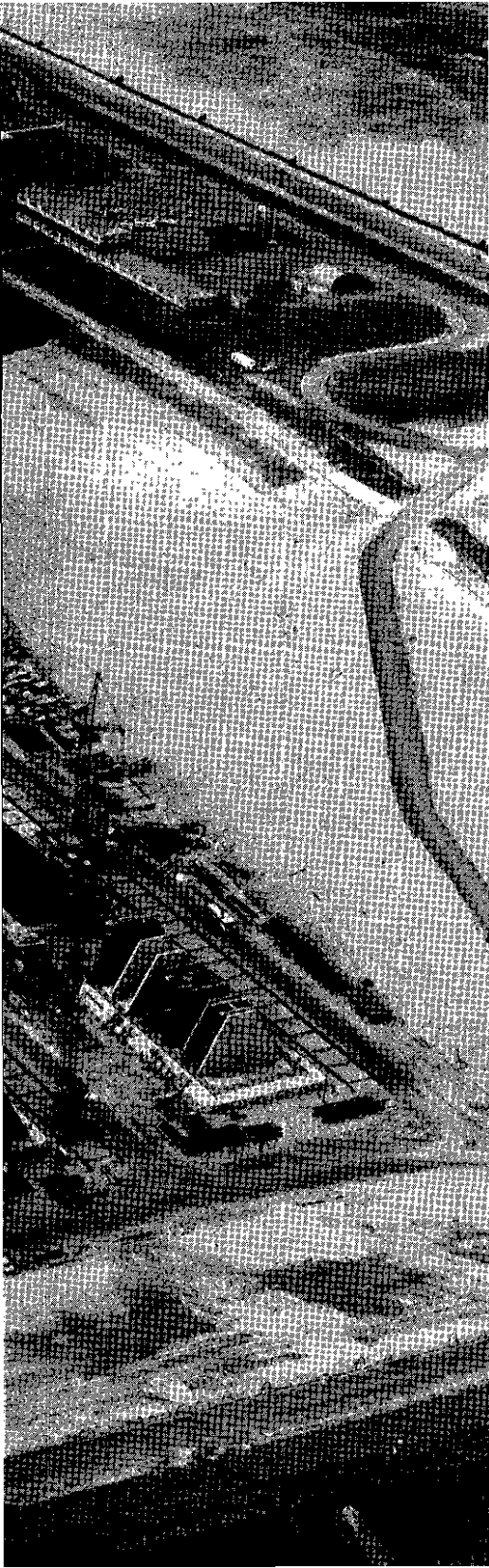
**Zandwinning voor de compartimenterings-
werken 153**

**Geomorfologische veranderingen op de
eilanden en oeverlanden in het
Grevelingenmeer 157**

Samenvattingen/Summaries 166

Vorderingen 170





Uitvoeringsplanning

Aan de bouw van de stormvloedkering in de Oosterschelde nemen van Rijkswaterstaatszijde de directie Sluizen en Stuwen, de directie Bruggen en de Deltadienst deel; anderzijds is er een grote aannemerscombinatie bij betrokken. Om goede coördinatie, bewaking en bijsturing van alle activiteiten in dit samenwerkingsverband mogelijk te maken, is het hanteren van planningsmiddelen onontbeerlijk.

Daarbij worden twee methoden gebruikt, één gericht op de activiteiten in de voorbereidende fase – studie, ontwerp, besteksgereedmaken en machtigingsprocedures – en één gericht op de uitvoering van de werkzaamheden in en nabij de as van de te bouwen stormvloedkering. De eerste methode is gebaseerd op netwerkplanning. Dit is een planningstechniek waarmee berekend kan worden op welke tijdstippen de verschillende deelactiviteiten kunnen en moeten beginnen. Uit de netwerken worden balkenschema's afgeleid, waarin van elke deelactiviteit de tijdstippen van begin en einde zijn weergegeven. Deze balkenschema's worden gebruikt om over de voortgang van de activiteiten te rapporteren. In Bericht 87 (februari 1979) is de gang van zaken bij die voortgangsrapportage in de bijdrage 'Het project Stormvloedkering Oosterschelde, organisatie en werkwijze' kort weergegeven.

De tweede planningsmethode heeft betrekking op de uitvoering van werkzaamheden in de sluitgaten. De planning van deze werkzaamheden heeft een aantal bijzondere aspecten, die het gebruik van een andere planningstechniek noodzakelijk maken, de zogenaamde 'line balancing'. Deze activiteiten zijn namelijk niet alleen onderworpen aan technische afhankelijkheden – eerst moet het funderingsbed worden gelegd, daarna de pijlers geplaatst –, maar ook

aan ruimtevoorwaarden. De ruimte in de sluitgaten is nu eenmaal beperkt. De werkschepen mogen niet al te dicht bij elkaar in de buurt komen, omdat er anders geen ruimte is om te manoeuvreren en de ankerdraden elkaar gaan kruisen. De werkschepen moeten daarom een onderlinge afstand bewaren van 200 à 400 m, afhankelijk van het soort vaartuig.

Er is overigens een grote planningsvrijheid, niet in die zin dat er erg veel tijd beschikbaar zou zijn, maar wel ten aanzien van de plaats waar men wil beginnen. De drie sluitgaten zijn grotendeels gelijkwaardig, en in welk gat er begonnen wordt, is in beginsel arbitrair. Vanzelfsprekend heeft elke in het begin gemaakte keuze wel invloed op de latere activiteiten, en moet er wel degelijk rekening worden gehouden met de hydraulische randvoorwaarden. De dorpelbalken bij voorbeeld moeten van buiten naar binnen worden geplaatst, omdat de stroomsnelheden bij vernauwing van het sluitgat gaan oplopen. Als er van zuid naar noord zou worden geplaatst, zou dat kunnen leiden tot beschadiging van de noordoever. De vrijheid om maar ergens te beginnen is dus toch wat beperkter dan hierboven even werd gesuggereerd.

De planningstechniek van 'line balancing' wordt bij de planning van de stormvloedkering in de wandeling het 'tijd/weg-diagram' genoemd. Deze laatste naam geeft aardig aan wat er in zo'n planning te zien is, namelijk de weg die een bepaald werkschip met het verloop van de tijd aflegt, en de plaats waar het zich op elk tijdstip bevindt. In figuur 1 is een voorbeeld van een eenvoudig tijd/weg-diagram geschetst, waarin een tweetal activiteiten is opgenomen. De uitvoerende werkschepen mogen niet dicht bij elkaar komen dan 400 m. De helling van de planningslijn wordt bepaald door de werksnelheid van de schepen. In de winter zal de produktie onder invloed van bijvoorbeeld stormen meestal lager liggen dan in de zomer.

Door de eerste activiteit in te tekenen en de afstand van 400 m goed in de gaten te houden, is de tweede activiteit gemakkelijk te construeren. Het tweede schip wordt gedwongen niet harder op te schieten dan het eerste, omdat het anders te dichtbij komt. Het laatste stuk kan weer in het eigen tempo worden gedaan, omdat het eerste schip dan al klaar is.

Bij de stormvloedkering is het plaatsen van de pijlers het gebeuren waar alles om draait. In welke volgorde de pijlers geplaatst moeten worden, is al – bijna – helemaal vastgelegd in verband met de indeling van het bouwdok. De plaatsing van vier pijlers om en om in twee sluitgaten tegelijk, moet dus als eerste in de planning worden vastgelegd. Het tijdstip waar-

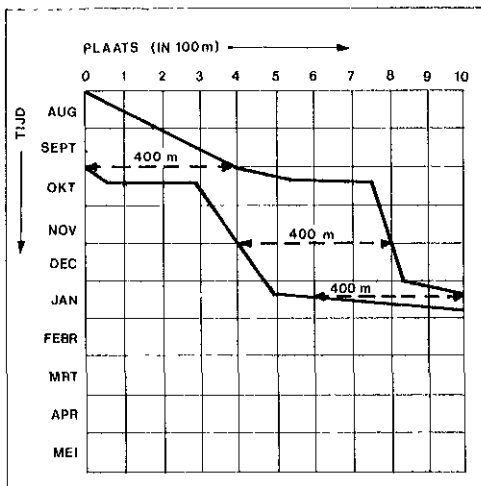
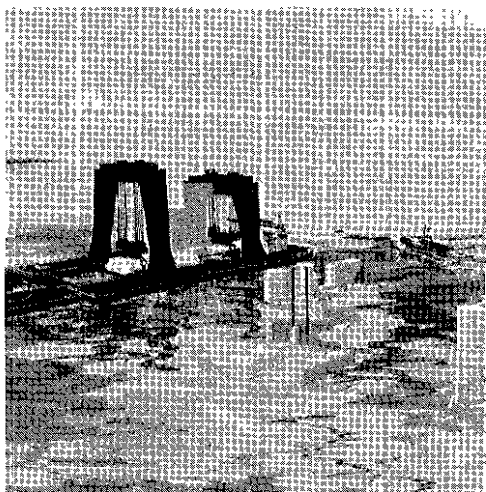
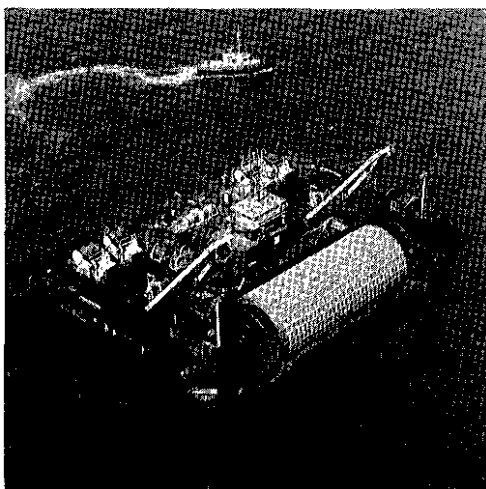
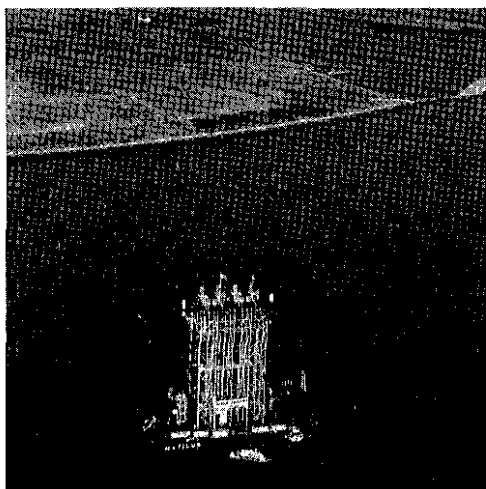


Fig. 1. Tijd/weg-diagram voor twee werkschepen in één sluitgat.

Foto's rechts: Werkschepen voor de bouw van de stormvloedkering: het verdichtingschip, de blokkenmatlegger, het hefschip en het asfaltschip.

Fig. 2. (op p. 122/123). Tijd/weg-diagram voor de gehele uitvoeringsplanning.

op de pijlers worden geplaatst, bepaalt dus de start- en eindtijden voor de erop volgende en de eraan voorafgaande activiteiten. Bij het samenstellen van een tijd/weg-diagram moet behalve met de afstanden ook rekening worden gehouden met een aantal andere voorwaarden: technische en hydraulische randvoorwaarden, continuïteit en snelheid van werken, en de noodzakelijke voorbereidingen. De technische randvoorwaarden komen voort uit het ontwerp en de daarin gekozen oplossingen voor allerlei detailkwesties. Daaruit vloeit bij voorbeeld de noodzaak voort om de funderingsmat gelegd te hebben voor het plaatsen van de pijlers een aanvang neemt. Hydraulische randvoorwaarden daarentegen zijn een gevolg van de hydraulische ontwikkelingen die optreden tijdens de werkzaamheden, zoals erosie en aanzanding. Daarom mag bij



voorbeeld het plaatsen van pijlers in de Roompot niet eerder beginnen dan nadat 60 % van de bodem van de Roompot in het tracé is bedekt met een erosie tegengaande laag, de funderingsmat. Dat er gestreefd wordt naar continuïteit van inzet van materieel, is begrijpelijk. Moeten wachten op andere schepen, of gedurende lange tijd stilliggen werkt kostenverhogend en is uit een oogpunt van personeelsinzet ongewenst.

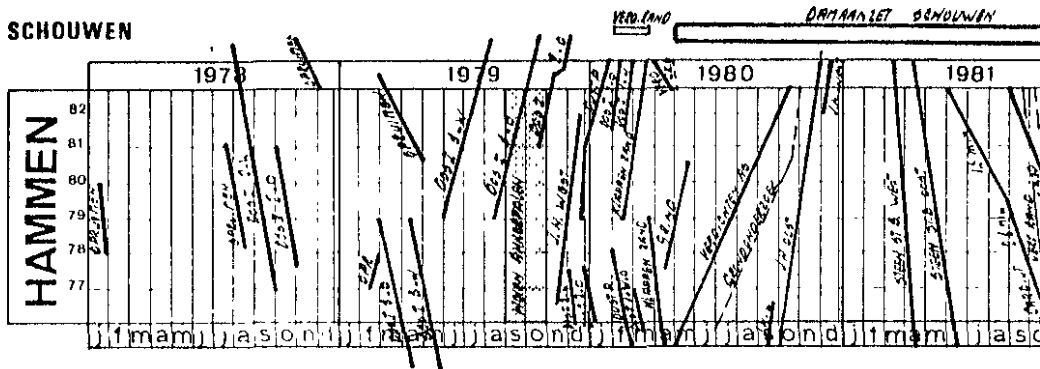
Daarnaast moeten schattingen worden gedaan van het haalbare werktempo. De snelheid waarmee een schip werkzaamheden uitvoert, zal niet constant zijn. Er zal rekening gehouden moeten worden met een inwerkperiode, vertraging in het winterseizoen, onwerkbaar dagen, en ook met invloeden die te maken hebben met de gesteldheid van de bodem ter plekke. Er bestaan ook nauwe relaties met de planning van de

voorbereidende werkzaamheden. Er is tijd nodig voor het verrichten van studies, ontwerp, bestekschrijven, machtigingsaanvraag, en dergelijke meer. Dit houdt in dat niet zomaar op ieder willekeurig tijdstip met de uitvoering kan worden begonnen.

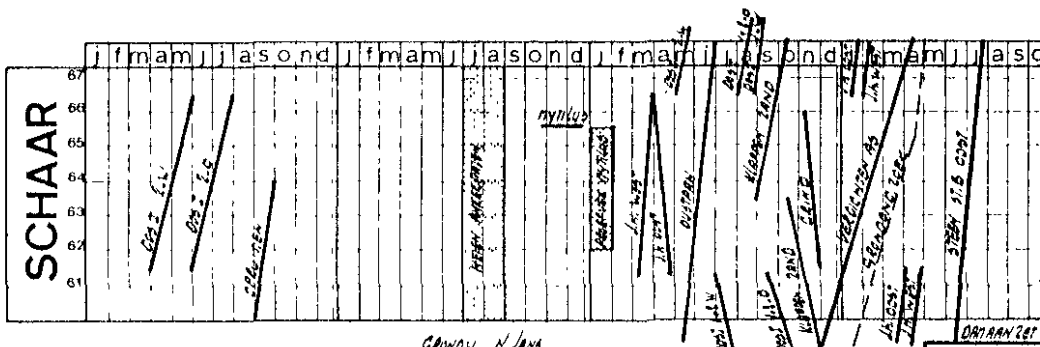
In figuur 2, op p. 122 en 123, is het tijd/weg-diagram te zien dat de gehele uitvoeringsplanning weergeeft. Het is niet gedetailleerd genoeg om bruikbaar te zijn voor de korte termijn. Voor de korte termijn – 4 à 6 maanden – worden daarom tijd/weg-diagrammen opgesteld per sluitgat, en op een grotere schaal.

Figuur 3 toont de planning voor het sluitgat Hammen voor de eerste zes maanden van 1980. Men kan hierop de activiteiten dustpannen, blokkenmat leggen, zand aanvullen in cunet, grondonderzoek en verdichten alle terugvinden. Tevens is te zien dat de blokkenmatlegger eind

SCHOUWEN

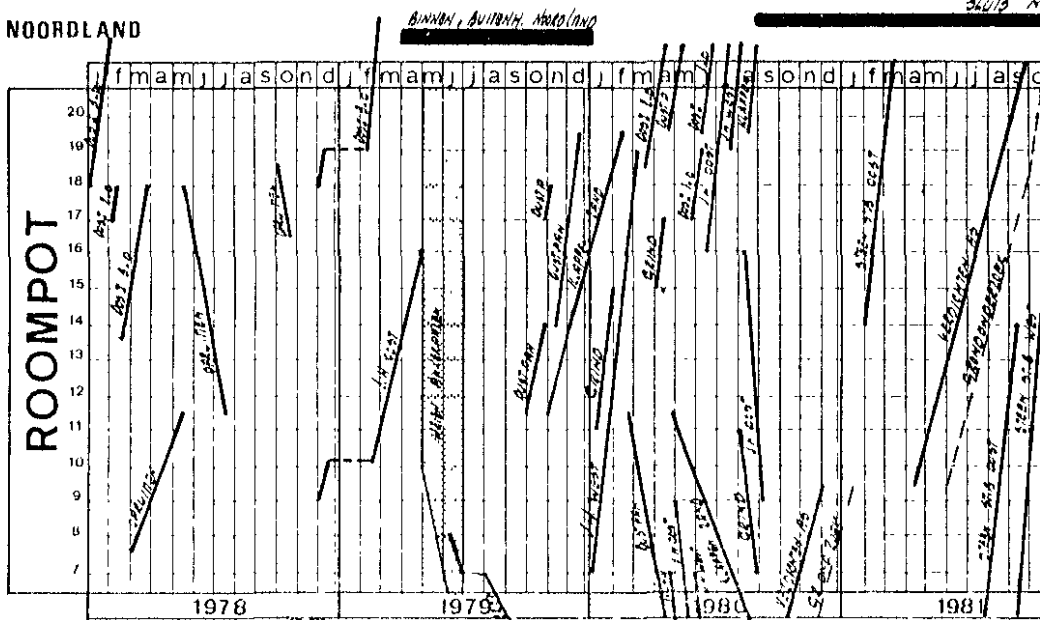


ROGGENPLAAT

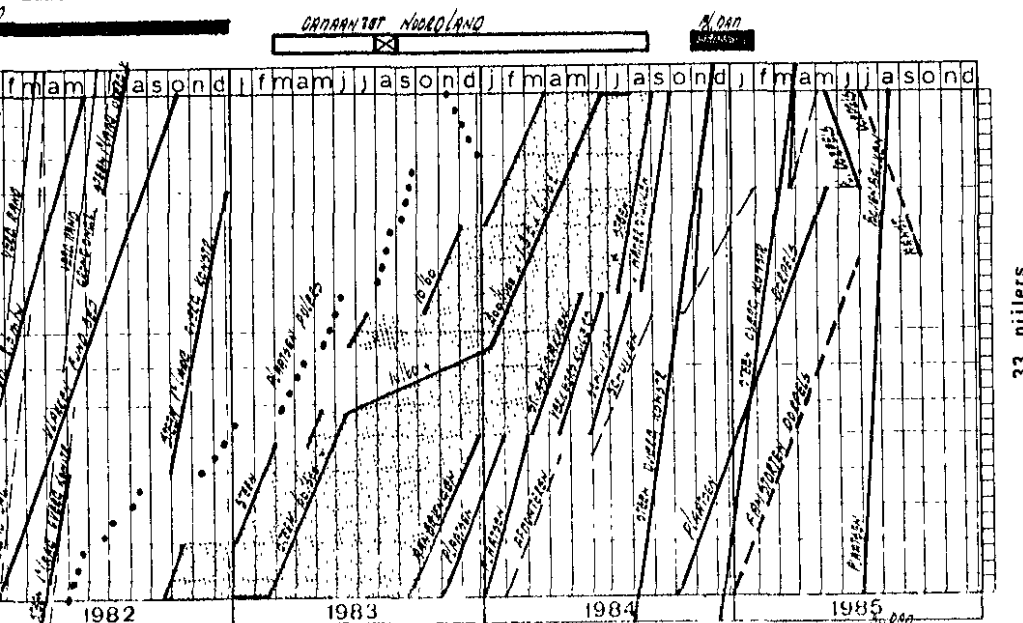
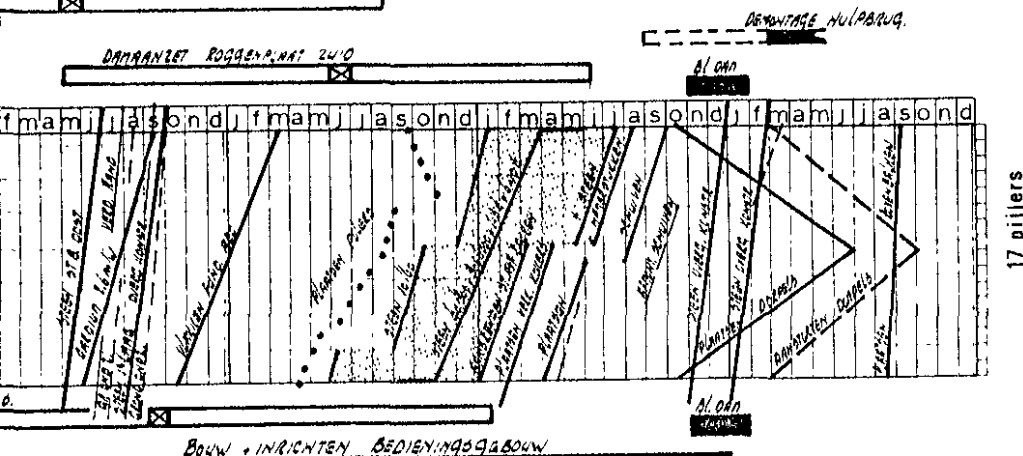
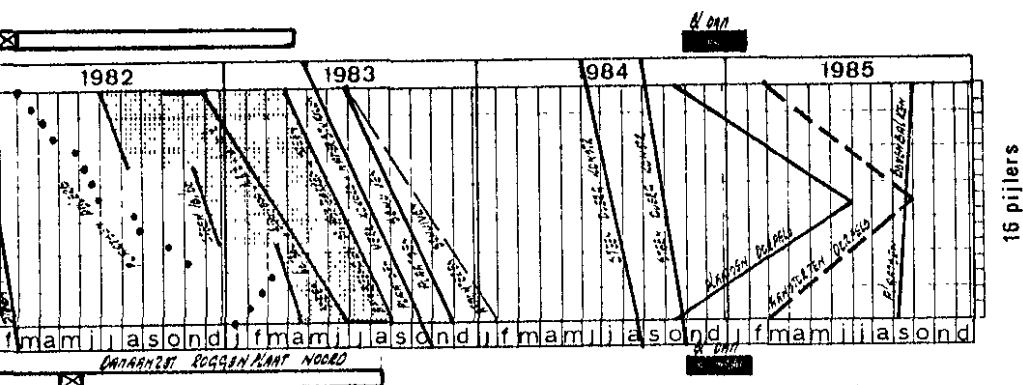


NEELTJE JANS

NOORDLAND



NOORD BEVELAND



PL 443 3.5.1980 H.B.55

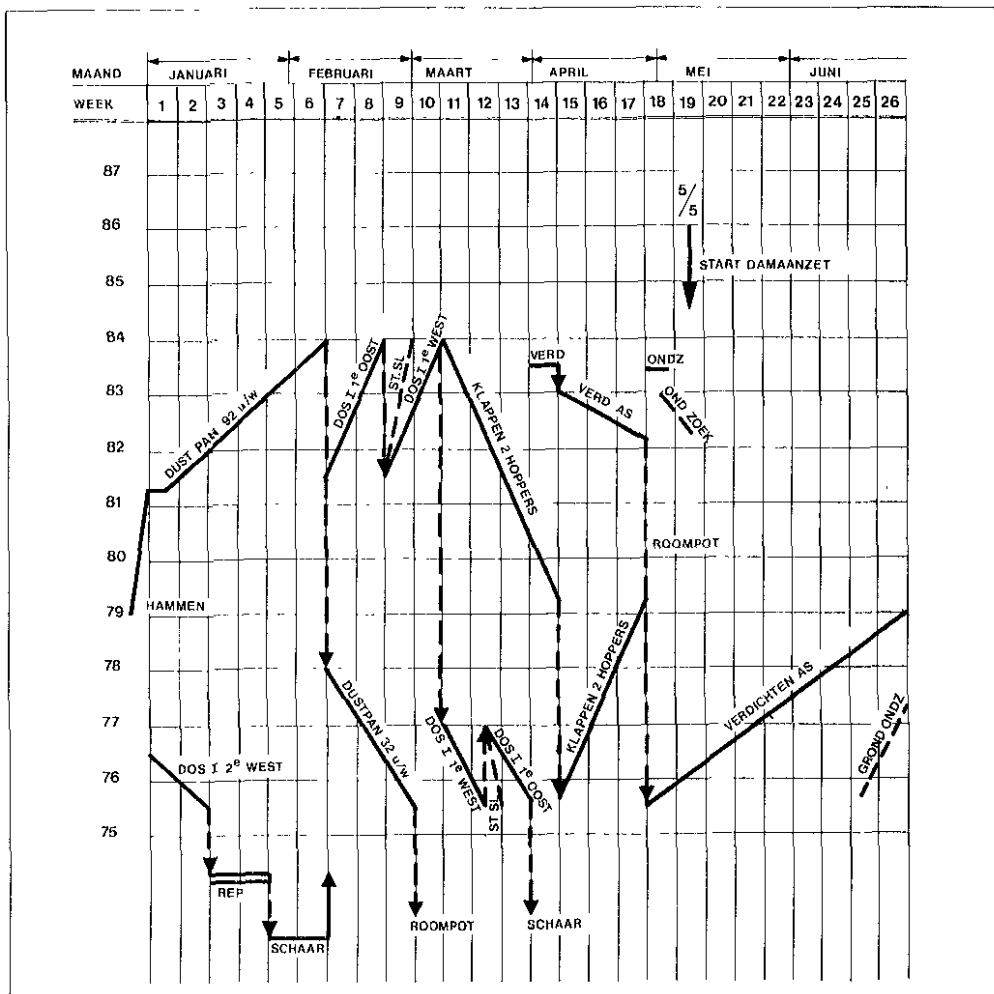


Fig. 3. Planning voor het sluitgat 'Hammen', eerste halfjaar 1980.

januari in reparatie moet, en daarna naar het sluitgat Schaar gaat. Na twee weken komt de blokkenmatlegger weer terug, om verder te gaan in het sluitgat Hammen. Bij het verdichten van de as ziet men dat eerst een stukje van noord naar zuid wordt gewerkt, en daarna vanaf de andere oever van zuid naar noord. Het grondonderzoek dat vlak na het verdichten moet plaatsvinden om te controleren of het verdichten goed is gegaan, volgt het verdichten op de voet.

Het tijd/weg-diagram is bij de bouw van de stormvloedkering een onmisbaar instrument; het wordt dan ook bijna dagelijks gebruikt. Elke week vindt er een vergadering plaats, waarin de werkzaamheden van dat moment besproken worden, en waarin het korte-termijnplan zo nodig wordt bijgesteld. Het is daarom van belang dat de beschreven planningsmethode zo

efficiënt mogelijk wordt gehanteerd. In een volgend Bericht zal ter sprake worden gebracht, welke mogelijkheden er zijn als de computer bij dit planningsproces wordt ingeschakeld.

De pijlers van de stormvloedkering in de Oosterschelde worden, zoals men dat noemt 'op staal' gefundeerd. Dat wil zeggen dat er geen palen onder worden geheid. Toch betekent dit niet dat ze zonder meer op de bodem van de Oosterscheldevond worden geplaatst. Dat is om hydraulische redenen onmogelijk. Tussen de onderkant van de pijlers en het bodemzand wordt een funderingsbed gemaakt, dat als filter dient voor het onderliggende Oosterschelde-zand. Tevens moet het bed voldoen aan grondmechanische eisen, zowel in de bouw- als in de eindfase.

Om met het laatste te beginnen: de grondmechanische eisen houden in dat er voldoende schuifweerstand in het funderingsbed aanwezig moet zijn om de grote horizontale krachten op te nemen waaraan de stormvloedkering in gesloten toestand blootstaat; zowel de horizontale als de verticale vervormingen dienen daarbij klein te blijven. De filtereisen houden in dat het bed het onderliggende zand kan vasthouden bij de verhangen die optreden over de kering. Onder de pijlers wordt vrijwel geen extra-zetting ten gevolge van uitgespoeld materiaal geaccepteerd. Onder de loskorrelige drempel, die na het plaatsen van de pijlers wordt aangebracht, is wel enige zetting toelaatbaar. De onderste laag van de drempel dient ondoordringbaar te zijn voor de bovenste laag van het funderingsbed; de korreldiameter moet daar, ter wille van de stroombestendigheid, gemiddeld 10 cm bedragen.

Naast de genoemde hoofdfuncties stelt de pijler nog aanvullende eisen op het gebied van vlakheid en dichtheid. Alle eisen samen hebben geresulteerd in een ontwerp van het funderingsbed waarin drie lagen voorkomen. Van onder naar boven bestaan deze lagen uit grof zand, met gemiddeld korrels van 1 mm doorsnee, kif, met korrels van 5 mm, en grind, met eenheden van 25 mm doorsnee. De laag grof zand is ondoordringbaar voor het Oosterscheldezand, en de opeenvolgende lagen zijn dit ten opzichte van elkaar ook.

Om uitvoeringstechnische redenen is besloten de filterlagen in een mat te verpakken. Er worden daartoe matten aangemaakt van 32 cm dik, 42 m breed en 200 m lang. Deze methode geeft de meeste zekerheid dat de filters onder de gegeven werkomstandigheden ongestoord kun-

Het funderingsbed

nen worden aangebracht. Met name de stroomsnelheden en de natuurlijke zandtransporten in de sluitgaten zouden losgestorte filters al tijdens de uitvoering aantasten. De breedte van de filtermatten is afgeleid van de hart-op-hart-afstand tussen de pijlers – 45 m – en de ruimte van 3 m die tussen de matten aangehouden wordt. De lengte wordt bepaald door hun aansluiting op de stortebedden. De mat wordt in een fabriek samengesteld en daarna op een rol gewikkeld en afgevoerd naar het sluitgat. Daar wordt hij door de 'Cardium' afgerold. Dit is een werkponton van 90 × 60 m, dat voorzien is van 45 m brede dustpanzuigmonden, waarmee eerst het bed op de vereiste diepte vlak gezogen wordt. Gedeeltelijk simultaan met het zuigen wordt de mat gelegd. Met het oprollen en afzinken van – weliswaar veel lichtere – matten is reeds veel ervaring opgedaan: op de bodem van de Oosterschelde liggen enkele vierkante kilometers van op deze wijze verwerkte blokken- en steenasfaltmatten. Met dustpanzuigers met een zuigbreedte van 10 m wordt thans ervaring opgedaan bij het maken van de sleuven voor de grondverbeteringen. De opdrachten van de 'Cardium' zijn dus van vergelijkbare aard, maar belangrijk groter van dimensie dan alles wat wij in de praktijk van de uitvoeringstechniek hebben leren kennen; mogelijk zijn de verschillen, door hun grootte, soms ook van kwalitatieve aard. Hoe is nu een filtermat geconstrueerd? De onderzijde wordt gevormd door een zogenaamde 'drager'. Dit onderdeel bestaat uit kunststofdoek, versterkt met staalkabels. Ook tussen de filterlagen zijn kunststofdoeken aangebracht, om vermenging van de lagen tijdens het leggen van de matten tegen te gaan. De bovenste filterlaag wordt afgedekt door een zwaar kunststof-

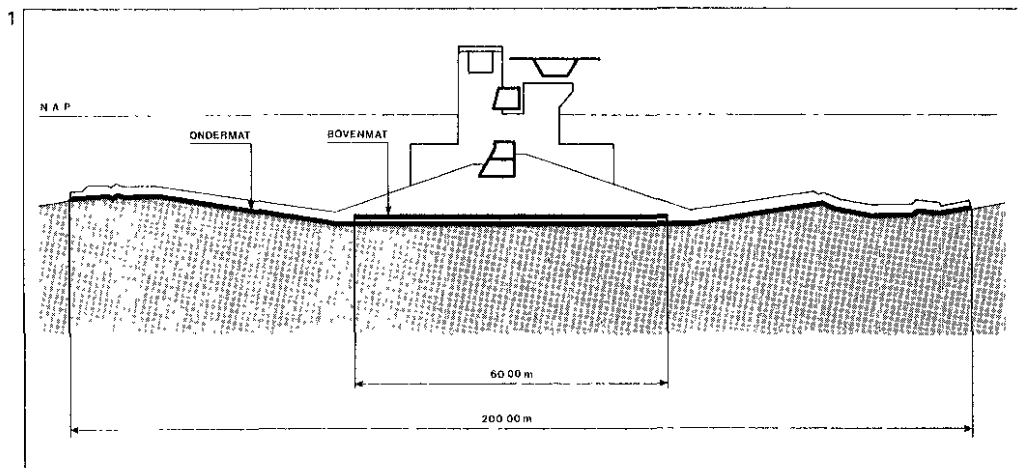


Fig. 1. Dwarsdoorsnede van de stormvloedkering met onder- en bovenmat van de fundering.

Fig. 2. Opbouw van de filters in de funderingsmat.

doek. In elke filterlaag komen ook verticale scheidingswanden voor, zogenaamde 'korven', die moeten voorkomen dat de filterlagen uitzakken wanneer de mat bij het afzinken verticaal hangt. Het geheel wordt bij elkaar gehouden door een groot aantal verticale stalen pennen. Om beschadiging van deze mat voor en tijdens het plaatsen van de pijlers te voorkomen, wordt er een tweede mat bovenop gelegd, van weer 32 cm dikte. Deze mat meet overigens 31×60 m, en is geheel met grind gevuld. Ter wille van de vormvastheid komt hij qua constructie geheel overeen met de hierboven beschreven filtermat. De 'Cadium' is tevens uitgerust met een zuigstelsysteem om zand weg te zuigen dat op de ondermat ligt, vóórdat de bovenmat wordt aangebracht. In totaal zijn er 66 onder- en bovenmaten nodig.

Ontwikkelingen

De eisen die worden gesteld aan de verpakingsmaterialen waaruit de mat wordt opgebouwd, betreffen de sterkte, het behoud van filterkwaliteit en de verwerkbaarheid.

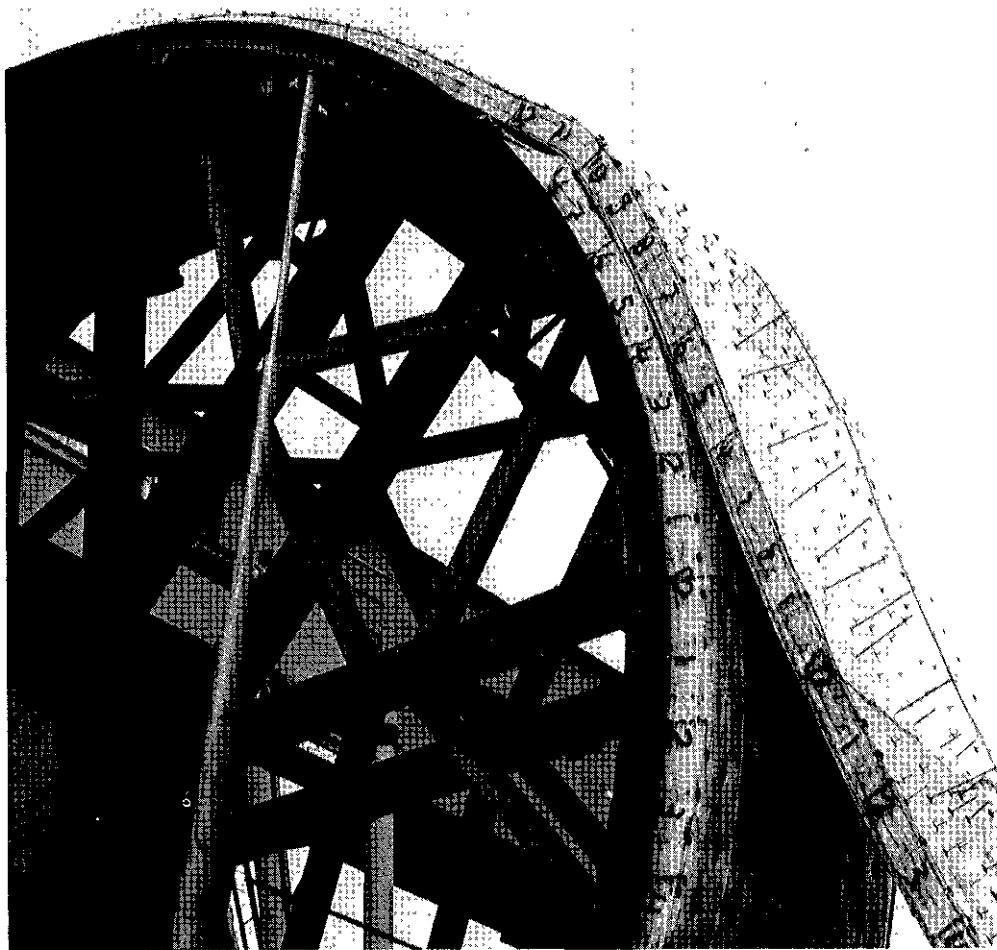
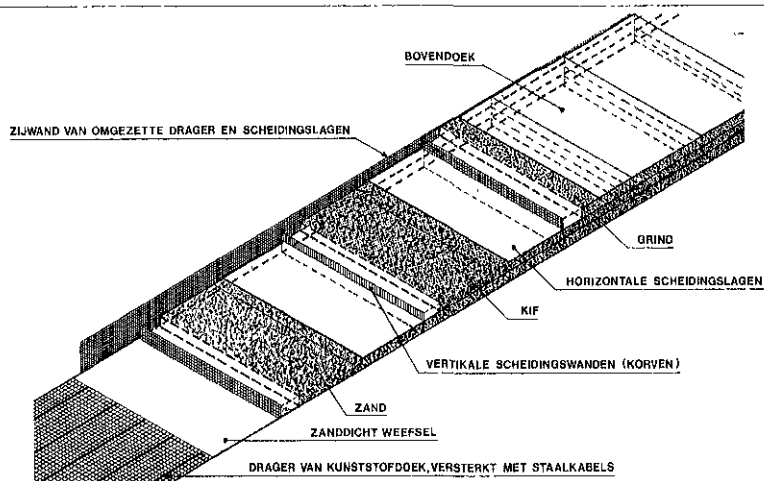
Door de Nederlandse industrie en de afdeling Ontwikkeling Nieuwe Werkmethoden van de Deltadienst werden de componenten, nadat de eisen waren geformuleerd, ontwikkeld en na testen verbeterd, net zolang tot aan de eisen werd voldaan. Zo ontstonden onder andere de 'drager', die tijdens het afzinken het sterktelement vormt, en de snelborgers waarmee de verticale stalen pennen worden vastgezet.

Tot slot werd de ontworpen verpakking als geheel beproefd. Hiertoe werden monsters van de mat gemaakt. Toen bleek dat die een deskundige mishandeling goed doorstonden, werd een

3 m brede mat vervaardigd en op gelijke wijze opgerold als in de toekomst met de werkelijke mat zal gebeuren.

Behalve de samenstellende materialen van de mat leverden ook de fabrieksinstallaties waarmee de mat gemaakt moet worden aan het ontwerp team het nodige hoofdbreken. Aan deze installaties worden hoge eisen gesteld wat betreft betrouwbaarheid inzake de kwaliteit van het produkt en bedrijfszekerheid. Gebreken in dezen zullen grote gevolgen hebben voor de bouw van de stormvloedkering en de voortgang van het werk. Gezien de grote omvang van het Oosterscheldeproject zullen haperingen in de fabricage ook belangrijke financiële consequenties hebben; denk aan de kosten van mat-reparaties en het gedwongen wachten van bijzonder materieel zoals de legpontons 'Cadium' en het hefschip 'Ostrea'.

Foto rechts: Detailopname van de funderingsmat tijdens de beproeving.



Nauwgezet werden dan ook leveranciers en machines beoordeeld, en werden ervaringen van elders nagetrokken. De bouw van de machines werd op de voet gevolgd. Voor de onderdelen van verschillende machines werden proefmodellen en prototypen gemaakt; dit is bij voorbeeld gedaan bij de machines voor het vervaardigen en plaatsen van de 'korven' en bij die voor het doordrukken van de pennen.

De fabriek

De fabriek bestaat in hoofdzaak uit twee achter elkaar gelegen transportvloeren, die tezamen werken als een soort lopende band waar een in produktie zijnde mat op vervoerd wordt. Boven en tussen deze vloeren zijn de verschillende produktiemachines opgesteld die nodig zijn voor het vervaardigen van de matten. Iedere produktiehandeling geschiedt op een breedte van 2 m of een veelvoud daarvan. De produktie wordt per fase in 10 minuten voltooid. Dan schuift de mat in twee minuten 2 m op. Bij het begin en het einde van de mat moeten langduriger bewerkingen worden uitgevoerd.

Vóór de eerste transportvloer staan negen afwikkelstations opgesteld waarin de rollen met dragerdoeken worden aangebracht; deze hebben elk een breedte van 4,5 à 5 m. Hun lengtes komen overeen met de gevraagde matlengte. Om nu de vereiste breedte van de mat te bereiken worden de banen van de drager aan elkaar genaaid. De zijanten van de drager worden op de fabrieksvloer 45 cm omhoog gezet: zij vormen de zijkant van de mat. Over de drager wordt een zanddicht doek afgerold.

De vloeren waarmee de mat wordt getransporteerd zijn uitgevoerd in twee achter elkaar liggende beweegbare gedeelten, gescheiden door een niet-aangedreven rollenbaan. Daaronder ligt een kelder, van waaruit de verticale penverbindingen worden aangebracht.

Het beweegbare gedeelte van de produktievloer bestaat uit een stelsel van negen kettingplatenbanen, die in langsrchting gescheiden zijn door vaste glijplaten, waaronder de ondersteuningen en lagerconstructies zijn aangebracht. De glijplaten liggen gelijk met het bovendeel van de kettingvloer; ze zijn demontabel voor montage en onderhoud. De aandrijving van de kettingplatenbanen geschiedt per baan afzonderlijk. Naast de beweegbare vloeren zal een aparte fabriek worden gebouwd voor de vervaardiging van de 'korven'. Deze korven hebben een U-vormig profiel; ze worden gemaakt van draadstalen gaas. Aangevoerd in rollen wordt het gaas achtereenvolgens gestrekt, in stroken geknipt en U-vormig gezet. De opstaande kanten wor-

den gedeeltelijk naar binnen toe 180° omgezet, waarbij tegelijk een doekstrook van kunststof wordt ingeklemd. Hierdoor wordt voorkomen dat zand, kif of grind van het ene compartiment doorschuift naar het andere. De bodem wordt niet afgedekt.

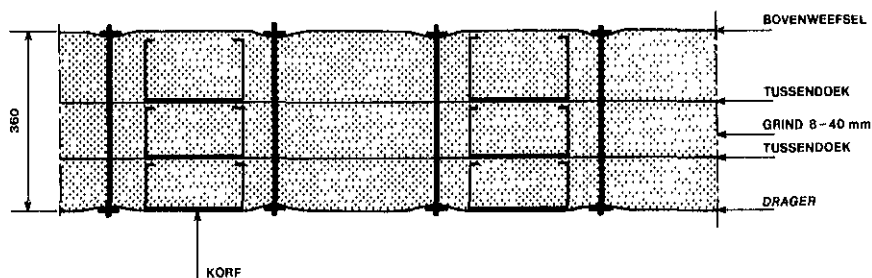
De korven worden vanuit hun fabriek automatisch in drie produktiestromen aangevoerd en op de mat geplaatst, achter elkaar, rechtlijnig, en evenwijdig aan de naastliggende rij. In 10 minuten dienen aldus op een matstrook van 2 m breed drie rijen korven per laag te worden neergezet op een onderlinge afstand tussen de rijen van 66 cm.

De tussendoeken voor de horizontale laagscheiding worden op rollen aangevoerd en aangebracht in verschillende afwikkelstations boven de eerste produktievloer. Dit dunne, waterdoorlatende kunststofdoek wordt overlappend gelegd, terwijl de buitenrand wordt omgezet tegen de opstaande dragerrand. Zand, kif en grind worden per schip aangevoerd, met een verrijdbare kraan gelost en met auto's naar depots gevoerd. In een vaste opstelling voor de eerste transportvloer staan de bunkers opgesteld waarin deze materialen voor hun verwerking met transportbanden worden aangevoerd. Via drie doseersystemen en drie onafhankelijke transportbandsystemen wordt het benodigde materiaal naar boven de mat verrijdbare bunkers vervoerd, die het in de gevraagde laagdikte over de volle breedte van de mat doseren. Ook voor het bovendoek worden rollen van 4,5 à 5 m aan elkaar genaaid, en vervolgens op de mat gelegd. De opstaande zijden van de drager en de scheidingsdoeken worden aan het bovendoek genaaid.

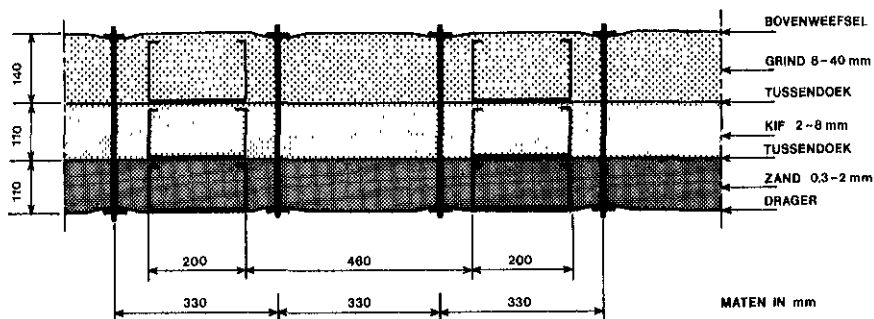
Ter verkrijging van een goede dwarsverbinding in de matten moeten er pennen door de mat worden gestoken, die aan de onder- en de bovenzijde worden geborgd. Een onderwagen in de kelder onder de werkvloeren zorgt voor het inbrengen van de pennen aan de onderzijde van de mat. Er worden 8 pennen gebruikt per vierkante meter – in totaal zijn er zes miljoen nodig –, die worden geplaatst in velden van 2 x 5 m. Synchroon aan de onderwagen beweegt zich boven de mat op een railsysteem een bovenwagen, die tijdens het doordrukken van de pennen tegendruk op de mat uitoefent, en de pennen aan de bovenzijde borgt met snelborgers. Direct boven de snelborger worden de pennen afgeknipt, om beschadiging van de mat tijdens het op- of afrollen te voorkomen.

Op de tweede transportvloer wordt de mat aan de uiteinden voorzien van een kop- en een staartbalk. Ten slotte wordt hij opgewikkeld op een horizontaal drijvende rol, die naar de 'Cardium' wordt gesleept om daar te worden afge-

BOVENMAT



ONDERMAT



MATEN IN mm

Fig. 3. Constructie van boven- en ondermat.

wikkeld. Ten einde de nodige handelingen bij de rol mogelijk te maken is een portaalkraan aanwezig met een overspanning van 66 m. In verband met de voortgang van de Oosterscheldewerken was voor de fabriek slechts een bouwtijd van 15 maanden ter beschikking. In oktober 1979 werd begonnen met de aanleg van het fabrieksterrein en de loswal. De eerste werktuigkundige installatie, de portaalkraan, werd op 2 juni 1980 opgesteld. Eind 1980 wordt de oplevering van de installaties verwacht; daarna kan begonnen worden met de inbedrijfstelling. Door goed overleg van de aannemerscombinatie, de toeleveringsbedrijven en de Rijkswaterstaat wordt ernaar gestreefd deze fabriek, die als zoveel onderdelen van het werk in de Oosterschelde tal van technische innovaties bevat, tijdig op te leveren en zo af te leveren dat een voorspoedige bedrijfsperiode kan volgen.

De mattenlegponton 'Cardium'

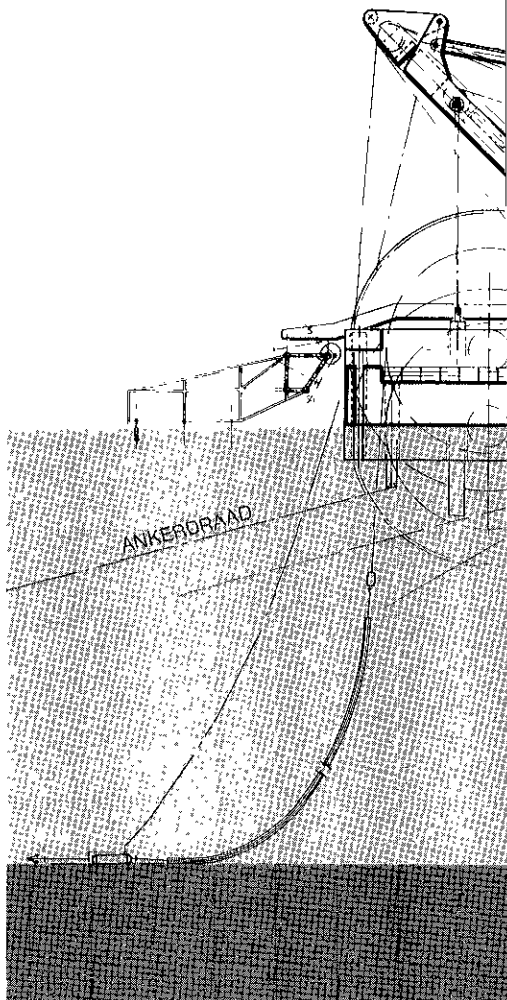
Fig. 1. Hoofdschema van de 'Cardium', met dustpan en opschoon-apparaat.

Het funderingsbed van de pijlers van de stormvloedkering zal bestaan uit een geprefabriceerd en verpakt filter, dat er uitziet als een mat, van 36 cm dik, 45 m breed en 200 m lang. Per pijlervak wordt één mat neergelegd die aan weerszijden van de as aansluit op het stortebed. Als bescherming tegen beschadigingen wordt over dat gedeelte waarop de pijler wordt neergezet een tweede mat heengelegd, even dik, maar slechts 60 x 32 m groot. Deze bovenmat bevat alleen grof grind.

Voor het transport en het in positie brengen voor afzinken, wordt de mat na fabricage op een grote rol gewikkeld; deze rol wordt naar de mattenlegponton 'Cardium' gesleept, die werkt in de sluitgaten. De 'Cardium' moet in de as van de stormvloedkering zowel het zandbed opschonen en zo vlak mogelijk zuigen, als de funderingsmat aan de bodem brengen; en ten slotte de afgezonken mat ook nog verdichten.

De 'Cardium' is een rechthoekig ponton van 50 x 82 m. Aan de voorkant bevindt zich een baggerinstallatie; onderaan een enkele baggerladder zit een lange dwarsbalk, die de zuigkoppen draagt. Aan de ene kant van de dwarsbalk zitten twee zogenaamde 'dustpankoppen', met de vorm van een stofzuigermond. Elke mond is 22 m breed. Over een breedte van 44 m kan met dit apparaat een zeer vlak zandbed worden gezogen, terwijl de grond onmiddellijk onder de oppervlaktelaag niet geroerd wordt, en er ook niet veel mors overblijft. Voor deze uitzonderlijke baggerprestatie heeft de 'Cardium' een tamelijk groot zuigvermogen nodig – 7000 kW –, terwijl de zandproduktie op zich laag is. Het gaat hier echter vooral om de kwaliteit van het werk.

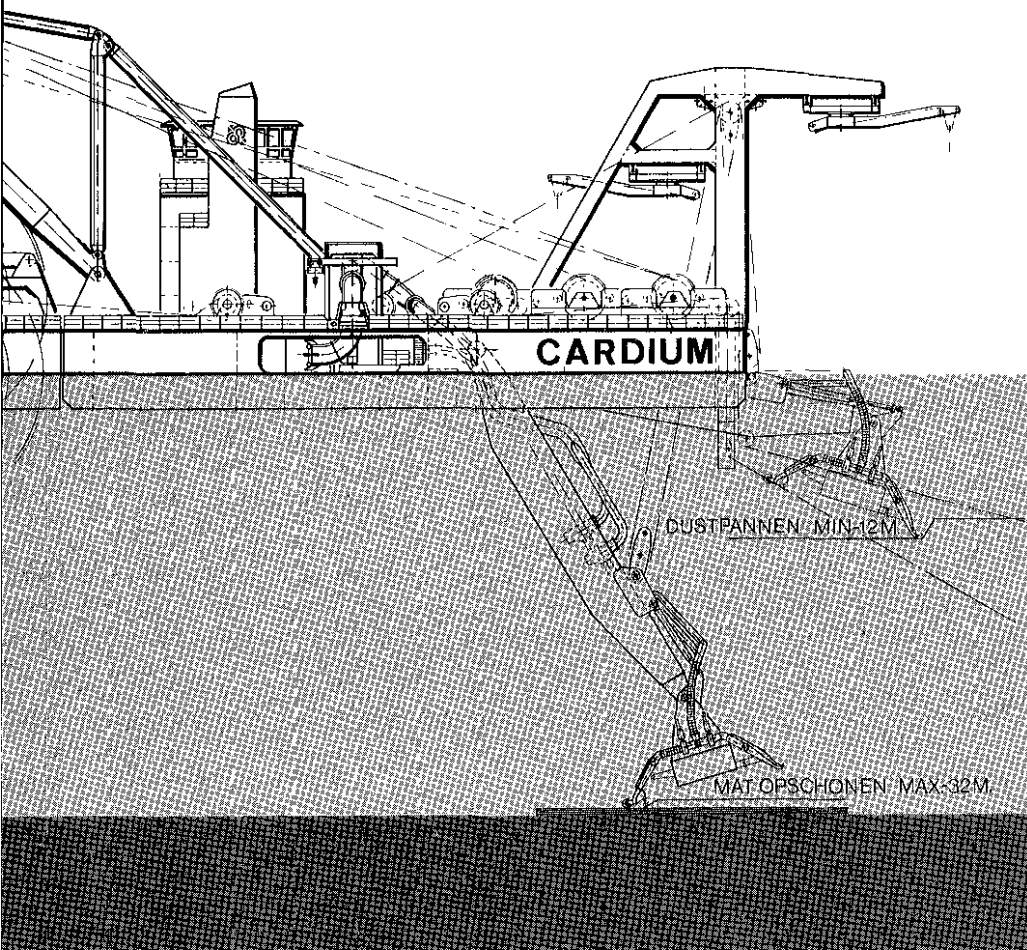
Om productie-technische redenen maakt de fabriek om en om series onder- en bovenmatten. Er kan dan ook enige tijd overheen gaan, voor-



dat op een gelegde funderingsmat een bovenmat wordt gelegd. In die gebieden waar de fundering in een ingraving wordt gelegd, zal in de tussentijd aanzanding optreden. Er mag echter geen zand tussen de twee matten achterblijven; later, als de stormvloedkering klaar is, kunnen er namelijk onder invloed van grote verhangen over de kering zuigkrachten optreden die dit zand doen verdwijnen en dan zou de pijler alsnog verzakken. Voor het schoonzuigen van de ondermat is een speciale zuigerkop ontwikkeld, de 'opschoonkop'. Door hoge druk van waterstralen wordt het afgezette zand opgewoeld, en dan wordt de suspensiewolk opgezogen. Tien van zulke opschoonkoppen zijn gemonteerd op de andere kant van de balk. De balk kan draaien, zodat naar verkiezing of de dustpanzuiger of de opschoonkoppen in stelling kan worden gebracht.

De baggerspecie wordt door een drijvende leiding enkele honderden meters buiten de as van de stormvloedkering in de Oosterschelde gesproeid.

Het vlak maken van het onderbed en het leggen van de funderingsmat worden in één werkgang uitgevoerd, omstreeks de laagwaterkering. Hiervoor is een aantal nogal complexe uitvoeringshandelingen nodig, samengeperst in een krappe werkperiode. Er is dan ook veel aandacht besteed aan mogelijke alternatieven, bij voorbeeld vlak maken tijdens de voorafgaande hoogwaterkering. Dit denkbeeld moest worden opgegeven: zandribbels worden hier snel gevormd; in zes uur kunnen ze alweer 30 cm hoog en 5 m lang zijn. Dus is er een werkwijze bedacht, waarbij toch alle handelingen van vlak maken en afzinken tijdens één laagwaterkering kunnen plaatsvinden.



Op een grote rol wordt de mat aangevoerd, in de mattenrolbeun gemanoeuvreerd en daar geborgd. Vervolgens wordt de rol nog vier keer rondgewenteld, om er voldoende slagen van de afzinkdraden op te krijgen. Tijdens de afzinkmanoeuvre leveren deze draden de reactiekracht voor het gewicht van de afhangende mat. Voor dat met het plaatsen van de mat wordt begonnen, worden de afzinkdraden verbonden met de rol. Aan de andere kant zijn ze vastgemaakt aan zes afzinklieren, elk met een nominale trekkracht van 1600 kN. Ook moet de zinkbalk vooraf worden losgekoppeld. Om deze werkzaamheden aan de buitenzijde van de rol mogelijk te maken is in een werkbordes voorzien dat aan de beide afzinkbokken hangt. Daarop zijn ook speciale echoloden geplaatst, die tijdens het afzinken de vorm van het hangende matgedeelte opnemen. Die vormbepaling is nodig om te controleren of de afzinksnelheid wel gelijke tred houdt met de snelheid waarmee de ponton wordt verhaald.

De nauwkeurigheid waarmee de mat op de bodem wordt gelegd, moet aan hoge eisen voldoen. In dwarsrichting is de tolerantie slechts 1 m. Om deze hoge graad van nauwkeurigheid te kunnen halen, wordt de positie van de ponton voortdurend zeer nauwkeurig ingemeten. Hiervoor gebruikt men 'Minilirs', een hoekmeetinstrument dat te vergelijken is met een theodoliet, en dat een bekend punt op de ponton waarop een zeer nauwkeurige afstandmeter is geplaatst, voortdurend volgt. De ponton beschikt, om steeds de volgens de meetinformatie vereiste positie te kunnen innemen, over acht verhaallieren, twee op elk hoekpunt. Iedere ankerdraad is belegd op een ankerpaal. De plaatsvastheid van de ponton wordt bevorderd doordat de acht ankerdraden ieder een forse voorspanning hebben gekregen. Hierdoor voorkomt men tevens dat ze de bodembescherming zouden kunnen raken en beschadigen.

De juiste positionering is vooral van belang op het ogenblik dat het eerste stuk aan de grond komt. In die fase is hulp nodig van een andere ponton, die op enige afstand achter de 'Cardium' ligt, en vanwaar het begin van de mat met behulp van twee stuurdraden op het goede moment in de juiste positie op de zeebodem wordt neergelaten.

Tijdens het verhalen van de 'Cardium' wordt gedurende enige tijd zowel een vlakke ondergrond gezogen met de dustpan als begonnen met het leggen van de mat. Om deze beide processen tegelijk te kunnen verrichten vanaf één vaartuig en op hetzelfde moment, moest veel aandacht worden besteed aan de inrichting van het bedieningshuis en aan de interne communicatie. Als

de mat eenmaal aan de grond is gebracht en de eindcontrole is verricht, worden de zinkbalken van de mat losgekoppeld en teruggewonnen. De lege mattenrol kan worden teruggestuurd naar de fabriek in de Roompothaven. In het sluitgat gaat men dan over tot het verdichten van de zojuist afgezonken mat. Vanuit de mattenrolbeun wordt de verdichtingsbalk afgevierd. Deze bak bestaat uit vier samengebouwde trilplaten, elk met een oppervlakte van $4,5 \times 4$ m. Uit proeven is gebleken dat met een slagkracht van 50 kN per vierkante meter in 2 à 3 minuten een optimale verdichting wordt bereikt.

De bouw van de 'Cardium' is in onderdelen aanbesteed. De baggerinstallatie, de ophanging van de mattenrol, de motoren, lieren en kranen zullen bij verschillende Nederlandse bedrijven worden vervaardigd; de ponton zelf en enkele toebehoren zullen bij Howaldtswerke in Kiel (Duitsland) worden gebouwd. De opbouw vindt grotendeels in Kiel plaats. De 'Cardium' moet eind volgend jaar in bedrijf komen. De gehele bouw zal 92 miljoen gulden gaan kosten; de opdracht aan Howaldtswerke bedraagt 17 miljoen gulden. De 'Cardium' komt later gereed dan voorzien. Hierdoor zal een aantal activiteiten bij de bouw van de stormvloedkering sneller uitgevoerd moeten worden. Het bereiken van de beoogde veiligheid in 1985 komt hierdoor niet in gevaar.

De pijlerconstructie van de stormvloedkering in de Oosterschelde zal via een grofkorrelig funderingsbed komen te rusten op een voornamelijk uit zand bestaande ondergrond. Ten gevolge van golfbelasting op de pijlerconstructie kunnen in deze zandondergrond wateroverspanningen worden opgebouwd.

Verdichting van de zandige ondergrond in de as van de stormvloedkering

Als daartegen geen maatregelen worden getroffen, treedt er als gevolg van de overspanningen wat we noemen 'verweking' van het zand op; en dit kan weer leiden tot grote, ontoelaatbare zettingen en rotaties van de pijlerconstructie.

De mate waarin er wateroverspanningen worden opgebouwd, wordt voornamelijk bepaald door het poriëngehalte en de doorlatendheid van de zandgrond. Uit laboratoriumproeven is gebleken dat bij poriëngehalten kleiner dan 40% de wateroverspanningsopbouw in het Oosterscheldezand bij golfbelasting op de pijler nog verwaarloosbaar klein is.

Uit resultaten van continuboringen en elektrische dichtheidsmetingen is gebleken dat het holocene Oosterscheldezand onder de toekomstige pijlers over het algemeen losgepakt is, en dat het poriëngehalte er varieert van 40 tot 43%. Dit betekent zonder meer dat het holocene Oosterscheldezand 'verwekingsgevoelig' moet worden geacht. Bij golfbelastingen op de pijlerconstructie ontstaan hier wateroverspanningen in de zandgrond. Deze verwekingsgevoeligheid van het zand dient te worden geëlimineerd, door het poriëngehalte kunstmatig beneden de 40% te brengen.

Een gangbare methode om dit doel te bereiken is het verdichten van de zandgrond met behulp van trilnaalden. In de Oosterschelde gebruikt men daarvoor een diepte-verdichtingssysteem, waarbij een trillichaam, bestaande uit een stalen buis met radiaal geplaatste vinnen, al trillend onder invloed van zijn eigen gewicht en onder toevoer van water tot op het laagste niveau van het grondpakket wordt gebracht. Daar blijft het gedurende een bepaalde tijd trillen; vervolgens wordt de naald omhoog gehaald, waarna de procedure herhaald wordt. Het trillichaam brengt verticale trillingen voort.

De trilmethode is beproefd gedurende verschillende proeven in situ. Tevens werd in het laboratorium een onderzoek uitgevoerd naar de invloed van de verschillende trilparameters zoals frequentie, amplitude en omvang van de tril-as op de mate van verdichting.

Een en ander heeft geleid tot de bouw van de drijvende verdichtingsponton 'Mytilus', die de zandondergrond verdichten kan met behulp van vier simultaan werkende trilnaalden.

In het hierna volgende gaan we verder in op de resultaten van het verdichtingsonderzoek in het terrein en in het laboratorium. Ten slotte wordt wat verteld over de 'Mytilus' en de opzet van experimenten met dit schip gedurende de proefperiode.

Om de doelmatigheid van het diepte-verdichten te onderzoeken zijn in de afgelopen jaren in situ-verdichtingsproeven uitgevoerd. Voor het ontwerp van het verdichtingsschip is de laatste proef, op het strand van Neeltje Jans, bepalend geweest. De resultaten van deze proef bekijken we nu nader.

Onder andere wilde men bepalen welke hart-op-hart-afstand voor de trilnaalden diende te worden toegepast. Daartoe werd de mate alsmede de homogeniteit van verdichting onderzocht bij hart-op-hart-afstanden tussen de trilnaalden van respectievelijk 4, 5, 5½, 6 en 7 m. Bovendien werd gebruik gemaakt van twee soorten trilnaalden, die van elkaar verschilden in omvang. De eerste soort mat, inclusief vinnen, in doorsnede 2,10 m, en werd aangedreven door twee vibratoren. De tweede soort was in doorsnee, met de vinnen mee, 1,40 m en bevatte één vibrator. De bedoeling daarvan was te kijken in hoeverre de afstand tussen de trilnaalden kon worden vergroot bij toepassing van een dubbel

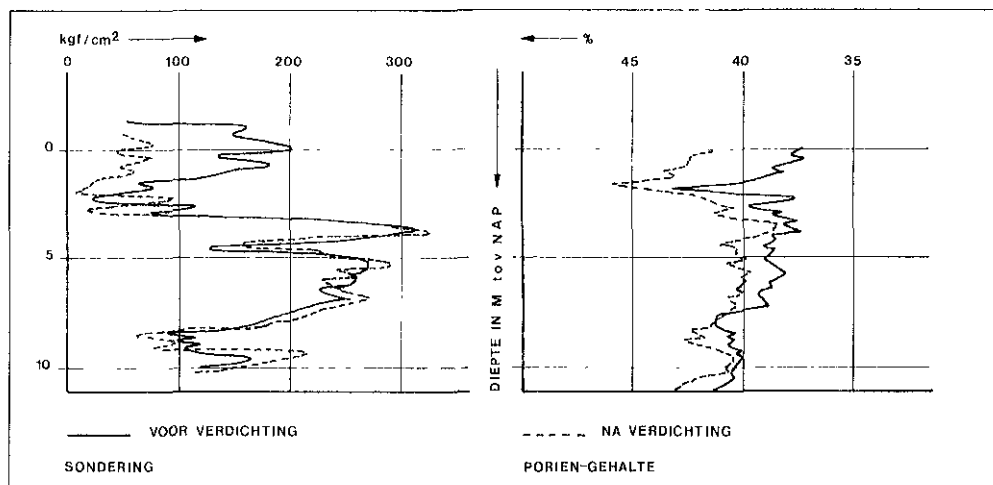
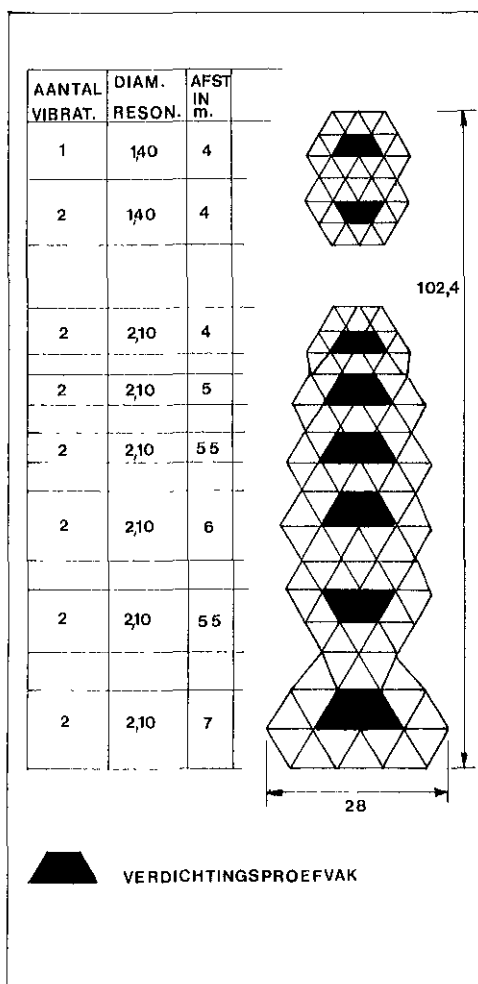


Fig. 1. Verdichtingsresultaat bij een afstand tussen de trilnaalden van 6 m hart-op-hart.

Fig. 2. Overzicht van de verdichtingsproef op het strand van 'Neeltje Jans'.

Rechts: De 'Mytilus' in actie.



trilvermogen, in combinatie met een grotere naalddiameter.

De voornaamste proefresultaten waren als volgt:

Bij afstanden tussen de trilnaalden van 4 tot 6 m maakte de toepassing van twee vibratoren vrijwel niets uit voor het verdichtingsresultaat. Bij 7 m afstand is de mate en homogeniteit van verdichting bij toepassing van twee vibratoren duidelijk minder dan bij afstanden van 4 à 6 m. Zonder toepassing van het aanvulmateriaal kif werd een vrijwel zelfde verdichtingsresultaat bereikt als bij toepassing ervan.

Op grond van de resultaten van deze verdichtingsproef werd de hart-op-hart-afstand voor de trilnaalden van het verdichtingsschip op 6,5 m bepaald.

Tevens werd besloten om de naald met twee vibratoren uit te rusten en de naalddiameter, inclusief vinnen, te stellen op 2,10 m.

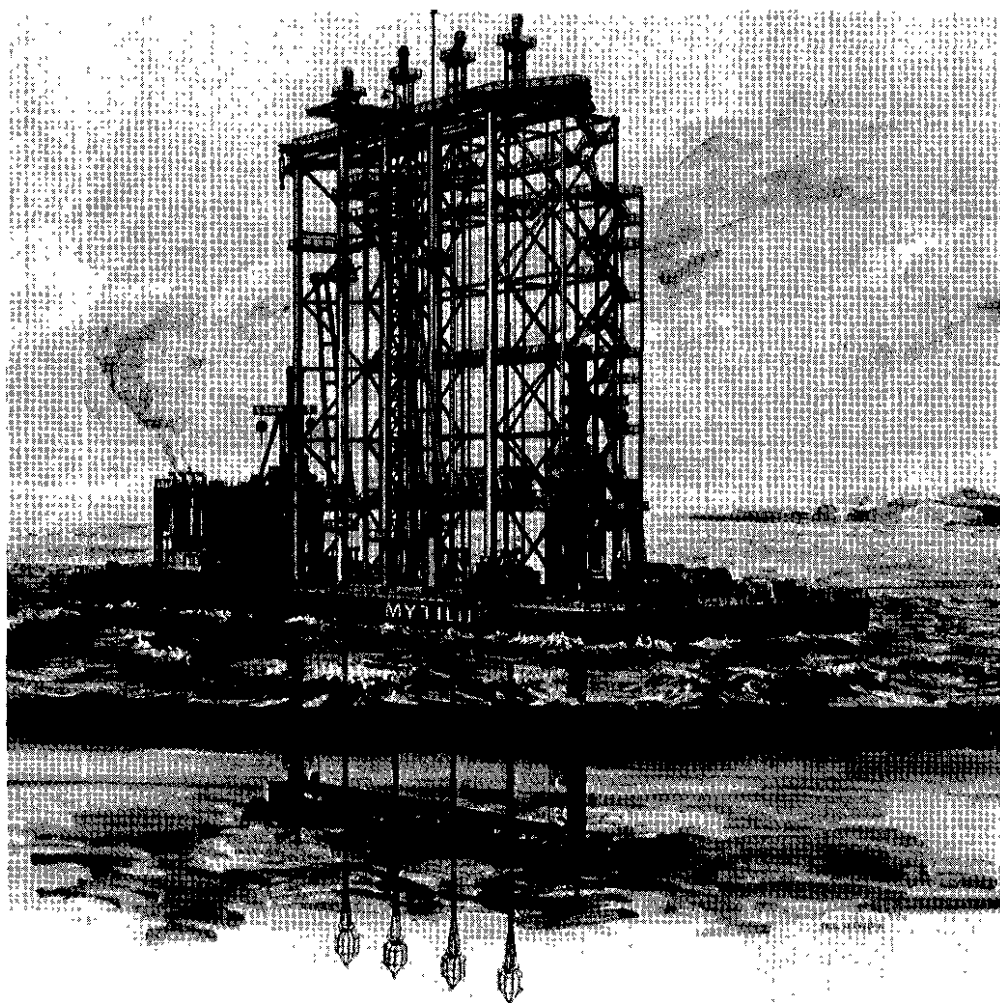
De mate van verdichting die een trilmethode in zandgrond kan bereiken, wordt in principe bepaald door de grondmechanische eigenschappen van het zand – vooral de slibhoudendheid speelt een rol – en de karakteristieken van het trilapparaat, zoals slagkracht, frequentie, amplitude en vermogen.

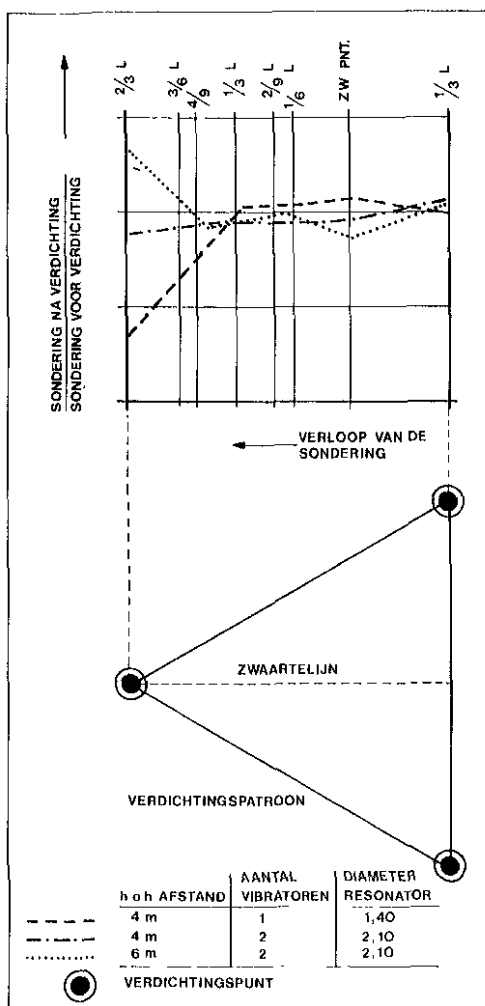
In het laboratorium is een serie triltafelproeven uitgevoerd, waarbij relaties werden gezocht tussen de mate van verdichting en de amplitude en de frequentie van het trillen enerzijds, anderzijds met de bovenbelasting, de grofheid en het slibgehalte van het zand.

Een aantal resultaten is in de figuren grafisch weergegeven. Hieruit blijkt dat de amplitude en de frequentie, alsmede het slibgehalte van het zand een belangrijke invloed hebben op het verdichtingsresultaat.

Een optimaal verdichtingsresultaat wordt bereikt bij een trillingsamplitude van 4–5 mm en een frequentie van 25 tot 30 Hz.

Ter zake van het slibgehalte blijkt dat een maximale verdichting wordt bereikt bij een slibgehalte van 14 tot 18 %, afhankelijk van de grofheid van het zand. Bij een slibgehalte van 11 à 12 % beginnen de door het trilapparaat gecreëerde wateroverspanningen zeer fors op te lopen. De volgende normen konden met betrekking tot de verdichtbaarheid van Oosterschelde-zand worden opgesteld.





Slibgehalte Verdictbaarheid

0 - 11 à 12 %	goed verdichtbaar
11 à 12-15 à 16 %	redelijk verdichtbaar
15 à 16-20 %	moelijk verdichtbaar
> 20 %	niet verdichtbaar

Met behulp van deze verdichtbaarheidsgrenzen is vastgesteld waar in de as van de stormvloedkering een grondverbetering dient te worden toegepast.

De verdichting van de zandhoudende grond in de Oosterschelde dient op open water plaats te vinden; de omstandigheden zijn zelfs te vergelijken met 'off-shore condities', dat wil zeggen werken in volle zee.

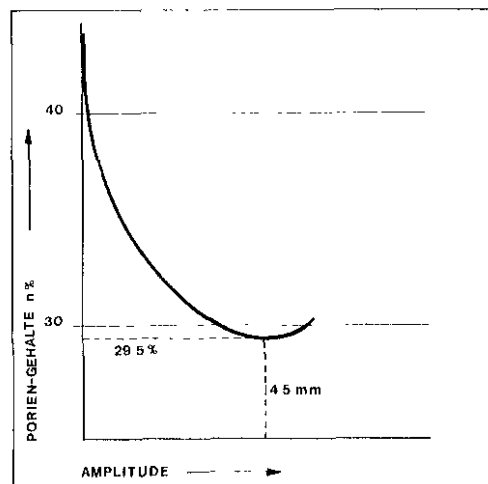
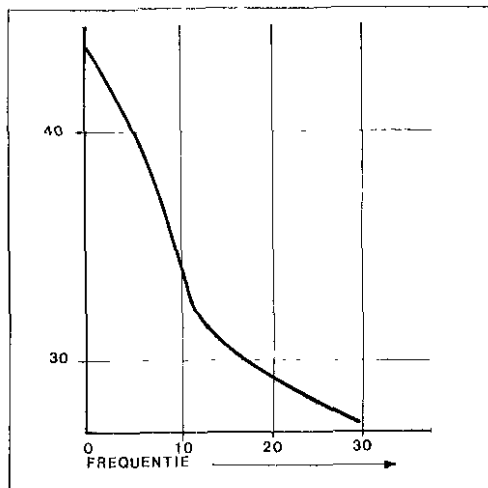
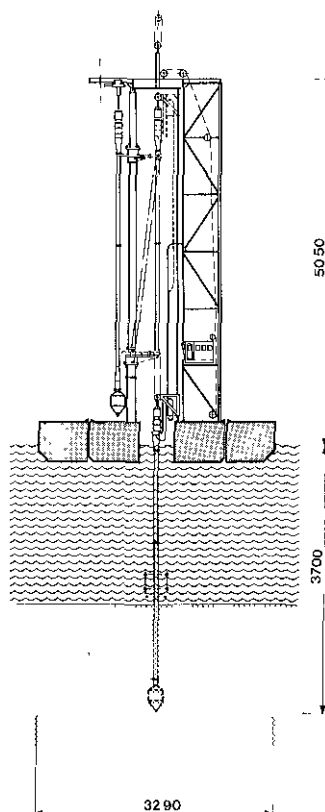
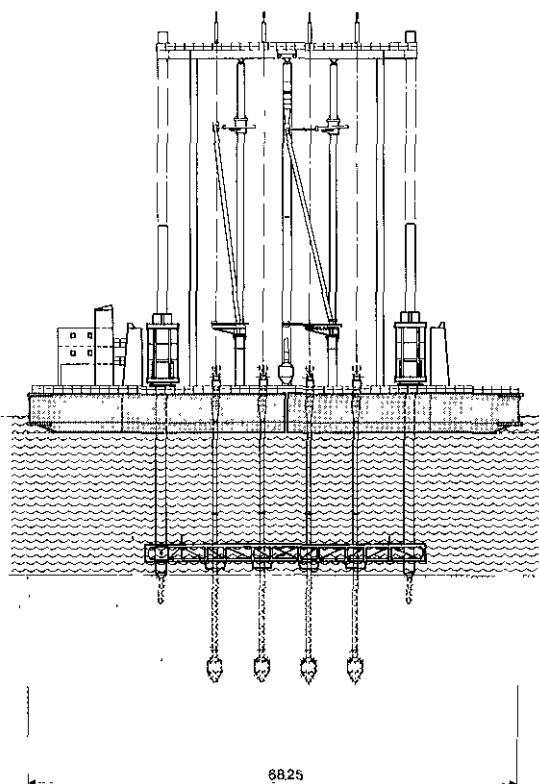


Fig. 3. Bereikte homogeniteit van verdichting bij de proef op 'Neeltje Jans'. 'L' staat voor de zwaartelijs van de driehoek die gevormd wordt door drie verdichtingspunten.

Fig. 4, 5. Verband tussen frequentie (boven) en amplitude van de trillbeweging enerzijds, en het poriegehalte anderzijds.

Fig. 6. Schema van de opbouw en de inrichting van het verdichtingsschip.



Uit het overzicht van de sluitgaten blijkt dat de waterdiepte waarop het verdichtingswerk zich moet afspelen, varieert tussen de 20 en 30 m.

Het ontwerp van het verdichtingsschip diende op de moeilijke hydraulische en klimatologische omstandigheden te zijn afgestemd; de werkbaarheid moest natuurlijk zo hoog mogelijk zijn. De verdichtingsponton is 68,25 m lang en 32,90 m breed; de holte bedraagt 5,50 m. Eigenlijk is hij samengesteld uit een hoofdponton met een breedte van 19 m en vier zijpontons, elk 7,50 m breed en 34,12 m lang. De hoofdponton is voorzien van een 55 m hoge portaalconstructie, die nodig is voor het manoeuvreren met de vier trilnaalden. Ook het verwisselen van een naald moet onder werkomstandigheden mogelijk zijn. Onder het portaal is midscheeps een beun van 40,30 m lang en 4,90 m breed aanwezig.

De verdichtingsapparatuur bestaat uit vier in één rij opgestelde trilnaalden, onderling op een afstand van 6,50 m. Elk van de trilnaalden hangt aan een 4-parts-kabel met een deiningscompensator, die op het portaal is geplaatst.

De trilnaalden worden tijdens het hijsen en dalen op hun plaats gehouden, aan de onderzijde in een geleidebalk en aan de bovenzijde door een geleidewagen via de ondertakel in het portaal. De geleidebalk is met twee spudpalen in horizontale zin instelbaar verend gefixeerd ten opzichte van de ponton.

De trilnaalden hebben een totale lengte van 42,50 m en, zonder de vinnen, een diameter van 0,50 m. De toegepaste vibrator levert 120 tf slagkracht bij een frequentie van 25 Hz.

Vanaf november 1979 tot maart 1980 heeft het schip een proefperiode ondergaan. Het doel

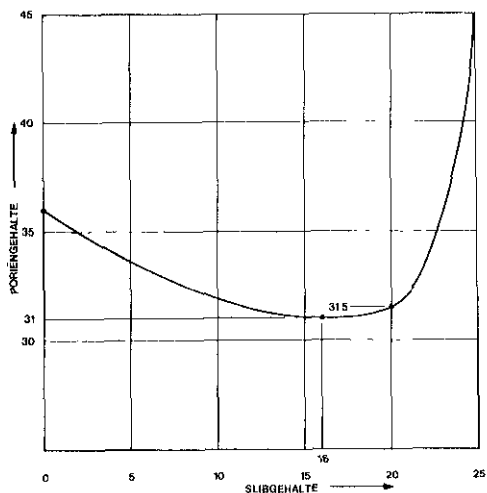


Fig. 7. Slibgehalte en poriëngehalte bepalen de verdichtbaarheid van de grond.

daarvan was tweeërlei: allereerst moest het verdichtingsproces, in feite alles wat met de trilnaalden te maken heeft, worden getest en geoptimaliseerd. Verder diende de juiste strookafstand, dat is de afstand tussen de opeenvolgende trilnaaldrijen waarbij nog voldoende verdichting wordt verkregen, te worden vastgesteld. De onderzochte strookafstanden waren 4, 5, 6 en 7 m.

Het controle-onderzoek, bestaande uit continu-boringen, sonderingen en dichtheidsmetingen, is hierbij, evenals gebeuren zal bij het toekomstige werk in de as, uitgevoerd door de geo-pon-ton Johan V en de duikerklok.

In een later Bericht zal nader worden ingegaan op de resultaten van de proefperiode, en op de ervaringen met het verdichten in de as van de stormvloedkering.

In september 1980 zal in Zierikzee het Hydro-Meteo-Centrum (H.M.C.) van de Deltadienst officieel in gebruik worden gesteld. In dit centrum werken waterloopkundigen van de Deltadienst en weerkundigen van het K.N.M.I. samen om in de komende jaren de verwachting en bewaking van de werkbaarheidsomstandigheden bij de bouw van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen te verzorgen.

Werkbaarheidsverwachtingen voor de Oosterschelde

De werkbaarheidsomstandigheden zijn immers bij de uitvoering van de civiel-technische werken in de Oosterschelde van grote betekenis. Zij worden bepaald door hydraulische grootheden zoals waterstanden, stromingen en golven, en door meteorologische: wind, zicht en temperatuur. De organisatie van het Hydro-Meteo-Centrum vloeit, evenals de voor dit doel geïnstalleerde systemen, voort uit het project HISTOS (Bericht 90, november 1979).

De gegevens waar het Hydro-Meteo-Centrum bij zijn werkzaamheden gebruik van maakt, worden op verschillende wijzen bijeengebracht. Allereerst worden gegevens met betrekking tot golven, waterstand, stroming, zoutgehalte en wind ingewonnen van meetopstellingen in de mond van het Oosterscheldebekken. Ze worden direct verwerkt en gepresenteerd in een Verwerkings-Centrum te Zierikzee (V.C.Z.), waar de benodigde computerfaciliteiten zijn geïnstalleerd. Te Zierikzee kan men bovendien beschikken over gegevens die afkomstig zijn van enkele boorplatforms en andere meetlocaties op de Noordzee. Hiervandaan komen de gegevens binnen via het Controle- en Informatie-Centrum (C.I.C.) te Hoek van Holland. Vooral de gegevens omtrent de golfbeweging in het noordelijk deel van de Noordzee zijn van belang, omdat golfvelden uit dit gebied kunnen doordringen naar de mond van de Oosterschelde. Voorts beschikt men over gegevens van het K.N.M.I. te De Bilt, zoals nationale en internationale weergegevens, uitkomsten van computer-analyses van de luchtdruk-opbouw – het zogenaamde baroklien vierlagenmodel 'BK-4' –, van het numerieke Golven Noordzeemodel 'GONO', en van een model voor de berekening van waterstandsafwijkingen. De manier waarop de gegevens

binnen het operationele samenwerkingsverband worden uitgewisseld tussen waterloopkundigen en meteorologen, vloeit voort uit de specifieke deskundigheid der betrokkenen; de wijze van bewerking wordt bepaald door de beschikbare methodieken. De uiteindelijke verwachtingen worden gezamenlijk opgemaakt. Bij de beoordeling van bepaalde parameters gebruikt men zowel handmethodes – waarbij men dan uitgaat van de praktijkervaring –, als computermethodieken, waarvoor rekenmodellen zijn ontwikkeld. De verschillende berekeningswijzen vullen elkaar zoveel mogelijk aan. Ook worden ze wel naast elkaar toegepast om de resultaten te kunnen vergelijken bij het opstellen van de prognoses. Voor operationele dienstverlening over een langere periode is goede onderlinge aanvulling van beide methodieken een absolute eis. Dit blijkt bij voorbeeld bij het opstellen van verwachtingen ten aanzien van de deining en de stroomsnelheden.

Deiningsverwachting

Deining is een beweging van het zee-oppervlak die grote invloed heeft op de bewegingen van het drijvend materieel, en daarmee op de uitvoering van de werkzaamheden. Boven bepaalde grenzen worden de veiligheid en de nauwkeurigheid er zo zeer nadelig door beïnvloed, dat werken onmogelijk is. Bij de voorspelling van deining gaat men als volgt te werk. Uit verwachtingen voor de windsnelheid en de windrichting op de Noordzee worden brongebieden van deining opgespoord. Met behulp van een handmethode die uitgaat van de golfhoogte in het brongebied en de loopsnelheid van de golf, wordt een verwachting opgesteld aangaande de mate waarin en de wijze waarop die deining zal door-

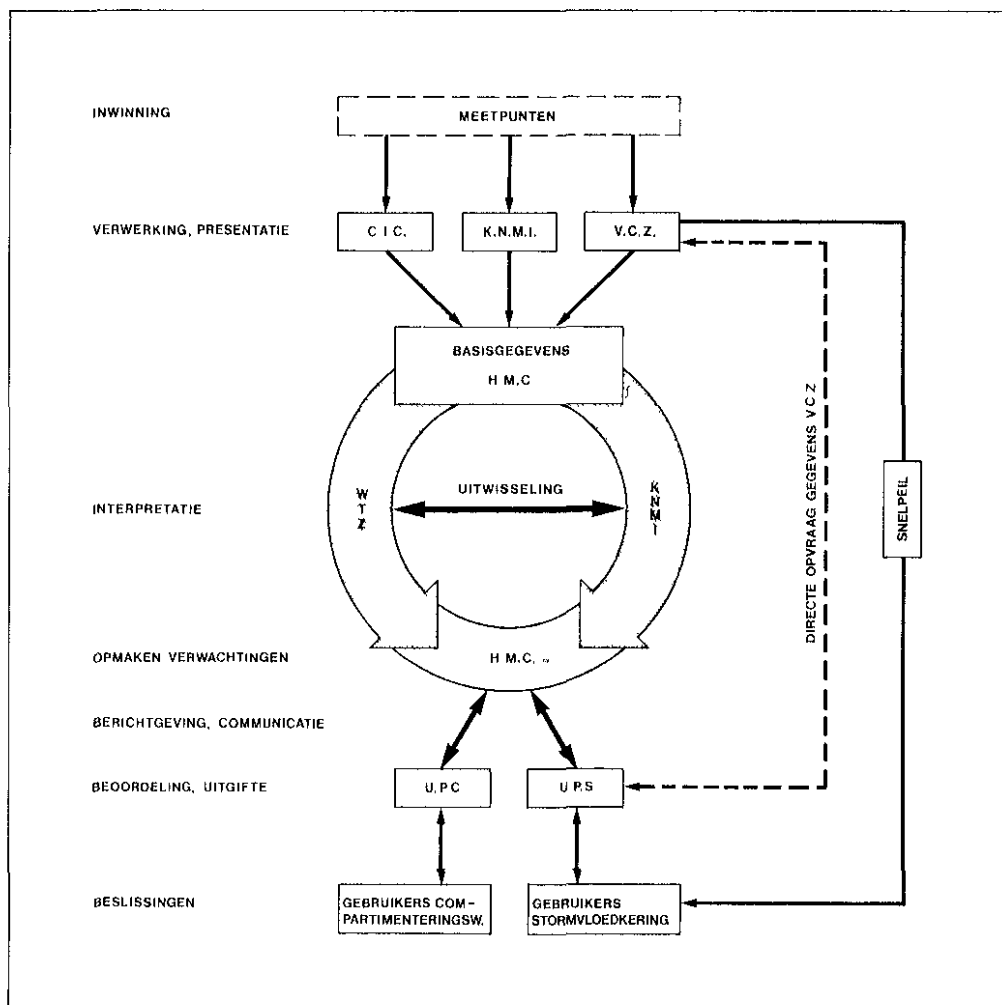


Fig. 1. Operationeel schema van het Hydro-Meteo-Centrum voor de Oosterschelde.

lopen naar een locatie nabij de Oosterschelde. Hierbij beperkt men zich tot laag-frequente energie van golven met perioden van meer dan 10 seconden.

Parallel hieraan wordt met behulp van de eerdergenoemde numerieke modellen BK-4 en GONO een verwachting opgesteld voor de laag-frequente golfenergie, maar ook een voor het gehele golfenergie-spectrum. Ook deze voorspellingen zijn gebaseerd op de verdeling van de luchtdruk en de windsnelheden en windrichtingen die aan de hand daarvan in de brongebieden kunnen worden verwacht. De twee deiningverwachtingen worden beide ingevoerd in een rekenmodel met de naam 'FILTER', waarin de invloed van de bodemligging van de Oosterschelde en andere plaatstelijke omstandigheden zijn verdisconteerd. Met dit model wordt voor ieder sluitgat de deining berekend.

Maar ook hier werkt men met de dubbele methode: naast deze modelberekening worden de beide deiningverwachtingen voor de Noordzee ook nog met behulp van empirisch bepaalde overdrachtsfuncties overgebracht naar de sluitgaten. Op grond van de resultaten van deze berekeningswijzen, ervaring en actuele meetwaarden, wordt ten slotte een definitieve deiningverwachting afgegeven voor ieder sluitgat. Ter controle op korte termijn van de gebruikte methoden wordt aan de deining die men meet op de noordelijke stations een rechtstreekse voorspellende waarde toegekend, op grond

waarvan een deiningswaarschuwing kan worden gegeven.

Verwachting voor de stroomsnelheden

Stroomverwachtingen, ook wel aangeduid als de verwachting van het horizontale getij, zijn nodig omdat bepaalde werkzaamheden slechts bij geringe stroomsnelheden kunnen worden uitgevoerd rond de kentering, tijdens zogenaamde 'kenteringsvensters'. De stroomverwachting wordt opgesteld voor de korte en voor de lange termijn. Voor de lange-termijnverwachting maakt men gebruik van de samenhang tussen horizontaal en verticaal getij. Het verticale getij wordt berekend aan de hand van astronomische gegevens, zoals de stand van de maan en de zon. Als referentiepunt voor de verwachtingen van het verticale getij in de Oosterschelde is meetpaal OS 4 gekozen, ten westen van het werkeiland Roggeplaat. In het kombergingsgebied van de Oosterschelde bestaat een vrij goede correlatie tussen het horizontale en het verticale getij; naar aanleiding daarvan kan voor elk sluitgat het horizontaal getij worden berekend. Uit modelonderzoek is gebleken dat er ten gevolge van de werken in de sluitgaten slechts langzamerhand veranderingen gaan optreden in de getijbeweging. De *proefondervindelijke relaties* tussen het horizontaal en het verticaal getij zullen daarom steeds aan de hand van meetcampagnes worden geverifieerd, en waar nodig aangepast. Bij het uitwerken van de stroomverwachtingen op lange termijn wordt ook gebruik gemaakt van het bouwfasenonderzoek met het model M1000 in het Waterloopkundig Laboratorium. De korte-termijnverwachting kan worden gezien als een bijsturing van de verwachting op de lange termijn. Deze bijsturing is nodig omdat de astronomische getijbeweging beïnvloed kan worden door meteorologische omstandigheden, wat resulteert in afwijkingen van de hoog- en laagwaterstanden, faseverschuiving van het getij, en dergelijke meer. Om meer inzicht te krijgen in deze verschijnselen wordt in elk sluitgat een vast stroommeetpunt geplaatst op ongeveer 1500 m westelijk van het tracé van de stormvloedkering, met een draadloze transmissie naar het Hydro-Meteor-Centrum. Vooral over de de stroomomstandigheden onder extreme condities zal op deze wijze *meer informatie kunnen worden verkregen*. Ook kunnen er *empirische relaties worden vastgesteld* tussen de stroomsnelheden in de vaste stroommeetpunten en die in de as van de stormvloedkering. In de te verstrekken korte-termijnverwachtingen wordt intensief aandacht geschonken aan de te

verwachten extreme omstandigheden, zoals maximum eb en vloed, de tijdstippen van kentering en de kenteringsvensters. Wanneer in de loop van jaren voldoende meetgegevens beschikbaar zijn gekomen ten aanzien van het verhang over de de stormvloedkering, kan later op grond van dat verhang een berekening van de stroomsnelheid worden gemaakt.

Op vergelijkbare wijze worden gegevens verzameld en bewerkt voor het voorspellen van de verwachte afwijkingen van de waterstanden in de Oosterschelde ten opzichte van de ongestoorde astronomische getijbeweging. Daarnaast zijn vooral wind en hoogfrequente windgolven belangrijke onderwerpen voor het H.M.C. Ook worden er, ten behoeve van de werkzaamheden in de bouwput Neeltje Jans, temperatuursverwachtingen opgesteld. Verder wordt aandacht gegeven aan bijzondere weersverschijnselen, zoals neerslag, mist en onweer. *De voorspellingen gelden in het algemeen voor een periode van 24 uur.* Dagelijks worden, om 8 en om 16 uur, en bij bijzondere werkzaamheden of tijdens stormvloed ook om 22 en om 4 uur, hydro-meteo-bulletins opgemaakt. Voor berichtgeving aan de gebruikers op de werken is op het werkeiland Neeltje Jans een uitvoeringspost voor de stormvloedkering ingericht. Daar kan men, behalve over het in Zierikzee door het H.M.C. opgestelde hydro-meteo-bulletin ook beschikken over de basisgegevens. Ook deze gegevens kunnen van belang zijn voor het nemen van een beslissing aan het werkfront. Met beperktere opzet zijn ook voor de compartimenteringswerken zulke uitvoeringsposten opgezet. De posten maken de communicatie mogelijk in twee richtingen: bijzondere vraagstukken worden met tussenkomst van de uitvoeringsposten door het H.M.C. behartigd.

De prognoses worden actief bewaakt. Als afwijkingen van de verwachtingen daartoe aanleiding geven, zal tussentijdse correctie plaatsvinden. Tussen het H.M.C. en de uitvoeringsposten zal voortdurend contact worden onderhouden aangaande de verwachtingen en de momentane meetwaarden.

Op een aantal voor de uitvoering essentiële vaartuigen, zoals het hefschip, de mattenlegponton en het verdichtingsvaartuig, zal men via de radio rechtstreeks kunnen beschikken over de in het Verwerkings-Centrum Zierikzee ontvangen gegevens betreffende stroomsnelheden en waterstanden. Deze directe informatie wordt 'Snelpelil' genoemd.

De komende winter zal door het H.M.C. worden gebruikt om zich warm te lopen. In de eerste helft van 1981 hoopt men de gebruikers op de werken volledig operationeel van dienst te kunnen zijn.

Golfrichtingsonderzoek in de mond van de Oosterschelde

Bij de bouw van de stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde heeft men te doen met twee soorten randvoorwaarden. Ten eerste zijn dit de randvoorwaarden voor het ontwerp, zoals de belastingen in zowel de bouwphase als de eindfase. Ten tweede zijn er randvoorwaarden met betrekking tot de werkbaarheid van varende en drijvende materieel. Bij beide soorten randvoorwaarden speelt de golfbeweging een belangrijke rol, in het bijzonder de golfbeweging die van de Noordzee komt. Uit modelonderzoek is gebleken dat sommige constructieonderdelen van de stormvloedkering, met name de pijlers, gevoelig zijn voor de richting waaruit de golven komen.

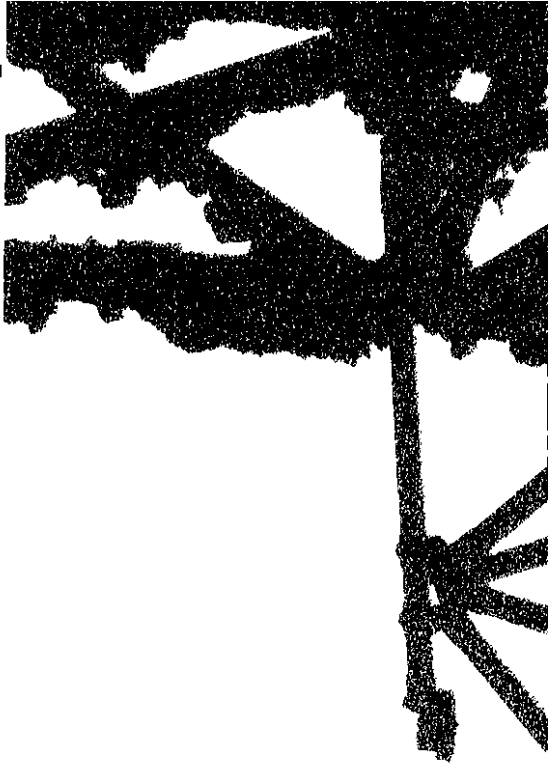
De golfbeweging vertoont over het algemeen een onregelmatig en grillig beeld. Ze wordt opgebouwd gedacht uit een groot aantal sinusvormige componenten, ieder met een eigen frequentie, golfhoogte en voortplantingsrichting. Elke component vertegenwoordigt een zekere hoeveelheid energie. Wordt de verdeling van de energie gegeven als functie van de frequentie, dan spreekt men over een frequentie-spectrum. Is de verdeling van de golfenergie gegeven als functie van frequentie en richting, dan noemt men zo'n verdeling een richtingspectrum (figuur 1). Het richtingspectrum kan worden gekarakteriseerd door per frequentie een hoofdrichting – een richting dus met maximale energie – te geven, te zamen met een zekere spreiding. Door het stelsel van geulen en platen in de mond van de Oosterschelde zullen de golven die vanuit de Noordzee het mondingsgebied inlopen, bijdraaien. Hierdoor zal het richtingspectrum langs de as van het tracé niet overal hetzelfde zijn: hoofdrichting en spreiding zullen per frequentie variëren met de plaats. In de ontwerpfase van de stormvloedkering wa-

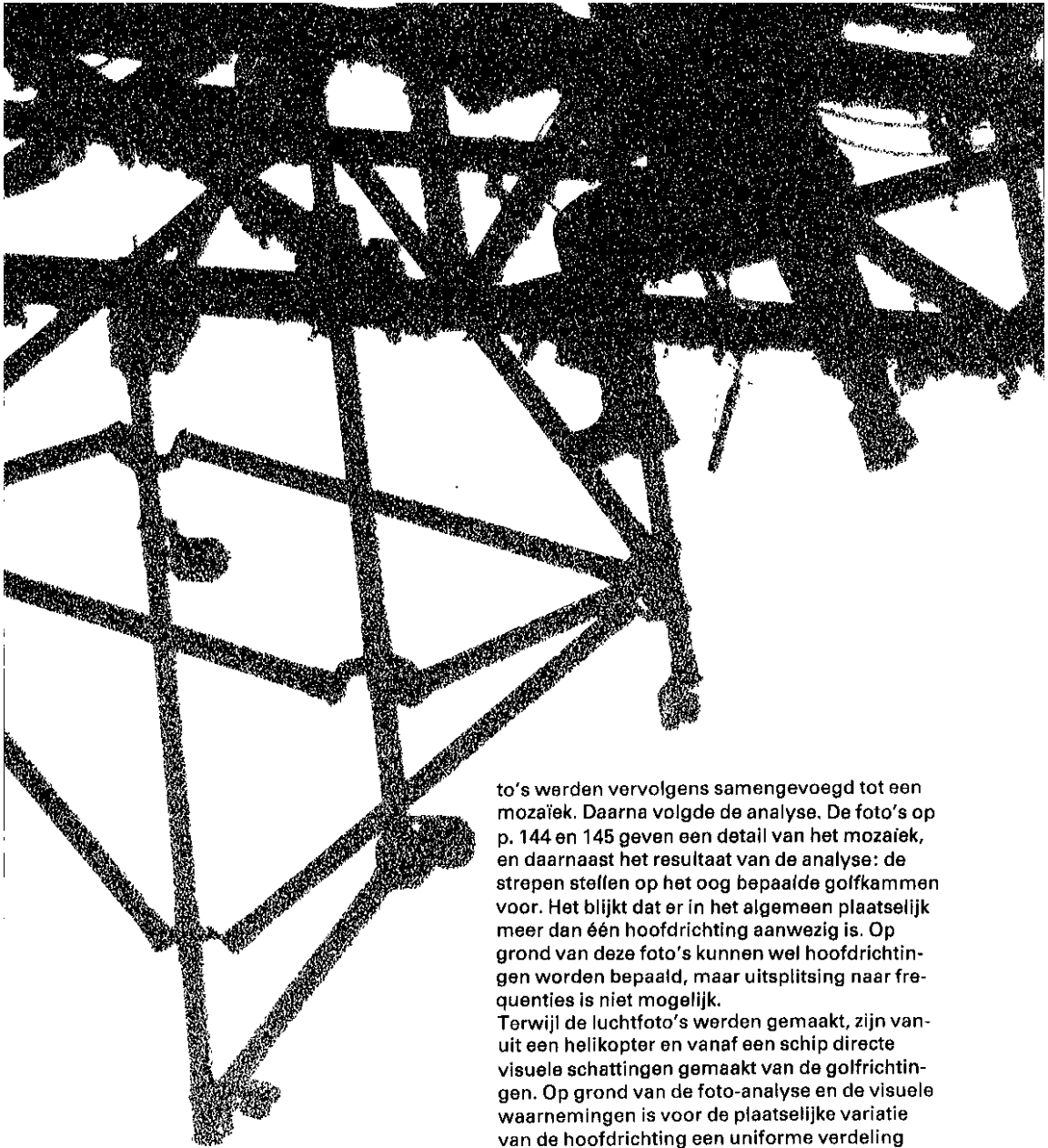
ren de meetmethoden om golfrichtingen te bepalen nog niet ver ontwikkeld. Daarom is in eerste instantie met behulp van een rekenmodel een indicatief beeld ontworpen van de variaties in hoofdrichting van de golven langs het tracé. Dit model werd vervolgens getoetst aan de hand van luchtfoto's en directe visuele waarneming. Voor situaties tijdens storm bleek er voldoende overeenstemming te bestaan tussen de luchtfoto's, de directe visuele waarneming en de resultaten van het rekenmodel. Daarom durfde men het vervolgens aan op grond van de modelresultaten extrapolaties uit te voeren naar extreme situaties.

Inmiddels is de ontwikkeling van meetmethoden ter bepaling van het richtingspectrum veel verder gevorderd; de benodigde programmatuur is thans beschikbaar. Bij het golfrichtingsonderzoek ten behoeve van de werkbaarheid kan daarvan nog gebruik worden gemaakt.

Onderzoek ten behoeve van het ontwerp

We gaan nu wat nader in op het onderzoek dat is gedaan ten behoeve van het ontwerp van de stormvloedkering; daarbij werd, zoals gezegd, gebruik gemaakt van luchtfoto's, directe visuele waarneming en van berekeningen. Bij luchtfoto's wordt een momentopname van het golfbeeld verkregen als functie van de plaats. De





golfkammen geven een indruk van de golfrichting. Afgezien van de meteorologische omstandigheden zullen vooral de vlieghoogte en de gebruikte camera bepalend zijn voor de herkenbaarheid van de golfkammen op de foto's. Tijdens bepaalde stormomstandigheden is een aantal verticaal-opnamen gemaakt van het zeeoppervlak in de mond van de Oosterschelde. Er werden drie tot acht stroken van ongeveer een kilometer breedte gefotografeerd, evenwijdig aan het tracé van de stormvloedkering. De fo-

to's werden vervolgens samengevoegd tot een mozaïek. Daarna volgde de analyse. De foto's op p. 144 en 145 geven een detail van het mozaïek, en daarnaast het resultaat van de analyse: de strepen stellen op het oog bepaalde golfkammen voor. Het blijkt dat er in het algemeen plaatselijk meer dan één hoofdrichting aanwezig is. Op grond van deze foto's kunnen wel hoofdrichtingen worden bepaald, maar uitsplitsing naar frequenties is niet mogelijk.

Terwijl de luchtfoto's werden gemaakt, zijn vanuit een helikopter en vanaf een schip directe visuele schattingen gemaakt van de golfrichtingen. Op grond van de foto-analyse en de visuele waarnemingen is voor de plaatselijke variatie van de hoofdrichting een uniforme verdeling aangehouden. De spreiding van de golfcomponenten rond de gegeven hoofdrichting kan uit het fotomateriaal niet worden bepaald. Dienaangaande zijn bepaalde aannamen gedaan, geldig voor golfvelden die vanaf de Noordzee komen, uit richtingen tussen Z.Z.W. en N.N.W. Aanvankelijk werd de golfvoortplanting vanuit de Noordzee bepaald met de zogenaamde stralenmethode; dat is een klassiek model voor de berekening van de refractie van golven. Bij nadere beschouwing bleken de resultaten daarvan echter onvoldoende interpreteerbaar te zijn.

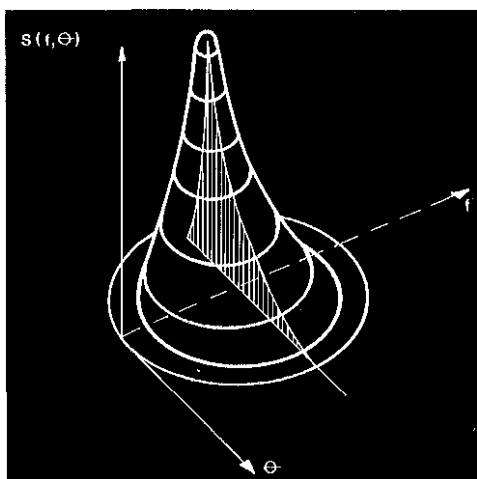
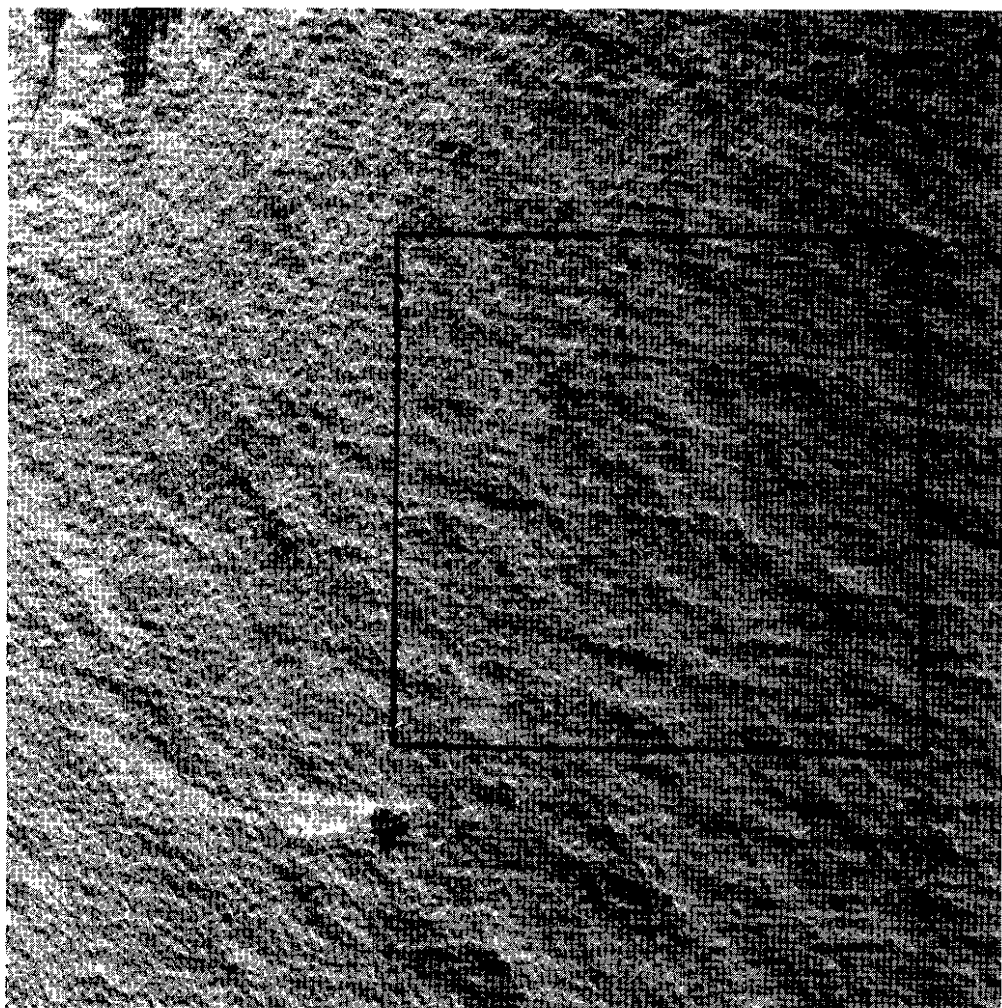


Fig. 1. Golfrichtingsspectrum.
De energie als functie van fre-
quentie en richting.

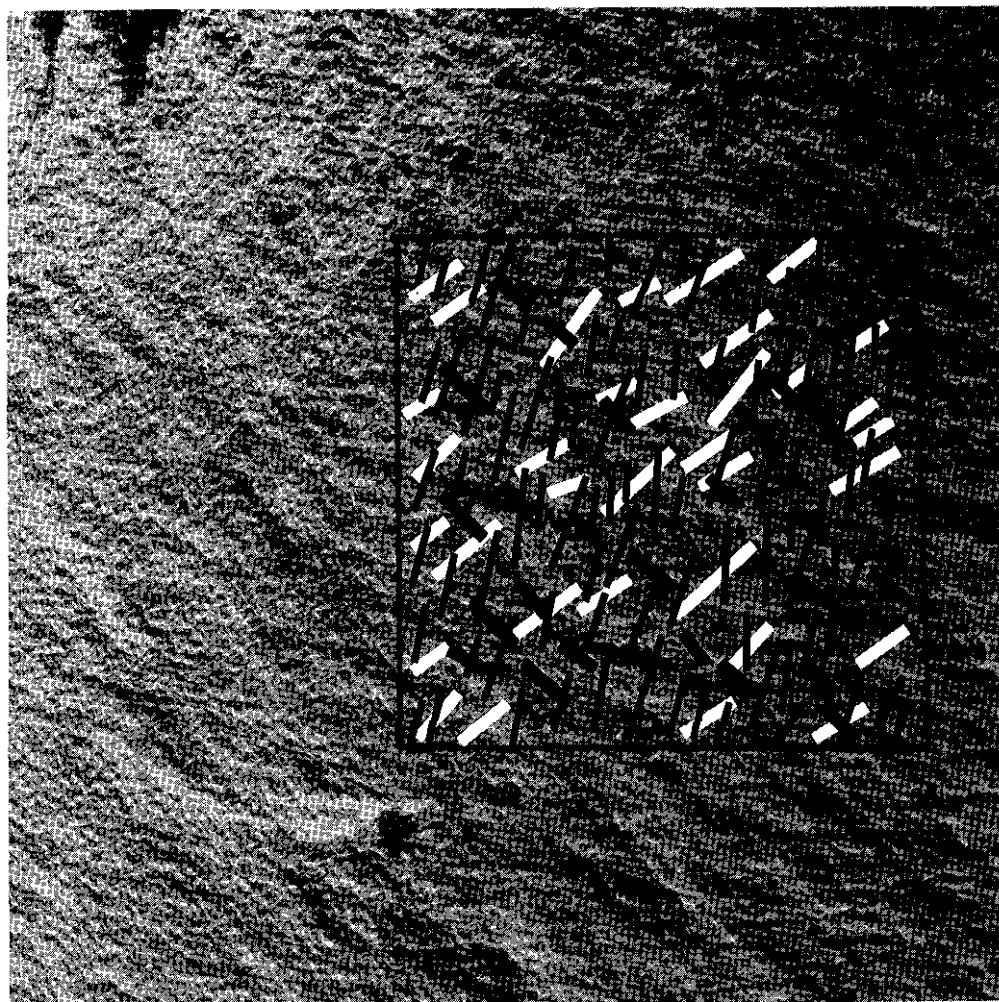
Foto's: Verticaalopnamen van
een golfpatroon en de visuele
interpretatie daarvan.

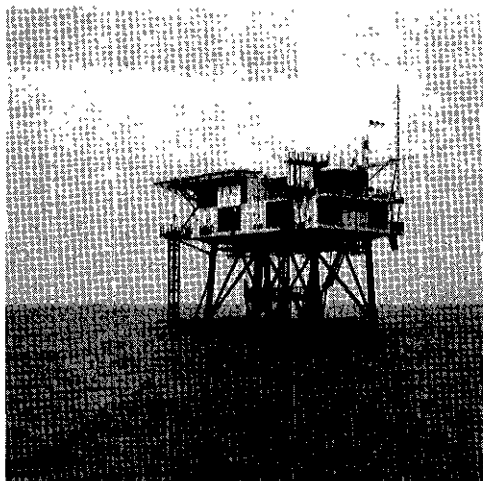


Door de verandering in bodemhelling en de aanwezigheid van het geulen- en bankenpatroon in de mond van de Oosterschelde gaan de golven voor een deel de geulen volgen en voor een deel om de banken heen lopen. Dit verschijnsel moet beschouwd worden als het gecombineerde effect van refractie en diffractie. In het nieuw ontwikkelde rekenmodel wordt met deze beide effecten rekening gehouden, en ook met het breken van golven als gevolg van beperkte waterdiepte (figuur 3). De resultaten van dit rekenmodel zijn beter interpreteerbaar. Vergelijkt men de resultaten van de luchtfotografie, de directe visuele waarneming en het rekenmodel, dan blijkt er onderling een goede overeenstemming te bestaan. Daarom konden ook voor extreme situaties met hetzelfde rekenmodel berekeningen worden uitgevoerd.

Onderzoek ten behoeve van de werkbaarheid

Om het richtingsspectrum te bepalen wordt momenteel onderzoek gedaan met behulp van contactmetingen, metingen dus waarbij direct contact bestaat tussen meetinstrument en wateroppervlak. Onvermijdelijk is het daarbij dat het meetinstrument het te meten oppervlak enigszins verstoort. In verband met het grillige karakter van de golfbeweging zou men willen beschikken over metingen op een groot aantal plaatsen en over zeer lange tijd. Praktisch levert dat nogal wat bezwaren op; daarom moet worden volstaan met een relatief gering aantal meetpunten en een betrekkelijk korte meetduur. Aangaande het werkelijke richtingsspectrum van een golfveld kunnen op deze manier alleen schattingen worden gemaakt. Bij Noordwijk is, op het voormalige REM-eiland, een meet-





Het voormalige REM-eiland bij Noordwijk.

post ingericht bij een plaatselijke diepte van ongeveer N.A.P. – 17 m. Ter bepaling van het richtingsspectrum worden daar twee methoden beproefd. De ene methode houdt in dat met een snelheidsmeter op zekere diepte de snelheid van waterdeeltjes wordt gemeten in drie onderling loodrechte richtingen. Voor de andere methode zijn op drie hoekpunten van de meetpost golfbakken opgesteld, waarmee van ogenblik tot ogenblik de uitwijkingen worden gemeten die het wateroppervlak vertoont. Daaruit worden twee onderling loodrechte componenten van de helling van het wateroppervlak afgeleid. Langs beide methoden kunnen schattingen van het richtingsspectrum worden verkregen. Als gelijktijdig wordt gemeten volgens de beide methoden is bovendien onderlinge vergelijking mogelijk. Op grond van de tot nu toe opgedane ervaring geniet de driedimensionale snelheidsmeting de voorkeur. Uit de metingen die tot op dit ogenblik aan de meetpost Noordwijk zijn verricht, kan voorlopig voorzichtig worden geconcludeerd dat de spreiding rond de hoofdrichting kleiner is dan men zou verwachten.

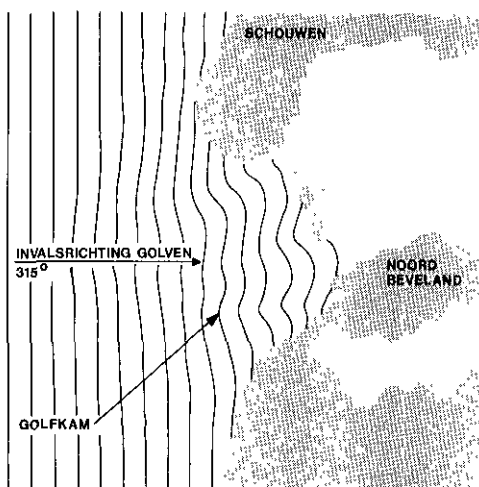
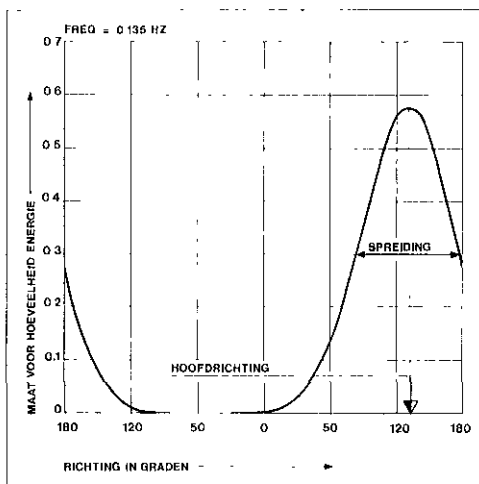
Toekomstig onderzoek

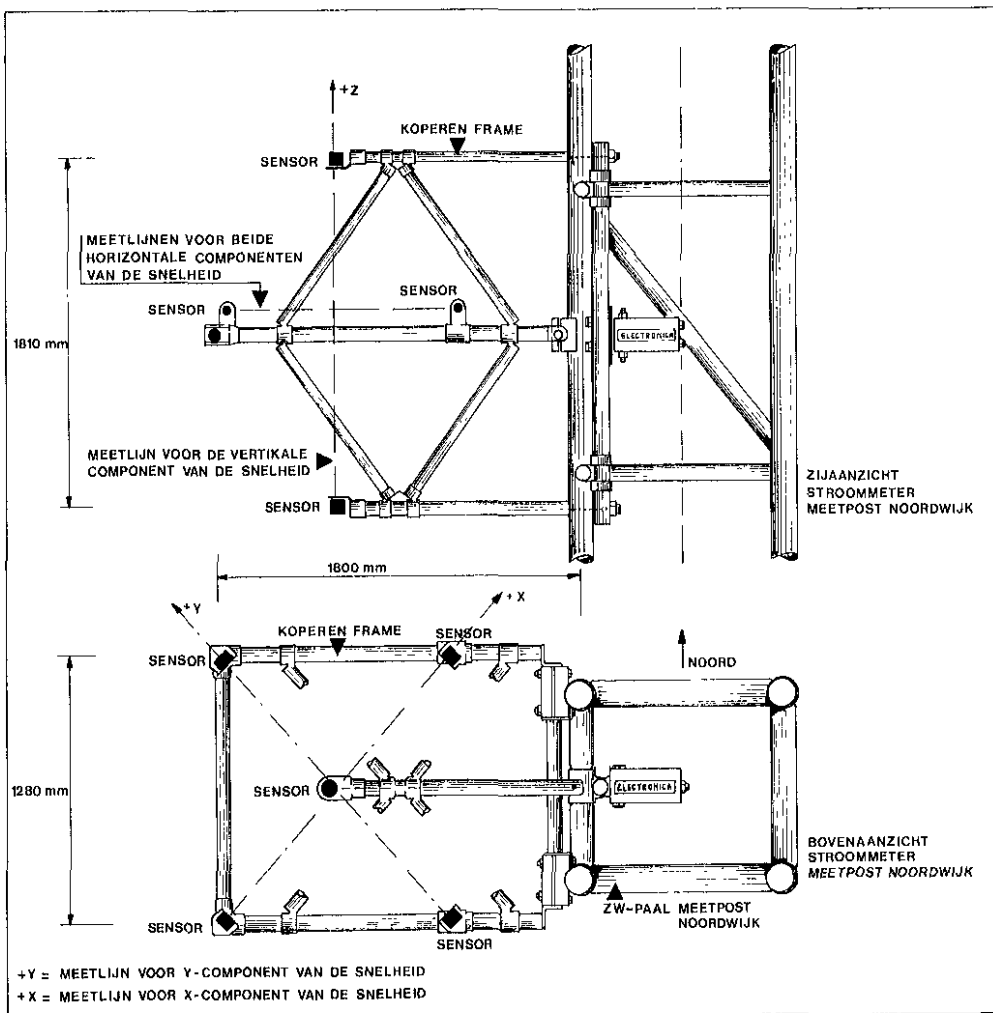
Nabij de meetpost Noordwijk zal in de toekomst golfrichtingsonderzoek worden verricht met behulp van een boei, die de hellingen van het wateroppervlak meet. Het voordeel van het gebruik van een boei is dat men niet langer afhankelijk is van een vaste constructie, zoals bij de stroomsnelheidsmeter en het bakken. Het uiteindelijke doel van de boeimetingen is het verkrijgen van golfrichtingsinformatie door middel van een golfrichtingsprocessor, waarin de verzamelde gegevens meteen verwerkt worden tot informatie over de golfrichting. De ontwikkeling van de

Fig. 2. Richtingsspectrum voor een frequentie van 0,153 Hz.

Fig. 3. Berekende golfvoortplanting in de mond van de Oosterschelde. Als gevolg van de bodemfiguratie draaien de golfkammen bij.

Fig. 4. Driedimensionale stroommeter in gebruik bij Noordwijk.





verwerkingsprogrammatuur is thans voltooid; er volgt nu een testfase.

Sinds enkele jaren wordt de mogelijkheid onderzocht om bij het golfonderzoek gebruik te maken van radar. In het tracé van de stormvloedkering zijn nu drie vaste 8 mm-radarposten geïnstalleerd met een bereik van 1,5 km. De radarinstallatie zendt signalen uit, die door het wateroppervlak teruggekaatst worden. Het weerkerende signaal wordt opgevangen en vastgelegd op bij voorbeeld een fotografische plaat. Het ligt in de bedoeling de opgevangen signalen op den duur automatisch te verwerken.

Een computerprogramma voor die verwerking is er nog niet. Voorlopig moeten de gefotografeerde radarbeelden nog visueel worden geïnterpreteerd. Ook lasertechnieken kunnen

worden gebruikt bij het golfrichtingsonderzoek. Hierbij wordt bij voorbeeld vanuit een vliegtuig direct na elkaar een groot aantal opnamen gemaakt van het zee-oppervlak. De laserbron zendt daartoe signalen uit die door het zee-oppervlak worden teruggekaatst. De opgevangen signalen worden vervolgens verwerkt tot golfrichtingsinformatie. Deze techniek bevindt zich nog geheel in de experimentele fase.

De Rijkswaterstaat is ten slotte ook betrokken bij het opzetten van een onderzoek waarbij gebruik wordt gemaakt van satelliet-waarnemingen. Het voordeel van zulke waarnemingen is dat ze een zeer groot deel van het zee-oppervlak tegelijk kunnen beslaan. De plannen zijn echter nog in een zo pril stadium, dat er in elk geval geen praktisch resultaat meer van mag worden verwacht voor de bouw van de stormvloedkering.

In Bericht 82 (november 1977) is uitvoerig gerapporteerd over de mogelijke tracés voor de Oesterdam. Inmiddels is de keuze gevallen op het meest oostelijke tracé, met een westelijke aansluiting op Tholen. Deze keuze impliceert omkading van het Markiezaat van Bergen op Zoom. De tracés van zowel de Oesterdam als de omkading zijn inmiddels vastgesteld bij Koninklijk besluit van 12 januari 1979.

Het ontwerp van de Oesterdam

In het zuidelijke deel van het tracé is de afstand tussen de binnenteenlijn van de Oesterdam en de buitenteenlijn van de westelijke havendam van het Kreekraksluizencomplex vastgesteld op 130 m, zodat er voldoende ruimte overblijft voor het lozingsmiddel Zoommeer. Verder naar het noorden volgt de dam het Schelde-Rijnkanaal op een afstand van 300 m. Door deze oostelijke ligging van de Oesterdam blijven in een zo groot mogelijk gebied het getijmilieu en de schelpdierencultuur gespaard. Het Marollegat kan met zand gesloten worden zonder dat daarbij het gevaar ontstaat van plaatselijke verondieping van de Schelde-Rijnverbinding. Ter plaatse van de Speelmansplaten buigt de dam naar het westen. Op een uitloper van deze platen, de Vogelaar, wordt een werkeiland aangelegd, met ruimte voor een bouwput voor de schutsluis en voor een werkhaven. De situering is zo gekozen dat de verdronken stad Reimerswaal niet door de uitvoering van de werken zal worden beschadigd. Tussen het werkeiland en Tholen blijft nog een afstand van 350 m over, de breedte van het Tholense Gat.

De dimensionering van de Oesterdam is voornamelijk afgestemd op zijn waterkerende functie. Na de voltooiing van de stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde moet gerekend worden met een ontwerpwaterstand van NAP + 4 m. In verband met de verschillende sluitingsmogelijkheden van de stormvloedkering is voor de dimensionering van de glooiingsconstructies echter rekening gehouden met een variabel ontwerppeil tussen N.A.P. + 1 en + 4 m. Tijdens stormvloeden kunnen er aanzienlijke golfbewegingen optreden vóór de dam. Uit de maatgevende golfbeweging moet de mogelijke golfploop worden afgeleid.

Een golf die bij de dam aankomt heeft een bepaalde hoeveelheid energie, waarvan een gedeelte wordt teruggekaatst en een gedeelte vernietigd. De energievernietiging resulteert in golfoploop en in krachten die op de dam worden uitgeoefend. De hoogte tot waar de golftong reikt op het talud, hangt bij een bepaalde stormvloedstand onder andere af van de golfhoogte en de golfperiode, van de configuratie van het voorland, de helling en de ruwheid van het talud en de invloed van de bermen. Ook de richting van de golfaanval is belangrijk. Bij gebrek aan voldoende informatie omtrent de relatie tussen de hoogte van de golfoploop, de golfoverslag en het daaraan verbonden risico voor de stabiliteit van de dijkconstructie, hanteert men op advies van de Deltacommissie de tweeprocents-golfploopregel, dat wil zeggen dat de kruin wordt gelegd op een hoogte waar-

Het werkeiland voor de Bergse Diepsluis in de Oesterdam; opname maart 1980.

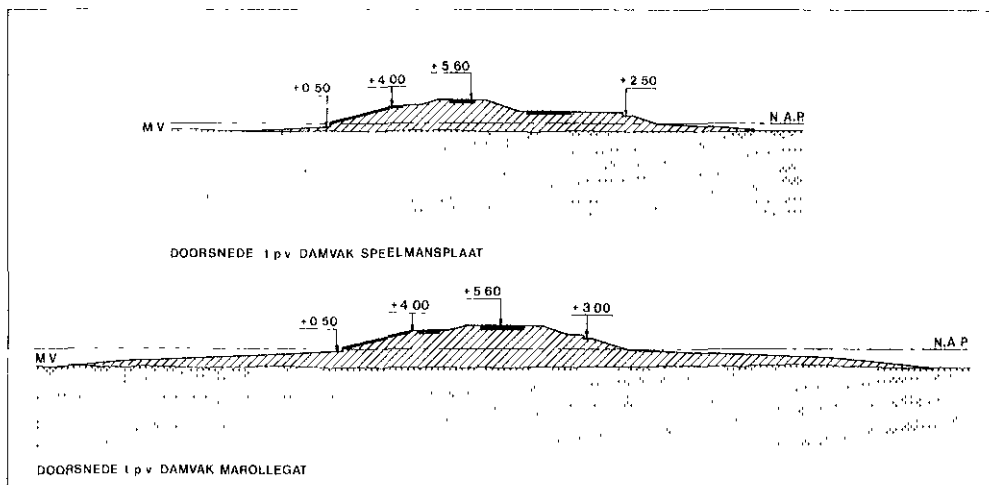
bij niet meer dan 2% van het aantal golven aanleiding geeft tot golfoverslag.

Verder hebben we in het algemeen bij de bepaling van de kruinhoogten rekening te houden met bui-oscillaties, onregelmatige schommelingen van de zeespiegel bij extra harde stormwind, en met builstoten; dat zijn eenmalige extra opslingeringen van de zeespiegel bij storm. Bij gesloten stormvloedkering kunnen deze invloeden als niet relevant voor de kruinhoogte ter zijde gelaten worden. Voor relatieve bodemdaling, zetting en klink, is een toeslag van 15 cm aangehouden. Met de zetting van de ondergrond en de inklinking van het dijklichaam zelf wordt rekening gehouden in de uitvoeringsfase. Aangezien er op de kruin een weg wordt aangelegd, mag men aannemen dat extra kruindaling door zetting in de toekomst bij het onderhoud van de wegen zal worden weggewerkt.

Met behulp van deze gegevens is voor de verschillende damvakken de kruinhoogte bepaald, en zijn de dwarsprofielen ontworpen; bij dit laatste ontwerp werd tevens rekening gehouden met de noodzaak van de aanleg van wegen, en het type van de toe te passen gloopingsconstructies.

De berm functioneert het meest doeltreffend wanneer hij wordt aangelegd op het niveau van de ontwerpwaterstand. Door de breedte van de berm te variëren van 5 m op de Speelmansplaten tot 11 m bij het Marollegat, kon de kruinhoogte van de Oesterdam tussen het sluiseland en Zuid-Beveland overal op N.A.P. + 5,60 m worden gehouden. Ter plaatse van het Tholense Gat komt de kruin hoger te liggen, omdat de verkeersweg over de brug en de hoogwaterkering van Tholen moet worden geleid, die beide liggen op N.A.P. + 7 m. De taludhellingen zijn





TIJDSHEMA · OESTERDAM EN OMKADING														
NR	OMSCHRIJVING	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
	OMKADING MARKIEZAAT													
1	VERBINDING MOLENPLAAT													
2	WESTELIJKE KADE													
3	DOORLAATMIDDEL													
	OESTERDAM													
1	BESTORTING OEVER SCHAKERLOOPOLDER													
2	WERKEILAND													
3	DAMVAK ZUID													
4	DAMVAK SPEELMANSPLATEN													
5	DAMVAK MAROLLEGAT													
6	DAMVAK THOLENSE GAT													
	SCHUTSLUIS													
1	BETONWERK													
2	STAALWERK													

aan de Oosterscheldezijde 1 : 4 en aan de Zoommeerzijde 1 : 3. In het belang van het onderhoudswerk wordt aan de Zoommeerzijde een berm van 5 m breed aangelegd, op het niveau van N.A.P. + 3 m.

Fig. 1. Voornaamste dwarsprofielen van de Oosterdam.

Fig. 2. Tijdschema voor de uitvoering.

Verkeers- en andere functies

De Oosterdam krijgt naast zijn waterkerende functie ook een verkeerstaak. De Provincie Zeeland zal er een secundaire weg over aanleggen, als directe verbinding tussen Tholen en Midden-Zeeland. Hoewel de verkeersintensiteit op deze weg matig zal zijn – naar verwachting zo'n 4000 à 5000 motorvoertuigen per etmaal – zal toch uit veiligheidsoverwegingen worden overgegaan tot een scheiding van verkeerssoorten: er komt een hoofdrijbaan voor snelverkeer en een parallelweg voor langzaam verkeer, of een fietspad.

Eveneens met het oog op de veiligheid worden de horizontale bogen in de dam aangelegd met een minimale straal van 600 m.

In de toekomst zal de Oesterdam wellicht nog meer functies te vervullen krijgen. Daarbij kan men denken aan allerlei vormen van recreatie, zoals sportvissen, onderwatersport en oeverrecreatie. In de vormgeving, de inrichting en de landschappelijke inpassing van de dam is getracht op deze mogelijke ontwikkelingen te anticiperen.

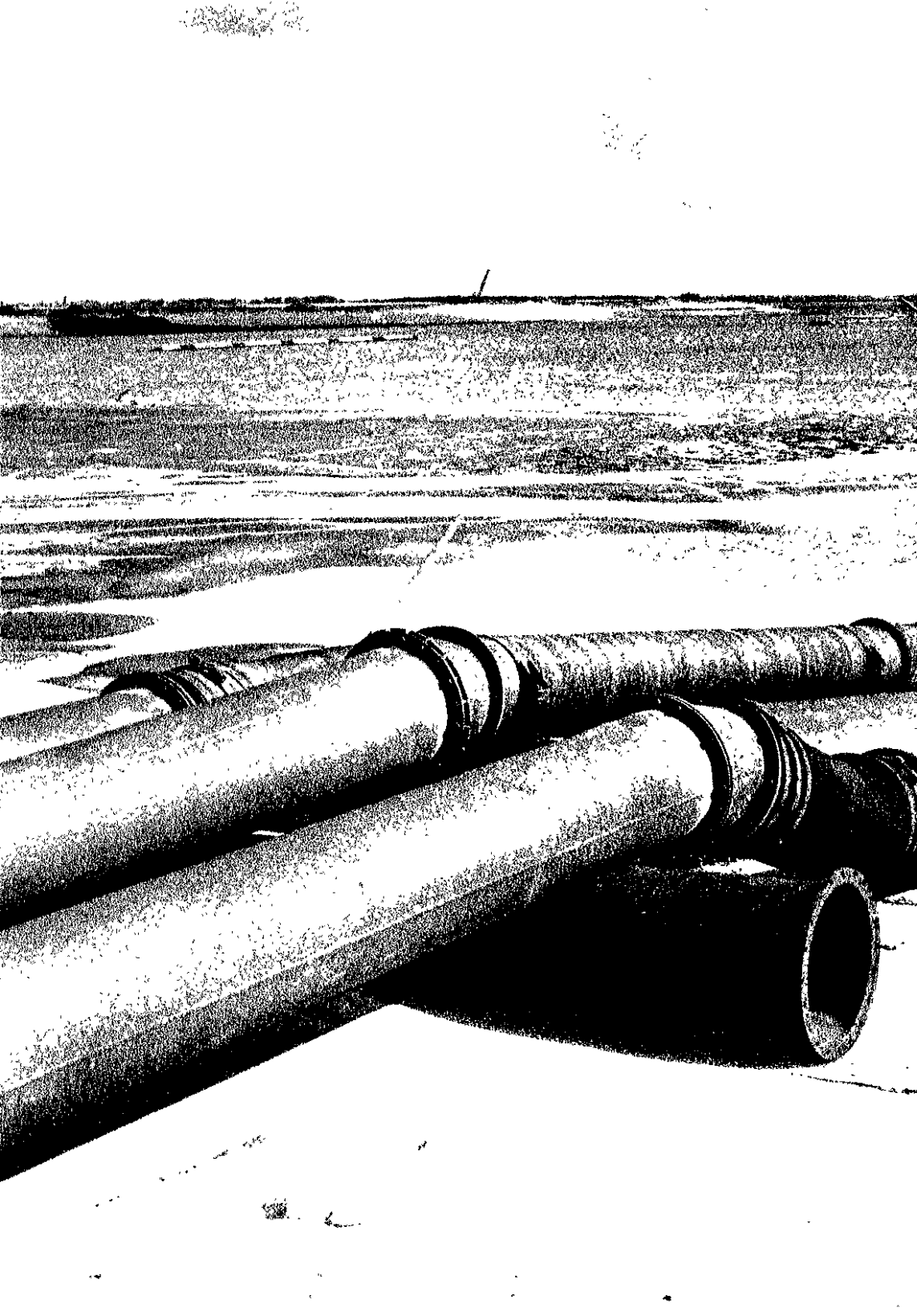
Daarbij zijn de volgende uitgangspunten in acht genomen. De dam moet enige toekomstige ontwikkeling van nevenfuncties kunnen opvangen zonder dat daarvoor grote aanpassingen moeten worden uitgevoerd; deze mogelijkheden behoeven niet meteen volledig te worden benut; later kan hierover per geval worden beslist. De Oosterschelde als natuur- en schelpdiergebied mag niet worden aangetast. Grootschalige recreatieve voorzieningen langs de dam verdragen zich niet met de tegenwoordige ideeën omtrent de inrichting van de Kom van de Oosterschelde; bij de vormgeving behoeft daar dan ook niet op te worden geanticipeerd.

Het dwarsprofiel van de Oesterdam wordt binnen deze randvoorwaarden bepaald door de ligging van de beide wegen: de hoofdrijbaan en de parallelweg. Gekozen is voor een ontwerp waarbij de parallelweg westelijk ligt van de hoofdrijbaan. Zo kunnen onderdelen van de dam die zich het beste lenen voor enigerlei vorm van kleinschalige recreatie, eenvoudig worden ontsloten. Het gaat hier om het sluis-eiland, de Oosterscheldezijde van het damvak Marollegat en de Zoommeerzijde van de Speelmansplaten. Vormgeving en inrichting bedoe-
len tegelijkertijd zoveel mogelijk de aandacht af te leiden van gebieden die zich juist niet voor recreatie lenen. De wegen op de dam zullen een boeiend lijnenspel opleveren: gaande van noord naar zuid liggen de beide wegen tot op de brug over de schutsluis geheel of nagenoeg op gelijke hoogte, namelijk op de kruin van de dam. Over de Speelmansplaten daalt de hoofdrijbaan tot het niveau van N.A.P. + 2 m aan de noordoostkant van de dam. Op vrij eenvoudige wijze is hier op een eventuele oeverstrook een parkeerplaats in te richten. De parallelweg of het fietspad blijft op de kruin van de dam en houdt zoveel mogelijk afstand van het kwetsbare intergetijdengebied. Vóór de bocht gaat de parallelweg naar de buitenberm, die daar ter plaatse van het Marollegat breed genoeg voor is; zo nodig kan nog een parkeerstrook worden toegevoegd. Deze locatie is geschikt voor sportvisserij, waartegen op deze plaats ook nauwelijks bezwaar bestaat. De hoofdrijbaan is hier op de kruin gesitueerd; hij biedt een vrij uitzicht over

het uitgestrekte gebied. Verder naar het zuiden, waar het lozingsmiddel Zoommeer begint, moet de parallelweg weer naar de kruin, omdat de dam daar door ondiepe slikken en schorren gaat. De hoofdrijbaan komt dan weer op een lager niveau, namelijk op een berm aan de oostzijde van de dam.

De uitvoering van de verschillende delen van de Oesterdam is in hoofdlijnen gepland zoals figuur 4 weergeeft. Wijzigingen kunnen nog ontstaan in verband met de methode van sluiting van de beide compartimenteringsdammen; daarover wordt binnenkort een beslissing verwacht.

Voor het damvak Zuid wordt zand betrokken uit het tracé van het lozingsmiddel Zoommeer; daaraan zal ook alle klei voor de dam worden ontleend. Over de zandwinningsproblematiek wordt in het volgende artikel verder gerapporteerd.



Zandwinning voor de compartimenteringswerken



De aanleg van de compartimenteringswerken in het oostelijk gedeelte van de Oosterschelde vereist grote hoeveelheden zand. In een belangrijk deel van de zandbehoefte is, met name bij de Philipsdam, al voorzien. De sluitkade waarmee het Slaak in 1985 wordt geblokkeerd, vraagt echter nog een zandaanvoer van 5 miljoen m³. Voor de Oesterdam, het andere grote compartimenteringswerk, zal nog 8 miljoen m³ specie moeten worden gevonden. Samen dus 13 miljoen m³, die liefst winbaar moet zijn in de directe omgeving van de werken; anders wordt de eenheidsprijs te hoog, vanwege het transport.

13 miljoen m³ is op de zandmassa's van de Oosterschelde niet zo vreselijk veel; maar de winplaatsen moeten met zorg worden gekozen: als de zandwinning het milieu beïnvloedt, moet dat liefst in gunstige zin zijn. In elk geval moeten de effecten van tevoren worden ingeschat. Daarom is een projectgroep 'Zandwinning Compartimenteringswerken' aan het werk geweest, om op verantwoorde wijze zandwinplaatsen op te sporen in het achterste gedeelte van de Oosterschelde.

Als resultaat van haar bevindingen heeft de projectgroep onlangs een zestal zandwinplaatsen beschreven, die min of meer aan de te stellen voorwaarden voldoen. Eén daarvan ligt in de buurt van de Philipsdam, de andere nabij de Oesterdam.

Bij de Philipsdam is een zadel aangetroffen, een ondiep gedeelte op N.A.P. - 11 m tussen het Zijpe en het diepe gedeelte van het Krammer. Bij verdieping tot N.A.P. - 20 m levert dit zadel 7,5 miljoen m³ zand, ruim genoeg dus voor de sluitkade van de Philipsdam.

Vóór het tracé van de Oesterdam bevindt zich een mogelijke winplaats in een relatief ondiep

gedeelte van het Lodijkse Gat. Verdieping tot N.A.P. – 12,5 m levert een zandhoeveelheid op van ongeveer 2,5 miljoen m³. Gaan we verder, en halen we het zand weg tot N.A.P. – 15 m, dan kan zelfs 5 miljoen m³ gewonnen worden. Ook op een andere plaats ten westen van het tracé van de Oesterdam kan zand worden gewonnen, en wel in het Tholense Gat. Afhankelijk van de oppervlakte van de winplaats kan daar 0,5 tot 2 miljoen m³ ter beschikking komen. Ten oosten van de Oesterdam is zand te winnen in een gebied dat gevormd wordt door het Tholense Gat, en dat zich verder uitstrekt tot aan het Bergse Diep. Hier komt minstens 4 miljoen m³ specie vrij, maar bij vergroting van het winoppervlak kan dat nog aanzienlijk meer worden. Tussen de Molenplaat en het industrieterrein Noordland bij Bergen op Zoom ligt nog een gebied waar zand aan kan worden ontleend; in combinatie met het storten van onbruikbare specie uit het lozingskanaal voor het Zoommeer zou hier goede specie kunnen worden weggezogen tot een hoeveelheid van 1 miljoen m³. Ten slotte heeft de projectgroep zandwinning overwogen ter plaatse van een mogelijk aan te leggen randmeer bij Bergen op Zoom, binnen het omkade Markiezaat. Bruikbaar zand wordt daar echter pas aangetroffen onder een veen- en kleilaag van 10 m dik. Om daar slibvrij zand te winnen zal een dure, gespecialiseerde methode moeten worden gebruikt. Financieel is dat alleen het overwegen waard als er een put ontstaat waar slechte specie in kan worden gestort uit het lozingskanaal van het Zoommeer. Gezien het tijdschema voor de aanleg van de Oesterdam zou de zandwinplaats die we nu bespreken alleen dienst kunnen doen bij de aanleg van het damvak over de Speelmansplaten. Er zou dan 1,5 miljoen m³ kunnen worden gewonnen.

Bij het bepalen van mogelijke zandwinlocaties zijn enkele algemene richtlijnen gevolgd voor wat betreft het ontzien van natuur en milieu. Zo wordt er terdege rekening gehouden met de platen en slikken in de omgeving. Deze immers vervullen een belangrijke functie in het ecosysteem. De bodemdieren en -planten van de platen en slikken worden gegeten door vele hogere dieren, zoals vissen, krabben, slakken, zeesterren en vogels. Schelpdieren zoals mossels, kokkels en oesters, leven vooral tussen de laagwaterlijn en N.A.P. – 5 à – 7 m. Zandwinning in deze dieptezone is dan ook te ontraden. Een ander gevaar dat vermeden moet worden, is dat van zuurstofloze diepe putten. Bij zandwinning op grotere dieptes dan N.A.P. – 10 à – 15 m moet er gewaakt worden voor het vormen van afzonderlijke putten, waar de uitwisseling tussen de verschillende waterlagen tot stilstand

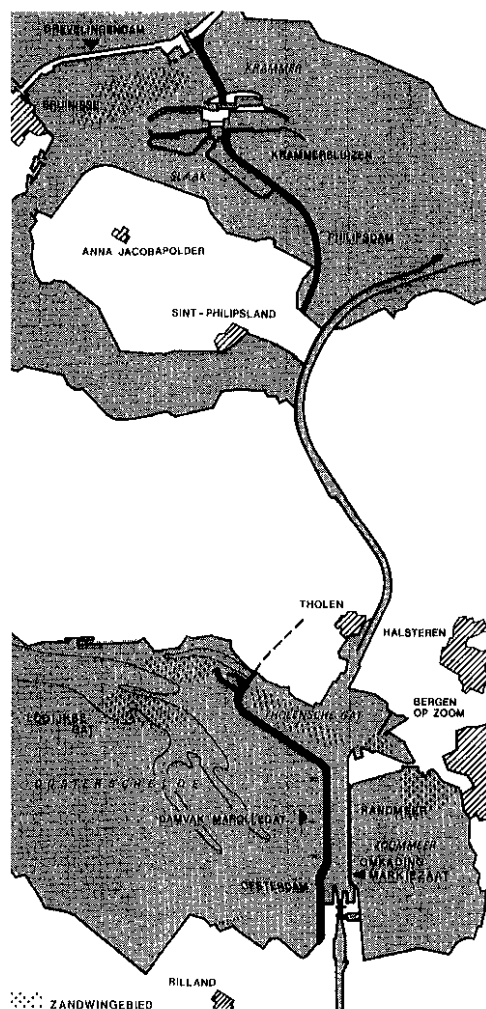


Fig. 1. Overzicht van de onderzochte zandwinlocaties.

kan komen. Het opruimen van een zadel tussen twee diepe geulen kan vanuit een milieukundig oogpunt doorgaans positief worden beoordeeld, als het tenminste leidt tot een verbeterde watercirculatie.

Zandwinning in geulen is te verkiezen boven zandwinning bij platen. De grootste concentratie van biomassa vinden we immers tussen 2 m boven en 2 m beneden de laagwaterlijn. *Geulbodems herstellen zich bovendien gemakkelijker.*

Volgens de hier besproken richtlijnen is de zandwinning bij de Philipsdam voor het milieu gunstig: er wordt een rug mee weggezogen tussen twee thans tamelijk geïsoleerde diepe putten. De watercirculatie zal er positief door worden beïnvloed.

De zandwinlocatie bij het Lodijkse Gat ligt gemiddeld op N.A.P. $\sim$ 10 m, zodat het leven der bodemdieren hier niet ernstig door de zandwinning zal worden verstoord. In het Tholense Gat zou de zandproductie echter pas aantrekkelijk worden, als er ook ondieper dan N.A.P. $-$ 5 m kon worden ontgraven. Vanuit milieukundig en landschappelijk oogpunt moet hier echter bezwaar tegen gemaakt worden.

Het zandwingebied onmiddellijk ten oosten van de Oesterdam sluit aan op het diepe gedeelte van het Tholense Gat. Hier bestaat gevaar voor het optreden van stratificatie. Als zoutbronnen kunnen in deze omgeving worden aangemerkt de Bergse Diepsluis en de Kreekraksluizen. De eerste sluis gaat een zoutbezwaar meebrengen van ongeveer $1,2 \text{ kg Cl}^-$ per seconde; de Kreekraksluizen zullen $0,4 \text{ kg Cl}^-$ per seconde op de Oosterschelde brengen als er geen zoet water teruggewonnen wordt, en $9,7 \text{ kg Cl}^-/\text{sec}$, wanneer er wordt gemikt op 50% terugwinning van zoet water. Een en ander zal zeker gevolgen hebben voor de stratificatietoestand in het besproken zandwingebied. Als de spronglaag tussen zout en zoet water komt te liggen op N.A.P. $-$ 7,5 à $-$ 10 m, kan hier hinderlijke stratificatie optreden. Zandwinning beneden deze diepte heeft verder geen invloed op de omvang van het voor stratificatie gevoelige gebied.

Een heel ander probleem, dat met het bovenstaande wel nauw samenhangt, is het feit dat we niet precies weten hoe het ontziltingsproces van het Zoommeer zich na de afsluiting zal gaan voltrekken. Daarom is ook nog niet exact bekend hoe lang het zal duren voor het zoute water in het Tholense Gat vervangen kan zijn door zoet.

Ten noorden van de Molenplaat ligt ook een potentieel zandwingebied. Daar wordt geen hoge landschappelijke waarde aan toegekend; bovendien verliest het na 1985 zijn functie als fou-

ragegebied voor vogels. Er bestaan derhalve uit landschappelijk en milieukundig oogpunt geen bezwaren tegen het gebruik van deze locatie als zandwingebied. In het eventueel te vormen randmeer bij Bergen op Zoom ten slotte zal alleen zand gewonnen kunnen worden van onder een 10 m dik pakket van veen, jonge zeeklei en rivierklei. De kans bestaat dat daarbij klei- en veenbrokken worden losgemaakt, die dan terecht kunnen komen langs de randen van het Markiezaat. Ook kan er eutrofiëring optreden door nalevering van voedingsstoffen uit het veen en de klei. Dieptewinning uit het randmeer zal uit milieu-oogpunt dan ook alleen acceptabel zijn als deze negatieve bijverschijnselen beperkt kunnen worden, en als de winning gescheiden gehouden kan worden van het Markiezaatsmeer.

Tijdens een zandwinning wordt het sedimentgehalte in het water ter plaatse verhoogd. Sterke toeneming ervan zou risico's inhouden voor schelpdiercultures in de omgeving, afhankelijk natuurlijk van het slibgehalte van het te winnen zand, van het heersende stroom- en golfregime, en van de afstand tussen winplaats en schelpdierpercelen. Nu blijkt uit onderzoek in de omgeving van zandwinlocaties in de Waddenzee, dat het uitwaaiingseffect van fijnkorrelig materiaal op schelpdierpercelen al verwaarloosbaar klein wordt op een afstand van 1 à 2 km stroomafwaarts van een zandwinlocatie. De omvang van de risico's is verder afhankelijk van het seizoen: jonge dieren zijn er gevoeliger voor dan volwassenen. In het groeiseizoen dient dus in verhoogde mate rekening te worden gehouden met de gevolgen van slibverspreiding bij een zandwinplaats.

Voor de doorgaande scheepvaart behoeven er geen problemen te worden verwacht bij zandwinning uit een van de onderzochte locaties. De hoofdscheepvaartroute door het Krammer zal ten tijde van de zandwinning daar al verlegd zijn naar de Krammersluizen. Het zandtransport met bakken zal slechts een geringe verhoging betekenen van de belasting op de doorgaande scheepvaartroutes.

Ten tijde dat er uit het Krammer zand gewonnen moet worden voor de Philipsdam, kan er al op gerekend worden dat het getij ter plaatse wordt gereduceerd door de in de stormvloedkering geplaatste dorpelbalken. Ondanks de geringe stroomsnelheden waar men dan mee te maken heeft, moet de zandwinning hier op een veilige afstand blijven van de Stoofpolder en de Grevelingendam. Dit om elk risico van dijkvallen te voorkomen. Na de sluiting van de Philipsdam zullen de stroomsnelheden hier te verwaarlozen

zijn. Bij winning uit het Lodijkse Gat zijn geen belangrijke waterloopkundige veranderingen te verwachten. Om de ebstroom door het Lodijkse Gat, die na voltooiing van de stormvloedkering en de Oesterdam overigens sterk zal zijn gereduceerd, niet in verhevigde mate op de oever van Tholen te laten aanlopen, dient de ondiepe uitloper van de Vogelaar, een plaat tussen het *Lodijkse Gat en de hoofdgeul langs de Tholense oever*, te worden gehandhaafd. Verruiming van van het Tholense Gat daarentegen zal de stroomaanval op de oever van Tholen doen afnemen. Na de sluiting van de Oesterdam worden ook hier de stroomsnelheden verwaarloosbaar klein. Door de eeuwen heen heeft het stroombeeld van de Zeeuwse wateren zich regelmatig gewijzigd. Grote stukken eens bewoond land zijn hierdoor onder water verdwenen. Een van de bekendste gebieden waar dit mee gebeurd is, is het gebied rondom de verdronken stad Reimerswaal. Onderzocht is, of een van de zandwinningen aan zulke archeologische waardevolle locaties wellicht schade zou toebrengen. Dit is niet het geval.

Ten slotte is onderzocht voor welke delen van de compartimenteringswerken de verschillende soorten zand geschikt zijn, die in de onderscheiden locaties worden aangetroffen.

De fijnheid van zand wordt uitgedrukt in de karakteristiek 'D 50'; dat is de gemiddelde korrel-diameter. Zand met een D 50 groter dan 150 micron is goed verwerkbaar, en kan in het algemeen zonder hulpmaatregelen direct in het werk gebracht worden. Fijner zand vereist het gebruik van perskaden. Voor de damvakken Marollegat, Tholense Gat en Krammer zullen hoge produkties moeten worden gehaald. Uit het Krammer kan zand direct in het werk worden gebracht.

Voor de uitvoering van de Oesterdam en de Markiezaatskade komen verschillende zandwin-

plaatsen in aanmerking. Zand uit het Lodijkse Gat komt in aanmerking voor het damvak over de Speelmansplaten en voor de Markiezaatskade. De specie uit het Tholense Gat ten westen van de Oesterdam is alleen geschikt voor het damvak door dit gat zelf. Het kwalitatief goede zand uit het gebied ten oosten van de Oesterdam kan gebruikt worden voor de *Markiezaatskade en het damvak door het Marollegat*; het fijnere zand uit het zuidelijk deel van deze zandwinlocatie kan binnen perskaden verwerkt worden in het damvak over de Speelmansplaten. Ook uit het gebied ten noorden van de Molenplaat komt relatief fijn zand, dat alleen bruikbaar is in het damvak Speelmansplaten, en eventueel in het op de plaat gelegen gedeelte van de Markiezaatskade. Het goede zand dat in het randmeer te winnen is, komt gezien de afstemming alleen in aanmerking voor verwerking in het damvak Speelmansplaten.

De hierboven kort weergegeven analyse is in de vorm van een concept-nota voorgelegd aan en besproken met de betrokken gemeenten, Staatsbosbeheer, de Directie der Visserijen, de Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek en de overkoepelende Brabantse en Zeeuwse Milieu-organisaties. Naar aanleiding van deze raadpleging heeft de Commissie Compartimentering Oosterschelde geadviseerd de zandwinning in het Lodijkse Gat en het randmeer in het Markiezaat, van de hand te wijzen. De zandwinning in het Krammer wordt in elk geval acceptabel geacht.

Een nadere optimaliseringsstudie is nog nodig met betrekking tot de zandwinning uit het Tholense Gat ten oosten zowel als ten westen van de Oesterdam en die ten noorden van de Molenplaat; daarbij zullen milieukundige, uitvoeringstechnische en financiële overwegingen centraal dienen te staan.

Als gevolg van de uitvoering van de Deltawerken doen zich in de afgesloten bekkens veranderingen voor die leiden tot een landschap met andere kenmerken en nieuwe gebruiksmogelijkheden. De inrichting en het beheer van deze bekkens zal aan de nieuwe omstandigheden dienen te worden aangepast. Een goed inzicht in het ecosysteem vormt hiervoor een onmisbare basis.

In de afgesloten bekkens wordt het water op een min of meer stagnerend niveau gehouden. Grote oppervlakten van de voormalige getijgebieden zijn daardoor permanent boven water gekomen, terwijl andere delen er nu voorgoed onder liggen.

Met name op de drooggevalle gebieden en in de oeverzone doen zich belangrijke landschappelijke veranderingen voor, die samenhangen met veranderingen in de bodem, het grondwater, de geomorfologie, de vegetatie en de fauna. Een en ander wordt ook weer, vooral in de zone die grenst aan het water, beïnvloed door de waterkwaliteit en eventuele peilfluctuaties.

In dit artikel wordt nader ingegaan op de veranderingen in de geomorfologie, die zich sedert de afsluiting van de Grevelingen in 1971 hebben voorgedaan op de drooggevalle gebieden en in de oeverzone. De wetenschap der geomorfologie houdt zich bezig met het bestuderen van de vormen van het aardoppervlak, zowel op grote als op kleine schaal. Ze beschrijft en karakteriseert deze reliëfvormen en brengt ze in kaart; ook onderzoekt ze de samenstelling, ontstaanswijze en ouderdom ervan. Het reliëf is te beschouwen als een ecologische component, die in relatie staat tot de andere landschapcomponenten. Bovendien vormt het, samen met vooral de vegetatie, een belangrijk visueel aspect van het landschap.

Het geomorfologisch onderzoek dat in het Grevelingenbekken is uitgevoerd, maakt onderdeel uit van een meer uitgebreid landschapsecologische studie.

Met behulp van luchtfoto's en terreinverkenningen zijn geomorfologische kaarten gemaakt

Geomorfologische veranderingen op de eilanden en oeverlanden in het Grevelingenmeer

waarop de ligging van de reliëfvormen is vastgelegd. Vooral in de eerste jaren na de afsluiting werden daarnaast regelmatig metingen uitgevoerd om veranderingen in stuifgebieden, oeverzones en dergelijke te kunnen volgen.

De resultaten van deze studie zijn en worden gebruikt bij het opstellen van inrichtings- en beheersplannen van drooggevalle gebieden; de verkregen kennis kan tevens worden gebruikt voor prognoses aangaande ontwikkelingen die in de toekomst in gelijksoortige gebieden, zoals bij voorbeeld het Zoommeer, kunnen optreden.

Ontstaan van het Grevelingenmeer

De vorm van het Grevelingenmeer is in de loop der eeuwen ontstaan door bedijking van het omliggende land. Zo blijkt de Grevelingen al op het kaartbeeld uit de 13e eeuw vaag herkenbaar (figuur 1).

Afgezien van enkele bedijkte gebieden, vooral aan de zuidkant, had het gebied toen nog duidelijk het karakter van een echt getijde-landschap, met vele getijgeulen en platen. De Grevelingen stond via vele krek en geulen in verbinding met het Haringvliet en met de Schelde. In de loop der eeuwen zijn vele platen, slikken en schorgebieden met wisselend succes ingedijkt en werden vele kleinere geulen tussen de eilanden afgedamd.

Zo kreeg de Grevelingen uiteindelijk zijn huidige vorm. Met de sluiting van de Grevelingendam in 1965 en van de Brouwersdam in 1971 werd het getij uitgebannen; toen ontstond het Grevelingenmeer.

Vóór de afsluiting in 1971 werd het landschappelijk en geomorfologisch karakter van het bekken volledig bepaald door de invloed van het

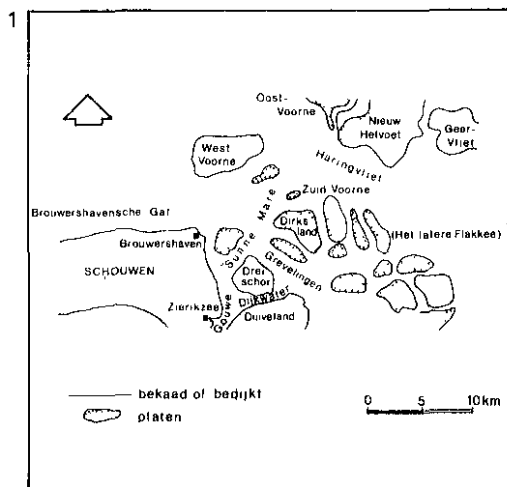


Fig. 1. De Grevelingen omstreeks 1300.

Fig. 2. Geomorfologische kaart van de Grevelingen vóór de afsluiting, met doorsnede A.

getij. De getijstroomen concentreerden zich in de getijgeulen, waarvan sommige een diepte bereikten van wel 40 m beneden N.A.P. (figuur 2). De slikken en platen, samen het intergetijdegebied genoemd, hadden een oppervlakte van 6300 ha. Grotendeels lagen ze tussen het peil van hoog- en laagwater. Het getijverschil bedroeg 2,45 m. Deze gebieden waren meestal onbegroeid; alleen plaatselijk op de hogere delen vond men een spaarzame begroeiing.

De bodem bestond doorgaans uit zand, hier en daar gemengd met geringe hoeveelheden klei. Slechts kleine oppervlakten, die in betrekkelijk rustig water gelegen waren, vertoonden hogere gehalten aan fijn materiaal. Soms waren deze gebieden volkomen vlak, met een glad oppervlak. Op sterk zandige delen daarentegen kwamen vaak zandribbels voor die, afhankelijk van de snelheden van de getijstroom, zeer verschillende afmetingen konden hebben. Plaatselijk werden min of meer geïsoleerde ruggen aangetroffen, bestaande uit schelpen of zand of een mengsel van beide.

Op sommige plaatsen werden de platen en slikken doorsneden door meer of minder sterk vertakte systemen van ondiepe waterlopen. Deze 'prieilen' voerden bij eb het water af.

Rond het peil van gemiddeld hoogwater en daarboven werden schorren aangetroffen, en wel voornamelijk tegen de dijk van Flakkee, waar onder rustige omstandigheden veel sediment had kunnen bezinken. Zij besloegen in totaal een oppervlakte van 400 ha.

Landschappelijk en geomorfologisch waken zij sterk af van de slikken en platen. Het waren zeer kleirijke gebieden, die volledig met zouttolerante planten, zoals spartina en kweldergras, waren begroeid. Geomorfologisch was vooral de ster-

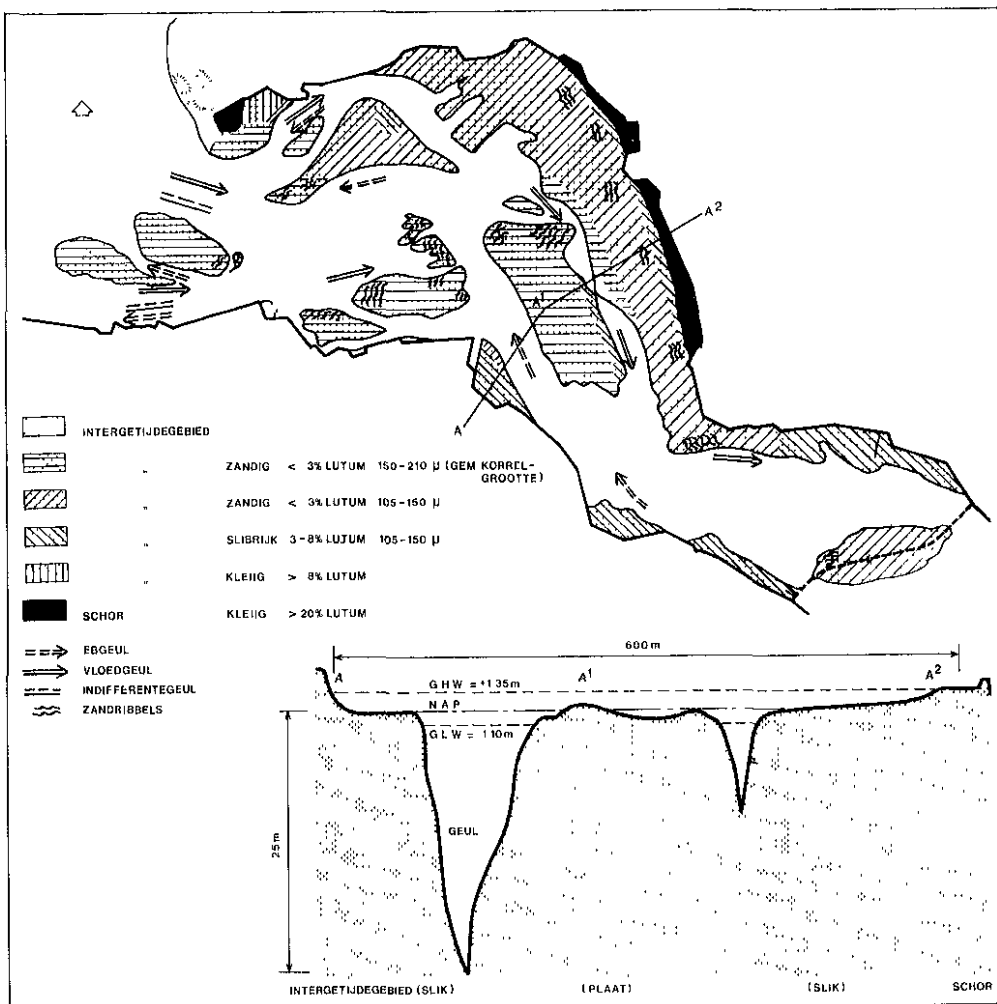
ke doorsnijding met krekken karakteristiek. De breedte van die krekken varieerde van enkele tientallen centimeters tot enkele meters; de diepte bedroeg maximaal 2 à 3 m.

Plaatselijk kwamen langs de krekken tot maximaal 50 cm verhoogde ruggen voor, oeverwallen genoemd, die in het algemeen zandiger waren dan de erachter gelegen kleirijke lagere delen, de kommen. De grens tussen schor en slik was in geomorfologische zin vaak gedifferentieerd. Op sommige plaatsen was zij vrij scherp en had ze de vorm van een erosieklif, tot maximaal 1,50 m hoogte. Op plaatsen waar het schor zich nog uitbreidde, kwamen overgangen voor, met vele spartina-pollen, ondiepe waterloopjes en dergelijke.

Geomorfologische veranderingen na de afsluitingen

Door de voltooiing van de Brouwersdam in 1971 kwam er een einde aan de eeuwenlange getij-invloed.

Er werd een min of meer vast peil op N.A.P. - 20 cm ingevoerd. De Grevelingen werd een stagnant bekken. Op dit moment is het zout. Door het wegvallen van het getij traden er grote veranderingen op, vooral in het intergetijdegebied. De laagste delen verdwenen permanent onder water. Ze vormen nu ondiep-watergebieden tussen N.A.P. - 0,2 en N.A.P. - 2,5 m in meer of minder brede zones rond de eilanden en langs de oeverlanden, dijken of dammen. De hoogste delen van de slikken en platen kwamen voorgoed boven water te liggen; dit zijn nu eilanden en oeverlanden (figuur 5). De oppervlakte water bedraagt in de nieuwe situatie ongeveer 11 700 ha, waarvan 5600 ha nieuw ontstane ondiepe zone. De oppervlakte land is be-



duidend kleiner, niet meer dan 2900 ha. Hiervan ligt meer dan de helft langs de dijken van Goeree-Overflakkee.

De eilanden in het meer beslaan 900 ha. De Hompelvoet met zijn 330 ha en de Veermansplaat, met 340 ha, vormen de grootste eilanden. De hoogteligging van de drooggevalen gebieden is bepaald onder getij-omstandigheden. De hoogte van de voormalige intergetijdgebieden komt doorgaans niet uit boven N.A.P. + 1 m. De schorren liggen hoger; maximaal kunnen ze reiken tot N.A.P. + 2 m.

Onder de gewijzigde omstandigheden en bij nieuwe randvoorwaarden begonnen onder andere op de drooggevalen gebieden nieuwe processen op te treden, die geomorfologische veranderingen teweegbrachten.

Daarbij moet onderscheid worden gemaakt tus-

sen veranderingen die veroorzaakt worden door natuurlijke factoren, en veranderingen die ontstaan zijn onder invloed van de mens.

Als natuurlijke factoren kunnen genoemd worden: golfwerking, wind, oppervlakkig afstromend water, bodemrijping en vegetatie; de invloed van golven en wind zijn het belangrijkste. De invloed van de mens heeft zich voornamelijk geuit in egalisatiewerkzaamheden, het plaatsen van schermen, het inzaaien en het aanbrengen van oeververdedigingen. Deze werkzaamheden beïnvloeden de natuurlijke processen in meerdere of mindere mate, en hebben daardoor invloed op het ontstaan van de geomorfologische patronen.

Door het stagnante waterpeil concentreert de invloed van de golven zich in de oeverzone op één niveau. Dit heeft geleid tot forse materiaal-



verplaatsingen in de meestal zandige oevers. Op vele plaatsen gaat dat gepaard met terug-schrijding van de oever (figuur 3 en 4). Plaatselijk is op de Hompelvoet en de Slikken van Flakkee over een periode van 6 jaar geconstateerd dat de oever wel met 50 m was afgenomen. Op andere plekken heeft verplaatsing van het vrijgekomen materiaal ook accumulatievormen doen ontstaan. Daar waar brede ondiepe vooroevers aanwezig zijn en zeer geringe hellingen voorkomen, van 1 : 800 of minder, zijn weinig of geen veranderingen opgetreden.

De processen die bij de veranderingen in de oeverzone en langs de oeverlijn een rol spelen, zijn zeer complex. Vele factoren doen hun invloed gelden. Naast golven en wind zijn ook de bodemsamenstelling en het uitgangsprofiel van de oevers van grote betekenis, en natuurlijk ook de mate waarin een gebied is blootgesteld aan de invloed van de wind en de golven.

Bij het terugschrijden van de oever kunnen tot 1 m hoge kliffen ontstaan; het materiaal dat vrijkomt, wordt dan deels langs de oever getransporteerd en deels naar dieper water, waar het bijdraagt aan een morfologische verandering van de ondiepe vooroever. Vaak vindt in dit gebied sedimentatie plaats in de zone tussen N.A.P. - 1,0 - 1,5 m. Daar waar in de bodem verschillende lagen met wisselende erosiebestendigheid aanwezig zijn, kunnen trapsgewijze kliffen ontstaan.

Plaatselijk zijn in de golfploopzone soms strandruggen ontstaan; er zijn echter ook omstandigheden waaronder ze weer kunnen eroderen. Uit waarnemingen is gebleken dat zij echter bijna altijd in eenzelfde gebied langs de oevers opnieuw ontstaan.

Daar waar de oeverlijn inhammen vertoont of sterk afbuigt, ontstaan als gevolg van langs-

transport plaatselijk schoorwallen en strandhaken; dat is te zien bij de Punt en de Hompelvoet. Op hun beurt kunnen de schoorwallen en strandhaken weer ondiepten afsluiten waardoor haffen ontstaan; zo iets is waargenomen langs de Veermansplaat. Deze tot 50 cm hoge accumulatievormen zijn grotendeels opgebouwd uit zand en/of schelpen. Slechts op weinig plaatsen lijkt de oeverlijn stabiel. Dit is onder andere het geval langs het noordelijk deel van de Slikken en Flakkee en langs de oostzijde van de Hompelvoet, waar hellingen van 1 : 800 of minder voorkomen, naast een zeer brede ondiepe vooroever van enkele honderden meters.

Langs deze oever doet zich wel het verschijnsel voor van overspoeling. Samen met de golfinvloed veroorzaakt dit verschijnsel lage ruggen van organische resten. In de winter spoelt hier veel zeegras aan, waar in de oeverzone veekranden van worden gevormd. Bij hogere waterstanden wordt het veek dikwijls door overspoeling ver het land op gebracht. Verschillende ruggen, waarin vaak zand is ingevangen op verschillende niveaus, getuigen van deze invloed. De overspoeling zal overigens bij toename van de begroeiing van de overzone steeds geringer worden. Om de erosie van de oevergebieden tegen te gaan, is een aantal maatregelen genomen. Op sommige plaatsen, onder andere de Hompelvoet en de Veermansplaat, waar sterke erosie optrad, is grind op de oeverlijn gestort. Op de meeste plaatsen echter is, vooral in de jaren 1973 en 1974, een oeververdediging aangebracht in de vorm van grinddammen op de dieptelijnen van N.A.P. - 1 m, op enige afstand uit de oever. De afstand tussen de grinddam en de oeverlijn verschilt van plaats tot plaats. De dammen, die zijn opgebouwd uit grof grind, zijn enkele meters breed en komen, afhankelijk van

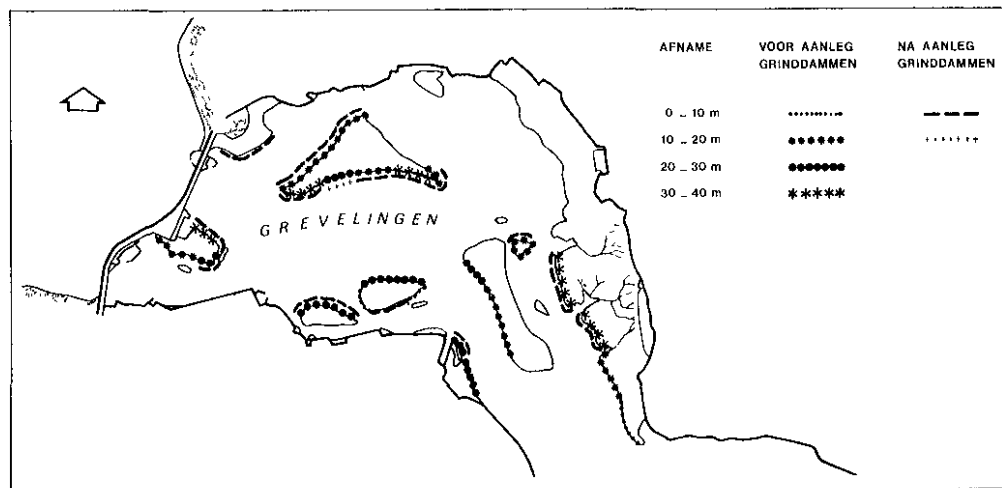
Accumulatie van schoorwallen en strandhaken voor een inham in de oeverlijn.

Fig. 3. Oeverafname in de Grevelingen in de periode 1971-1977.

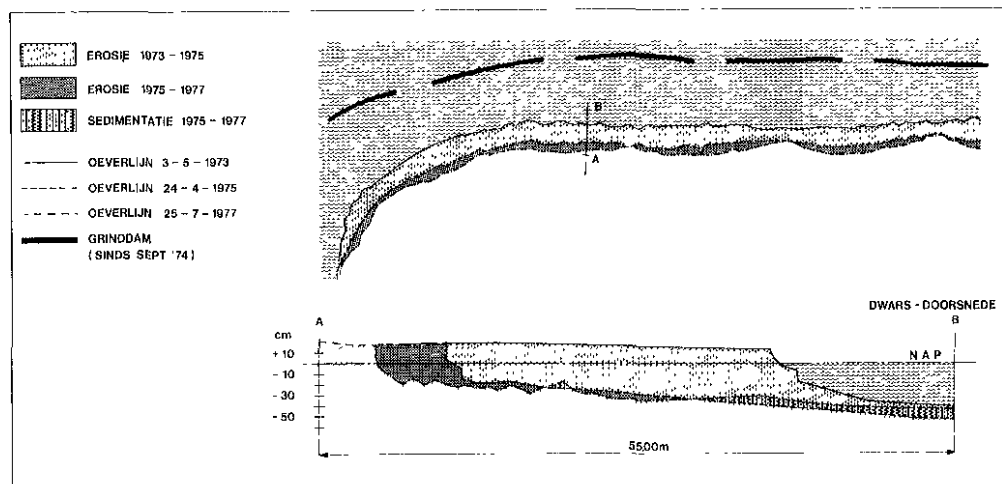
Fig. 4. Invloed van grinddammen op vorm en snelheid van de oeverafname.

de waterstanden in het meer, 10 tot 25 cm boven het water uit. Om de 200 m zijn er 20 m brede openingen in gelaten, ter wille van een goede watercirculatie achter de dammen. Door deze openingen kan de invloed van de golven toch nog tot de oever doordringen. Dit heeft tot gevolg dat de oever vlak tegenover de openingen nog verder afneemt. Er ontstaat dan een sterk golvende oeverlijn. Het overgedeelte achter de grinddammen blijft stabiel, en in sommige gevallen is er zelfs sprake van enige accumulatie van materiaal. De inhammen die achter de grinddammen ontstaan, gaan plaatselijk door tot 20 à 30 m landinwaarts.

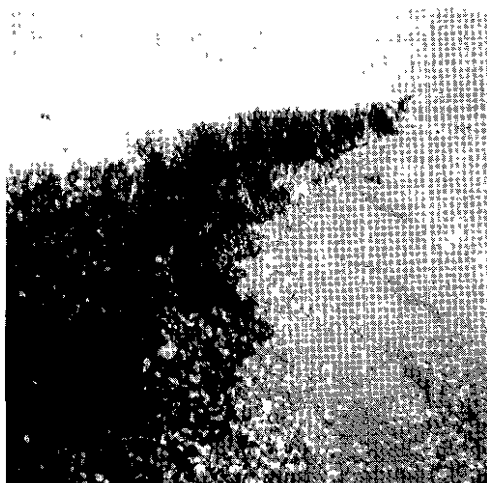
Een tweede verschijnsel dat optreedt bij deze oeververdedigingsvorm is verdieping van de openingen tussen de grinddammen, incidenteel tot N.A.P. - 3,50 m over een periode van 3 jaar.



3



4



De grinddammen brengen de erosie geheel tot stilstand of beperken haar minstens in hoge mate.

Ook de invloed van de wind op de geomorfologie is onmiddellijk waarneembaar.

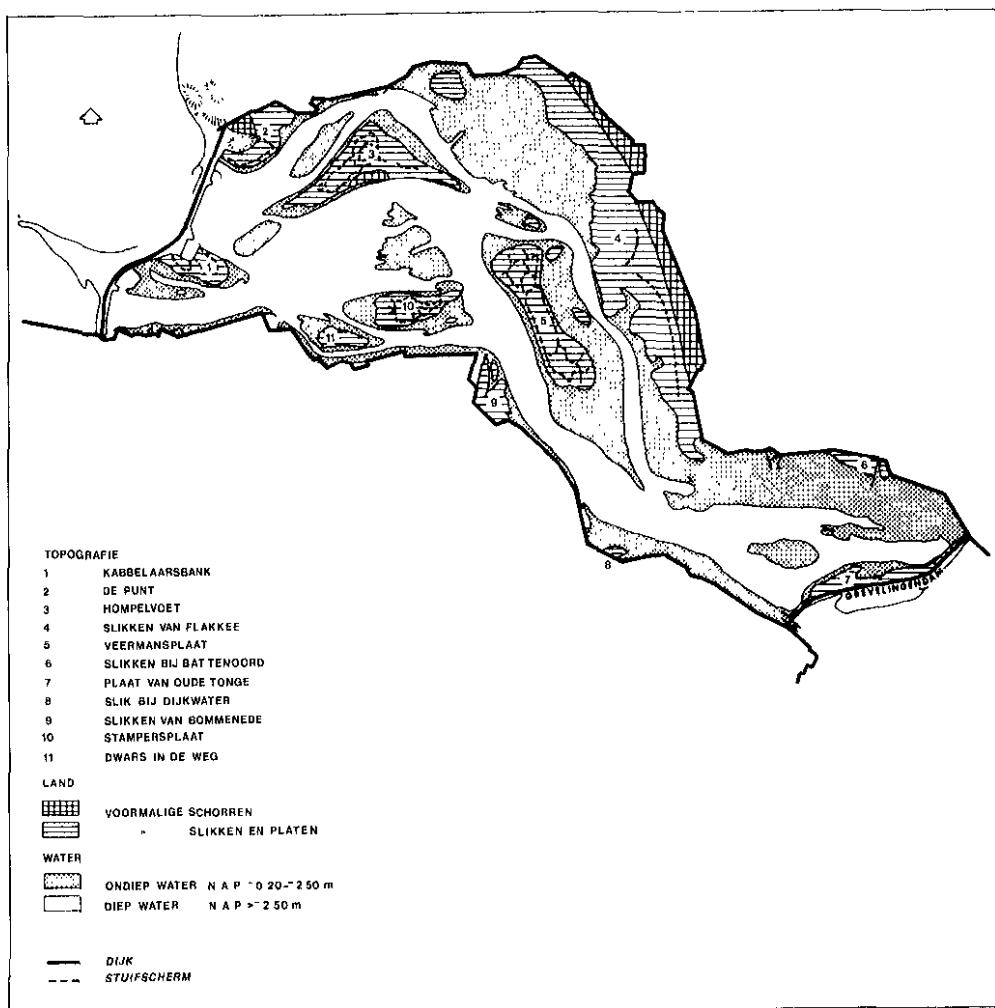
De bodem van de voormalige slikken en platen bestaat grotendeels uit middelfijn tot matig fijn zand met een gering percentage klei. Deze gronden zijn derhalve in principe stuifgevoelig. Op de hogere delen, waar het meerwater geen of slechts geringe invloed had, is dan ook aanzienlijke verstuiwing opgetreden. Om te vermijden dat dit zo maar door zou gaan, zijn al direct na de afsluiting maatregelen genomen.

In eerste instantie zijn over grote afstanden stuifschermen geplaatst om het stuifzand in te vangen. De stuifdijken die daardoor ontstonden, zijn in een later stadium ingeplant met helm, om het ingestoven zand vast te houden. Bovendien werden grote delen ingezaaid met een gras-graansmengsel zodra de bovengrond van de drooggevalle gebieden ontzilt was. Dit inzaaien ging in evenwijdige banen of in een ruitennet, met een afstand van 20 cm tussen de inzaairijen. In de inzaairijen is een weinig zand ingevangen dat uit de delen tussen de inzaairijen is weggeblazen. Hier kwam een micro-reliëf uit voort met een zeer kunstmatig patroon. Incidenteel zijn voor en na het inzaaien plaatselijk strobanen ingebracht om de verstuiwing tegen te gaan. Ook dit gebeurde in evenwijdige banen of in een ruitennet, met 10 m tussen de banen. Doordat in deze banen plaatselijk meer zand is ingevangen zijn ze thans hier en daar in de ingezaaide gebieden herkenbaar als lage ruggen van maximaal 25 cm hoog. In de stuifschermen langs de ingezaaide gebieden is doorgaans weinig zand ingevangen. Deze stuifdijken zijn maar zelden hoger dan 1 m.

Boven links: Klifoever; rechts: ingezaaid gebied.

Fig. 5. Topografische kaart van het Grevelingenmeer.

Daar waar niet ingezaaid werd, kon de verstuiwing doorgaan, en daar ontstonden dan ook hogere duinen, tot maximaal 2,50 m. Dit is onder andere het geval op het oostelijke deel van de Stampersplaat. Op deze niet ingezaaide gebieden neemt, naarmate de verstuiwing doorgaat, de niet-stuifgevoelige fractie aan de oppervlakte toe. Het zijn grotendeels schelpen, die blijven liggen. De indruk bestaat dat de verstuiwing geheel tot stilstand komt bij een schelpendichtheid van 25–50 %. Op de Hompelvoet en de Veermansplaat is de verstuiwing gestimuleerd door grondbewerkingen waarmee beoogd werd de schelpendichtheid te verkleinen. Ondanks regelmatige herhaling van deze bewerkingen zijn de duinen niet hoger opgestoven dan 3 m. Op de Veermansplaat en de Stampersplaat werden ook in de oeverzone stuifschermen geplaatst. Door regelmatige overspoelingen is daar echter



geen verstuiving opgetreden en zijn er ook geen stuifdijken ontstaan.

Uit het bovenstaande blijkt dat de geomorfologische ontwikkeling als gevolg van de wind in belangrijke mate is beïnvloed door activiteit van de mens. Vooral de accumulatievormen zijn sterk door menselijk ingrijpen bevorderd. Er komen echter ook meer natuurlijke accumulatievormen voor, voornamelijk in de overgangszone tussen het voormalige slik en het schor. In de spartina-pollen in deze overgangszone is zand ingevangen; daardoor zijn ze uitgegroeid tot lage spartina-duintjes, maximaal 1 m hoog. De meeste van die duintjes liggen op het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee en op de Punt. Hier zijn na de afsluiting ook spontaan stuifduintjes ontstaan, met name in het gebied van de Punt, waar ze tot 1,50 m hoog zijn opgesto-

ven. Ze zijn vrijwel alle ingeplant met helm en biestaruwegras.

Ook in de schorrand is zand geaccumuleerd. Dit heeft geleid tot zanddammen in de monding van enkele kreken. Het micro-reliëf van de schorrand, een complex van bulten en laagtes, is grotendeels door de zandinvang genivelleerd. Deze door de werking van de wind veroorzaakte processen hebben zich vooral gemanifesteerd in de eerste jaren na de afsluiting. Door de toenemende begroeiing van de aanvankelijk kale platen en slikken is de verstuiving na enkele jaren praktisch opgehouden.

Onder invloed van afstromend water vormen zich kleine geultjes dicht bij de oever, overal waar plaatselijk voldoende verhang aanwezig is. Ze ontstaan doorgaans bij kliffen langs de oever, waar de bodem iets kleihoudend is; in het algemeen zijn ze enkele tientallen meters lang. Het



meegevoerde materiaal wordt afgevoerd naar de oever, waar het sedimenteert in de vorm van kleine delta's. Dat komt voor langs de oevers van de Slikken van Bommenede en langs het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee.

Behalve op plaatsen waar voldoende verhang aanwezig is, kunnen zich ook geultjes vormen op die plekken waar zich op een zwak hellende natte oever een enigszins hard algenlaagje aan het oppervlak heeft gevormd, dat slecht doorlatend is. Een eenmaal gevormd geultje kan zich door terugschrijdende erosie snel landinwaarts verlengen. Op deze manier kunnen grote ronde tot U-vormige inhammen ontstaan.

Kwantitatief en kwalitatief zijn de door afstromend regenwater ontstane vormen en processen van geringe betekenis, alhoewel ze soms kunnen bijdragen tot verhoging van de diversiteit van het basismilieu.

Fysische rijping is een proces dat zich praktisch alleen voordoet op kleirijke bodems, dus op de schorren. Morfologisch komt het tot uiting in een kleine verlaging van het maaiveld. Uit metingen, ingevoerd in 1972 en 1977 op de Slikken van Flakkee, blijkt deze verlaging neer te komen op ongeveer 10 cm. De fysische rijping verloopt betrekkelijk langzaam en wijzigt het reliëf van het gebied daardoor slechts in geringe mate.

Zoals uit het voorgaande blijkt, heeft de mens als een zeer belangrijke factor in de geomorfologische processen meegespeeld, met name in de dynamische gebieden, zoals de oeverzone en de stuifgebieden. Bleef zijn activiteit hier nog beperkt tot beïnvloeding van actieve processen, op andere plaatsen heeft de mens de geomorfologie bewust veranderd, met name ter plaatse van het schorregebied op de Slikken van Flakkee.

Ter wille van de landbouw werden daar op gro-

te schaal gebieden met krekken, oeverwallen, kommen en schorranden volledig genivelleerd. De meeste krekken zijn opgevuld; sommige zijn rechtgetrokken en doen nu dienst als afwateringsgeul.

Het resultaat van deze egalisering is een morfologisch weinig gedifferentieerd gebied, doorsneden met enkele rechte sloten. Plaatselijk heeft de mens door aanleg van zanddepots ook geheel nieuwe vormen in het gebied aangebracht. Dit is het geval op de Punt, op de Kabbe-laarsbank en op de Slikken van Flakkee. Op deze manier zijn tot 5 m plateaus ontstaan, die door hun steile en duidelijk begrensde hellingen als kunstmatige elementen in het gebied herkenbaar zijn.

Geomorfologische veranderingen in relatie tot ruimte en tijd

Uit het voorgaande blijkt, dat het voorkomen van bepaalde geomorfologische processen en het grotendeels daarmee samenhangende menselijk handelen is gebonden aan bepaalde geografische zones, min of meer evenwijdig aan de oeverlijn en in sterke relatie tot de hoogteligging boven het meerwater.

De veranderingen onder invloed van natuurlijke factoren blijken op de schorren en langs de lage slibrijke platen en slikken gering te zijn en langzaam te verlopen. Op de schorren zijn plaatselijk ten gevolge van kunstmatige egalisering snelle en grote veranderingen opgetreden, waarna een stabiele toestand intrad.

De veranderingen op de hogere delen voltrokken zich voornamelijk in de eerste vier jaren. Dit in tegenstelling tot de veranderingen in de oeverzone, die nog steeds plaatsvinden, zij het in afnemende mate. Het resultaat van de ver-

anderingen in de geomorfologie na afsluiting is vastgelegd in een gedetailleerde geomorfologische kaart. Met deze kartering is tevens de uitgangssituatie voor de verdere ontwikkeling van het landschap vastgelegd.

Er blijkt zich na verloop van jaren een geomorfologisch patroon te hebben gevormd dat sterk afwijkt van het patroon dat was ontstaan onder getij-invloed, alhoewel plaatselijk nog restanten van vormen uit het getidelandschap herkenbaar zijn.

Differentiatie in reliëfvormen leidt tot diversiteit in milieu-omstandigheden, zowel op micro- als op macroschaal. De geomorfologie is op luchtfoto's goed herkenbaar, en daardoor is het betrekkelijk gemakkelijk er een kaart van te maken. Hiermee wordt tevens een gedetailleerd beeld van de diversiteit in milieu-omstandigheden verkregen, een goede basis voor verwachtingen aangaande de diversiteit in biotische ontwikkelingen. Op die manier is in de nieuwe Inrichtingschets van de Grevelingen gebruik gemaakt van de informatie die wij hebben over de morfologische patronen, om aan te geven waar wel of geen diverse landschapsontwikkeling te verwachten was.

Veranderingen in de geomorfologie beginnen zich al direct na een afsluiting te voltrekken. Reagerend op deze veranderingen worden vaak maatregelen genomen, die onvermijdelijk het ontstaan van bepaalde reliëfvormen begunstigen en de verdere landschappelijke ontwikkeling in een bepaalde richting dwingen. Daarom dienen zulke maatregelen vooraf te worden ingepast in een landschapsplan, en goed afgestemd te zijn op spontaan optredende processen.

Dit is in de Grevelingen onvoldoende het geval geweest. Zo zijn bij voorbeeld stuifschermen in

lange, min of meer willekeurige rijen geplaatst, niet passend in een plan waarin bij voorbeeld was vastgelegd waar wel of geen verstuiving en/of duinvorming gewenst werd. Het enige doel was het vasthouden van zand. Zo kon het gebeuren dat stuifschermen zijn gezet op plaatsen waar geen verstuiving is opgetreden, bij voorbeeld in de oeverzone. Restanten van de schermen vormen nu nog onlogische vormen in het landschap.

Later werd het verstuiven door inzaaiing geheel onmogelijk gemaakt, en rond zo'n gebied konden slechts zeer lage stuifdijkjes ontstaan. De ingezaaide gebieden kregen bovendien een weinig gedifferentieerd monotoon micro-reliëf. In de oeverzone treden complexe processen op, waarin erosie en sedimentatie als één onlosmakelijk geheel moeten worden beschouwd.

Bescherming van eroderende oevers betekent tegelijk dat men sedimentatie elders verhindert. Op sommige plaatsen kan, afhankelijk van de bestemming van het gebied, volledige oeverbescherming noodzakelijk zijn, maar in gebieden met een natuur-bestemming zou best meer ingespeeld kunnen worden op het dynamische karakter van de oevers, door een oeververdediging toe te passen van een eveneens dynamisch karakter, bij voorbeeld zandsuppletie.

Van de schorren met hun gedifferentieerd morfologisch karakter, dat het uitgangspunt kan vormen voor een gedifferentieerde landschappelijke ontwikkeling, zijn grote delen volledig geëgaliseerd. Dit gebeurde zonder dat eenduidige ideeën waren ontwikkeld over de uiteindelijke bestemming. Een dergelijke ingreep heeft een onomkeerbaar karakter, waarmee bepaalde bestemmingen mogelijk zijn geblokkeerd.

Voor overeenkomstige gebieden kunnen we uit deze geomorfologische studie lering trekken. Een en ander betekent immers, dat ideeën en plannen voor het gebied moeten worden ontwikkeld voordat de afsluiting een feit is. Deze kunnen dan het kader vormen waarin direct na afsluiting te nemen maatregelen passen. Eveneens zal een goede prognose gemaakt dienen te worden van de natuurlijke ontwikkelingen die zich vanaf de eerste fase onder de nieuwe omstandigheden zullen kunnen voordoen. Dit om hierop, binnen het kader van de plannen, met de inrichtings- en/of beheersmaatregelen zo efficiënt mogelijk te kunnen inspelen.

Met name het gedetailleerd voorspellen van geomorfologische ontwikkelingen is nog een moeilijke zaak. Studies zoals deze in de Grevelingen geven echter een steeds beter inzicht in de ontwikkelingen die zich in de geomorfologie zullen kunnen voordoen in overeenkomstige gebieden, zoals het Zoommeer.

Uitvoeringsplanning

Bij de voorbereiding van de Oosterschelde-werken is gebruik gemaakt van netwerkplanning. Bij de uitvoering zal worden overgegaan op een systeem van 'line balancing'. Hierin kunnen zowel technische als ruimtelijke afhankelijkheden worden uitgedrukt.

Uit de figuren bij het artikel blijkt dat dit neerkomt op tijd/weg-diagrammen voor de werkschepen.

Het funderingsbed

De pijlers van de stormvloedkering zullen op een funderingsmat worden neergezet, die als filter dienen moet voor het onderliggende Oosterschelde-zand. Deze eis bepaalt de opbouw van het filter: van boven naar beneden bestaat het uit grind, kif en zand. Tussen de filterlagen wordt nylondoek aangebracht. Korven van staalgaas zorgen ervoor dat het filtermateriaal niet kan wegzakken als de mat schuin gehouden wordt. Stalen pennen, die door en door gestoken worden en geborgd, versterken de structuur van de mat.

Het artikel bevat verder een beschrijving van de opzet van de fabriek die de matten gaat maken.

De mattenlegponton 'Cardium'

Het funderingsbed van de pijlers in de stormvloedkering zal bestaan uit een verpakt filter. Om deze matrassen van 42 x 200 m oppervlakte aan de grond te brengen, is een speciale mattenlegponton ontworpen. Deze ponton zuigt eerst de bodem vlak, legt dan de mat en verdicht die vervolgens met behulp van trilplaten. Op die plaatsen waar bovenop de eerste mat ter

bescherming nog een tweede moet worden gelegd, zuigt de 'Cardium' het zand van de eerste mat voor de tweede er, enige tijd later, overheen gelegd wordt.

Bij de aanbesteding van de 'Cardium' is vertraging ontstaan, die zal moeten worden ingelopen door het werk met het schip te versnellen.

Verdichting van de zandige ondergrond in de as van de stormvloedkering

Bij poriëngehalten in de zandige ondergrond groter dan 40% bestaat reëel gevaar voor bodemverweking bij cyclische belasting op de stormvloedkering in de Oosterschelde. Overal waar dit wordt aangetroffen moet het poriëngehalte door trilverdichten kunstmatig worden verkleind. Als voorbereiding voor het ontwerp van een zogenaamd 'verdichtingschip' is nagegaan wat de optimale onderlinge afstand zou zijn van de trillichamen en met hoeveel motorvermogen ze moesten worden uitgerust. Het ging daarbij naast de mate vooral ook om de homogeniteit van de verdichting. Met het doel hieromtrent exacte numerieke gegevens te verzamelen zijn dan ook laboratoriumproeven gedaan, gevolgd door proeven in het veld.

Uiteindelijk is de afstand tussen de naalden gesteld op 6,5 m hart-op-hart en werd elk trillichaam uitgerust met twee vibratoren. Elk van de trillichamen zal, de vinnen meegerekend, een diameter hebben van 2,10 m.

Werkbaarheidsverwachtingen voor de Oosterschelde

In september wordt het Hydro-Meteo-Centrum voor de werken in de Oosterschelde in bedrijf

gesteld. Hier wordt alle voor de uitvoering van de werken relevante hydraulische en meteorologische informatie verzameld en bewerkt.

Twee keer per dag worden er prognoses uit afgeleid voor de *deining, golfgang, stroming*, wind en werkbaarheid in de mond, maar ook achterin de Oosterschelde. Het centrum wordt bemand door personeel van de Rijkswaterstaat en het K.N.M.I.

De werkschepen kunnen via de radio directe informatie krijgen over de hydraulische en meteorologische situatie.

In het voorjaar van 1981 is het centrum operationeel.

Golfrichtingsonderzoek in de mond van de Oosterschelde

Van golven kan een richtingsspectrum worden getekend, als grafische uitbeelding van de energie-verdeling van een golf in verschillende richtingen en frequenties. Voor het ontwerp en de uitvoering van de stormvloedkering is kennis van de golf-energiespectra in de Oosterschelde-mond van belang. Met behulp van luchtfotografie, visuele waarneming ter plaatse en modelberekeningen tracht men in deze materie inzicht te verkrijgen.

Recentelijk worden ook radar- en lasertechnieken te hulp geroepen.

Voor contactmetingen is op het voormalig REM-eiland een meetinstallatie aangebracht.

Het ontwerp van de Oesterdam

Het tracé van de Oesterdam zal zo oostelijk mogelijk lopen, ten einde een zo groot mogelijk deel van de Oosterschelde te sparen als natuur- en schelpdierengebied. De hoogte van de kruin en de dwarsprofielen zijn voornamelijk bepaald op grond van de waterkerende functie van de dam. Toch krijgt de Oesterdam ook andere functies: er komt een weg overheen voor snelverkeer en een voor langzaam verkeer; tevens zullen er kleine recreatieve voorzieningen worden getroffen.

Het lijnenspel van de beide wegen, die soms over de kruin en soms over de berm lopen, belooft boeiend en afwisselend te worden.

Zandwinning voor de compartimenteringswerken

Op dit moment is bij de planning voor de compartimenteringswerken nog niet voorzien in de aanvoer van ongeveer 13 miljoen m³ zand. Een werkgroep heeft daarom een inventarisatie gemaakt van mogelijke zandwinplaatsen in het oostelijk gedeelte van de Oosterschelde. Een

zandwinplaats ligt in het Krammer. Daaruit zal worden geput voor de sluiting van de Philipsdam. Zes andere zijn gevonden aan weerszijden van de Oesterdam en in de buurt van Bergen op Zoom. Bij alle onderzochte locaties wordt nagegaan wat de uitwerking zal zijn van de zandwinning op het natuurlijk milieu, welke uitvoeringsproblemen er zullen optreden, wat de kosten per eenheid zijn en waar het gewonnen zand kan worden gebruikt. Er is een concept-nota opgesteld, die is besproken met belanghebbenden.

Geomorfologische veranderingen op de eilanden en oeverlanden in het Grevelingenmeer

Door de afsluiting van het Grevelingenbekken viel het getij weg en ontstond een zout stagnant meer. Dit had onder andere grote gevolgen voor de geomorfologie van het gebied. De veranderingen die zijn opgetreden sinds 1971 worden in dit artikel besproken voor elk deel van het landschap – schorren, platen, slikken, oevers en ondiepe watergedeelten – afzonderlijk, onder invloed van golven, wind, afstromend water, bodemrijping en vegetatie. Bijzondere aandacht wordt gegeven aan de invloed die bij al deze processen is uitgegaan van het handelend optreden van de mens.

Planning of the works to be executed

At the preparation of the works in the Oosterschelde a network planning has been used. When the construction is in progress a system of 'line balancing' will be utilized. Herein both technical and spacial interdependencies can be expressed. From some figures can be learned that in actual fact a time/space diagram is given for the route of service-vessels.

The foundation bed

The piers of the barrier will be positioned on a foundation mattress. This mattress will serve as a filter for the underlying Oosterschelde sand. From top to bottom it consists of layers of coarse gravel, fine gravel and sand. The various layers are interlined with nylon cloth. Steelwire baskets prevent shifting of the filter material when the mattress is in an oblique position. Steel pins fixed and locked through the entire thickness of the mat strengthen the structure of the mattress. This paper also describes the set-up of the factory that is to produce the mattresses.

'Cardium': a pontoon to lay foundation mattresses

The foundation bed for the piers of the barrier will consist of a packed filter. A special pontoon has been designed to lay the foundation mattresses. The surface area of each mattress is 42 x 200 m. This pontoon first levels the sea bed, then lays the mattress to subsequently compact them with the aid of vibrating plates. In those places where, as a protective measure, a second mattress is laid on top of the first one,

the sand that may have accumulated on the first mattress will be sucked away by the 'Cardium' before the second mattress can be placed. Some delay occurred during the invitations for tender for the building of the 'Cardium'. To make up for the loss in time the work with the vessel must be accelerated.

Compaction of the sandy sub-soil in the axis of the barrier

If the sandy sub-soil has a porosity of more than 40 per cent, then a real danger exists that the bottom will be weakened when cyclic loads are being exerted on the barrier in the Oosterschelde.

In all places with high porosity the bed must be artificially compacted through vibration. Preparative to the design of the so-called 'compaction vessel' tests have been made to determine the optimal mutual distance between the vibrators and the engine power needed for operation. Not only the degree of compaction but also its homogeneity were considered. To obtain accurate numerical data laboratory and field tests have been made. Ultimately the mutual distance between the resonators was fixed at 6,5 m. This resonator is equipped with two vibrators. Each resonator has a diameter of 2,10 m.

Meteorological forecasts for the works in the Oosterschelde

In september 1980 the Hydro Meteo Centre will be put into operation for the benefit of the Oosterschelde works. All hydraulic and meteorologic information relevant to the works under operation will be gathered and processed

here. Twice a day prognoses will be made, based on data about the swell, the wave-pattern, the current, the wind and the working conditions in the mouth, but also at the rear of the Oosterschelde. The Centre will be manned by a staff from Rijkswaterstaat and the K.N.M.I. (Royal Netherlands Meteorological Institute).

Research into the wave direction across the mouth of the Oosterschelde

A direction spectrum of waves can be drawn, i.e. a graphic illustration of the energy a wave comprises in different directions and at various frequencies. For the storm surge barrier and its construction it is important that the wave direction spectra are broadly known. With the aid of aerial photography, local visual observation and model calculations one tries to gain insight into this matter. Lately the assistance of radar and laser technics have been asked for too. On the former REM-island at Noordwijk a gauge has also been installed for contact measurements.

The design of the Oesterdam

To preserve the greatest possible part of the Oosterschelde as a nature and shellfish area the alignment of the Oesterdam will run as far *eastward as possible*. The height of the crest and the cross section of the dam have been primarily based on the water restraining function of the dam. The dam will have other functions too however. On it two separate roads have been planned, one for fast and one for slow moving traffic. Furthermore simple recreational provisions will be made. The geometrical pattern of both roads, which sometimes run over the crest and sometimes over the banks, promises to be pleasantly varied.

Sand reclamation for the compartment works

Up to now no provisions have been made in the planning for the supply of approx. 13 million m³ of sand needed for the compartment works. One location where sand can be reclaimed lies in the Krammer. From this area sand will be dredged for the closure of the Philipsdam. Six other places where sand can be reclaimed have been spotted on both sides of the Oesterdam in the vicinity of Bergen op Zoom. All locations will be closely examined on the following aspects: the ecological responses to sand reclamation, the operational problems that may occur, what are the costs per unit and in what places can the reclaimed sand be used.

A memorandum has been drafted and its contents discussed with the parties interested.

Geomorphologic changes occurring in the Grevelingenmeer

When the Grevelingen-basin was closed off from the sea and the tide disappeared, it turned into a stagnant salt water lake. Consequently the geomorphology of the area was greatly affected. In this contribution the alterations that have occurred in the landscape since 1971 are discussed per item. These are: the mud-flats, shoals, vegetated mud flats, shores and shallow parts of the water which are influenced by waves, wind, the water flowing down, the ripening of the bottom and the vegetation. Special attention is given to the impact of human action on all these processes.

Vorderingen

In de periode 1 januari–1 april 1980

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

De boombeplanting aan de westzijde van het schutsluizencomplex is thans geheel gereed. Ook op grondbergings- en wat de bomen betreft zo- ver en wat de struiken betreft bijna. Op de gronden die vorig jaar zijn ingeplant, werden bomen en struiken ingeboet. Ter wille van de landschap- pelijke inpassing van het gehele boscomplex werd een reeks oudere populieren para- lel aan de weg voor langzaam verkeer langs Rijksweg 19 met wortel en tak gerooid. De ge- rooide bomen zijn ter beschik- king gesteld van de dienst- kring Roosendaal, die ze zal herplanten bij een afrit van Rijksweg 19 in de polder Maltha.

Philipsdam

Er werd voortgegaan met de aanleg van een kleidepot voor specie uit het Amsterdam-Rijn- kanaal. De zuidelijke dam van de oostelijke voorhaven van de schutsluizen werd geheel afge- werkt.

Wat de schutsluizen zelf be- treft, er werd in de verslagperi- ode voornamelijk verder ge- werkt aan de betonbouw van de vloeren en wanden van de noordelijke duwvaartsluis. Ook werd de fundering gestort van het grote gemaal. In de noordelijke duwvaartsluis wer- den de eerste kolkmoten ge- stort tot ongeveer N.A.P. + 2 m. Het ontgraven van de bouwput voor de jachtensluizen werd voortgezet.

Doorlaatmiddel Grevelingen- dam

Met dit werk werd een begin gemaakt. Het eerste bestek be- trof een bouwput. Nadat op de rijksweg over de Grevelingen- dam de nodige verkeersmaat- regelen waren genomen, be- gon men met het ontgraven van de kleibekledingen en het opbreken van de wegverhar- dingen. Daarna werd het zand afgevoerd van het damlichaam, 10 000 m³ per week.

Oesterdam

De oeververdedigingen van het werkeiland zijn nagenoeg gereed. De klei voor de bekle- dingen wordt gewonnen in het voormalige schor bij Bath, aangezien dat in het tracé ligt van het lozingsmiddel Zoom- meer. De klei wordt per schip naar het werkeiland vervoerd.

Stormvloedkering

De bouwput Schaar werd ver- der afgewerkt. De damtaluds in compartiment 3 werden ver- der afgedekt met fosforslak- ken. De tuimeldijken werden voorzien van een kleibekle- ding.

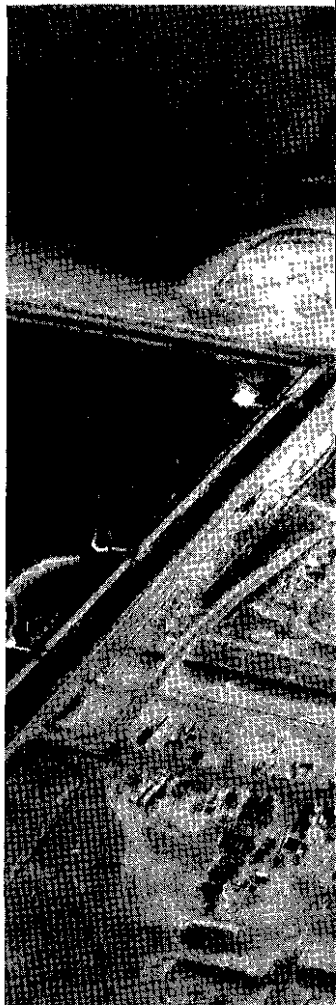
De wegen in compartiment 3 werden bestrooid met lava- steen 0–40 mm.

De kleibekledingen werden in- gezaaid, en op 18 maart was het gehele werk klaar voor eer- ste oplevering.

Voor de loswal bij de funde- ringsmattenfabriek werd een stalen damwandkuip geheid; daarna werd die kuip tot N.A.P. – 1 m aangevuld met zand. Er werden een open en een vacuumbemaling aangebracht voor het droogmaken en droog houden van de kuip. Daarna kwamen filterconstructie en ankerstangen aan de beurt. De toegangsgeul naar de fa- briek is op diepte gebracht. De vrijkomende specie werd ver- werkt in een voorbelastings-

terp en een strandsuppletie op en voor het damvak Geul. De belopen werden opgestort met fosforslakken en zand. Voorbe- reidingen zijn getroffen voor de uitvoering van een bouw- put voor de mattenfabriek zelf. Er werd een begin gemaakt met de aanleg van het werkter- rein.

In de sluitgaten ging men in- tussen verder met het leg- gen van bodembescherming in de vorm van blokkenmatten. Ook werd een aanzienlijk stuk toegevoegd aan het 30 cm dik- ke stortebed van asfaltmastiek. In de as van de stormvloedke- ring werd de grondverbetering



in de stroomgeul Hammen voortgezet en voltooid. Daarna werd begonnen in de stroomgeul Schaar. Het cunet wordt aangevuld met behulp van een hopperzuiger, door rechtstreeks klappen of door te lossen met de zuigpijp.

Medio februari eindigde de inwerkperiode van het verdichtingsschip 'Mytilus'. Het schip werd daarna overgevoerd naar de Hammen. Hier is begonnen met het verdichten van een 26 m brede strook van het maaiveld naast de bodembescherming, op N.A.P. - 20 m. De bouw van de pijlers vordert conform de planning. Er zijn

nu 29 pijlers in aanbouw. Een derde bestek voor de gefaseerde bouw van een volgende serie van 14 pijlers is nagenoeg gereed.

Partiële dijkversterking

De aanleg van een damvak op de Slikken van de Heen is op 30 januari 1980 openbaar aanbested. Het werk werd inmiddels opgedragen aan de mij. 'Holland' te Hardinxveld. In 1980 moet het worden uitgevoerd en voltooid.

Bouw van de Krammersluizen in de Philipsdam. Opname februari 1980.



