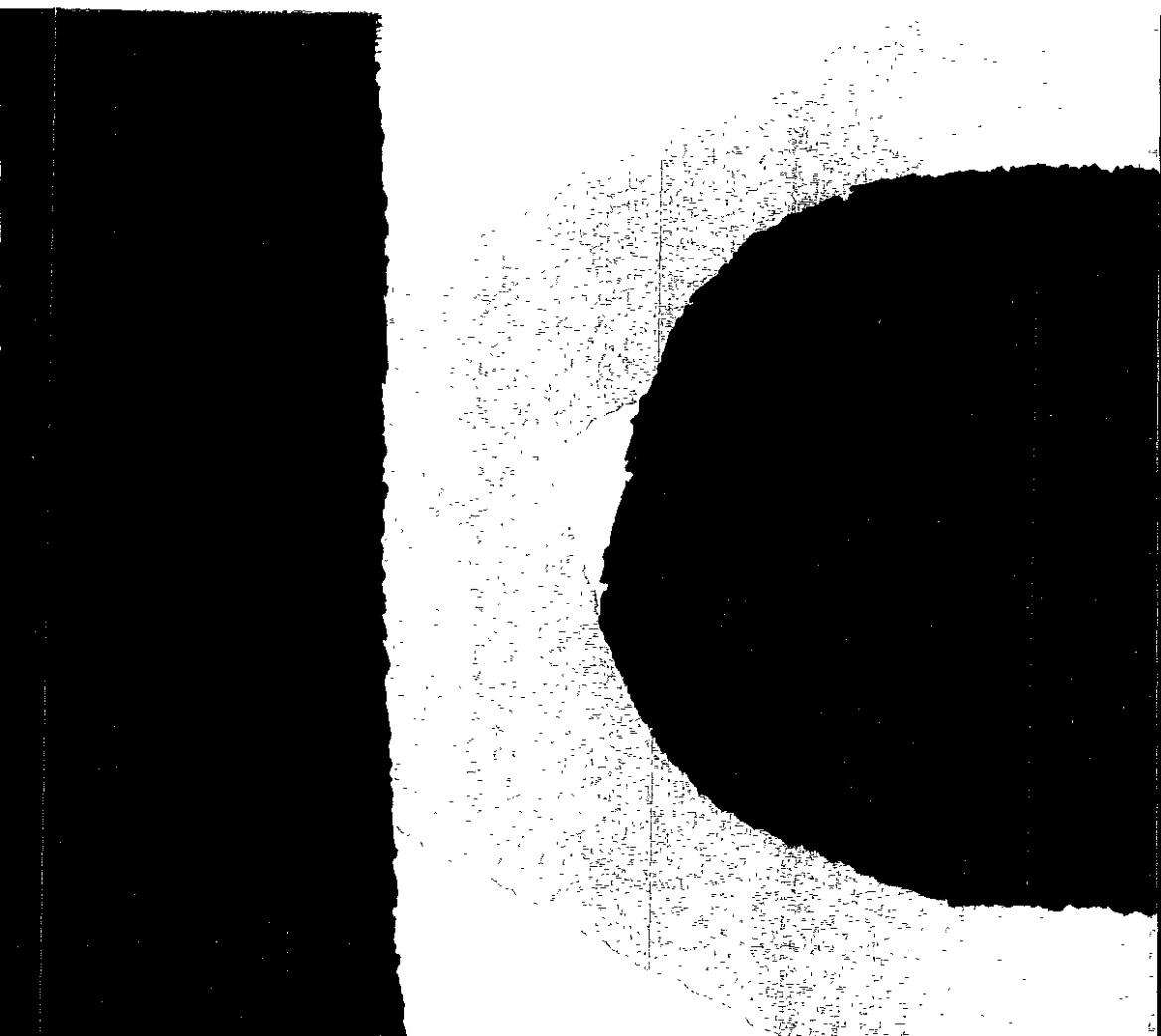


Driemaandelijks Bericht
nummer 114, november 1985

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadeaan 400
2597 AT 's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

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

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

Inhoud

In memoriam Ing. H.J. Stroband 171

Evaluatie van het funderingsbed 172

Evaluatie van de drempelopbouw 175

Geomorfologische processen in de
Oosterschelde 181

Stroom-, zand- en getijmetingen op de
Roggenplaat 187

De damvakken Speelmansplaten en Marollegat
in de Oesterdam 193

Baggerwerk voor het Bathse Spuikanaal 199

De waterkwaliteit van het toekomstige Volkerak-
en Zoommeer 204

Verhoging van de zeedijken langs de noordkust
van Groningen 210

Samenvattingen/Summaries 218

Vorderingen 222



In memoriam ing. H.J. Stroband

Op 7 oktober 1985 overleed de heer ing. H.J. Stroband. Sinds zijn afstuderen in 1935 aan de HTS in Leeuwarden is hij tot aan zijn pensioengerechtigde leeftijd in 1979 onafgebroken werkzaam geweest bij de Rijkswaterstaat. De heer Stroband begon zijn loopbaan in 1935 bij de studiedienst van de Directie Benedenrivieren. Door zijn bijzondere bekwaamheden vooral op het gebied van hydraulische berekeningen werd hij in 1944 belast met de leiding van de rekenafdeling van de studiedienst. Hier werden zowel voor als tijdens de tweede wereldoorlog plannen gemaakt voor een betere beveiliging van Zuid-West Nederland tegen stormvloed en tevens werd naar middelen gezocht om de voortschrijdende verzilting tegen te gaan. De resultaten van het onder zijn leiding uitgevoerde voorbereidend onderzoek met betrekking tot de getijbeweging hebben bij de totstandkoming van met name het Deltaplan een voornamelijk rol gespeeld. Een belangrijke bijdrage is door ing. Stroband geleverd aan de verdere ontwikkeling van de harmonische methode voor getijberekeningen. Onderzoek dat door hem werd verricht omtrent de toepasbaarheid van elektrische analogiemodellen resulteerde in 1953 in de bouw van een elektrisch model van de benedenrivieren, dat de voorloper was van de grote analoge rekenmachine "Deltar". Vanaf 1948 verzorgde hij de contacten met het Waterloopkundig Laboratorium betreffende de daar aanwezige hydraulische getijmodellen. Toen op 1 januari 1956 de Deltadienst werd opgericht werd hij hoofd van de rekenafdeling

van de Waterloopkundige afdeling van die dienst.

In deze functie was hij nauw betrokken bij de grote waterbouwkundige projecten in het kader van het Deltaplan en bij de havenuitbreidingen van Europoort, IJmuiden en Scheveningen. Tevens werden onder zijn leiding getijberekeningen uitgevoerd voor buitenlandse projecten, waaronder de bescherming tegen overstromingen in Venetië en verschillende projecten op waterbouwkundig gebied in Azië. Zijn ervaring en kennis van alle rekenprocessen die in de vloeistofmechanica worden gebruikt kunnen vrijwel uniek genoemd worden. In verband hiermee werd hem verzocht om vanaf 1964 naast zijn taak bij de Rijkswaterstaat wetenschappelijke arbeid te verrichten aan de TH in Delft. Het begeleiden van studenten bij het opzetten en uitwerken van afstudeerontwerpen was hier zijn belangrijkste werk.

Toen in de jaren '60 de computer zijn intrede deed bij de Rijkswaterstaat, werd onder zijn leiding programmatuur ontwikkeld voor het uitvoeren van getijberekeningen. Dit resulteerde in de eerste versie van het thans veel gebruikte IMPLIC-programma, waarmee ééndimensionale getijberekeningen kunnen worden uitgevoerd. Mede door zijn bijzonder grote persoonlijke inzet heeft ing. Stroband bijgedragen aan de oplossing van talrijke moeilijke problemen op wiskundig en hydraulisch gebied. Hij heeft door zijn eerlijke en menselijke benadering en zijn ruime belangstelling bij velen een onvervangbare plaats in hun leven ingenomen.

In mei 1984 kwam het funderingsbed gereed, een essentieel onderdeel van de stormvloedkering. Het ontwerp van het materieel voor de uitvoering van het funderingsbed is al beschreven in voorgaande Berichten. Wat hieronder volgt dient alleen ter opfrissing van het geheugen.

Evaluatie van het funderingsbed

Het funderingsbed is de filterconstructie tussen het Oosterschelde-zand en de pijler, of tussen het Oosterschelde-zand en de van de waterlijn gestorte breuksteen en staalslakken. Het funderingsbed moet allereerst het Oosterschelde-zand vasthouden, wanneer er bij gesloten kering verhangen optreden in de ondergrond als gevolg van de golven op de kering en het waterstandsverschil over de kering; daarnaast moet het funderingsbed stroombestendig zijn tijdens de bouw, en voldoende draagkracht en schuifweerstand leveren aan de pijlers en de drempel en tenslotte voldoende vlak zijn als steunvlak voor de pijlers.

Hiervoor zijn op de wal matconstructies gefabriceerd van 42 m breed en 200 m lang, die met behulp van de mattenlegger 'Cardium' naast elkaar dwars op de kering gelegd werden. De afstand hart op hart bedroeg 45 m. De tussenliggende naden van gemiddeld 3 meter breed werden door de 'Jan Heymans' afgedekt met een los filter. Op de hierboven beschreven matten werd ter plaatse van de pijlers een bovenmat van 30 x 60 m gelegd, als bescherming van de ondermat.

De losgestorte filters tussen de ondermatten zijn om de stroombestendigheid te verzekeren afgedekt met grindwiepenmatten.

Vanwege de hoge dynamische verhangen op het grensvlak van Oosterschelde-zand en filter was een fysisch ondoordringbaar filter ontworpen, bestaande uit van beneden naar boven een 12 cm dikke zandlaag, een 12 cm dikke fijne grindlaag en een 14 cm dikke grove grindlaag. Deze lagen werden vormvast verpakt door middel van kunststofdoeken, korven en pennen. Hierdoor was het mogelijk de matten op te rollen op een cilinder van 15 m diameter,

ze daarmee te transporteren en vervolgens af te zinken in 35 m diep water.

Aangezien de matten tevens de funderingsgrondslag vormen voor de pijlers, was het noodzakelijk de grondslag onder de pijlers op voldoende diepte min of meer vlak te zuigen. Dat werk was ook uitgevoerd door het gespecialiseerde werkschip 'Cardium', dat met een 44 m brede zuigmond de bodem vlakke en aan de andere kant tegelijk de matten legde. Aanvankelijk zouden de 200 m lange matten op afstanden van 45 m hart op hart gelegd worden, met een overlap.

Dit maakte het mogelijk het bed in eenzelfde kentering open te leggen en af te dekken.

Gezien de in proeven vastgestelde onderloopsheid in de overlap is besloten de matten 42 m breed te maken en de 3 m brede naad er tussen af te dekken met een filter bestaande uit een onderlaag van grind-zand 1/32 mm, een tussenlaag van grind 30/60 mm met daarop een laag basalt 40/200 mm. Deze materialen werden aangebracht met behulp van een stortpijp, opgehangen in de 'Jan Heymans'.

De 9 m brede verdeelmond onder aan de pijp zorgde ervoor dat de materialen regelmatig en over voldoende breedte werden aangebracht. Door deze wijziging was het niet meer mogelijk om het bed in eenzelfde kentering open te leggen en af te dekken.

Vanwege de verwachte erosie van zand uit de openliggende naden was het noodzakelijk zo spoedig mogelijk af te storten. Dit betekende een zware druk op de organisatie van het bedrijf.

De ondermatten werden daar waar de pijlers zouden worden neergezet, na opgeschoond te zijn door de 'Cardium' afgedekt met een

eveneens op de wal gefabriceerde bovenmat. Deze bovenmatten bestonden uit drie lagen grof grind, op dezelfde wijze verpakt als de hiervoor beschreven ondermatten. Pas op een laat tijdstip werd besloten de bovenlaag van het losse filter af te dekken met een grindwiepenmat, eveneens geprefabriceerd op de wal.

De grindwiepenmatten waren 2,15 m lang en 13,5 m breed; ze werden gelegd met de 'Sepia'. Op deze wijze werd de stroombestendigheid van het losse filter tijdens en na de pijlerplaatsingen verzekerd.

Zoals reeds eerder beschreven moesten de matten ter plaatse van de pijlers op een vlakke ondergrond gelegd worden.

Modelproeven met de zuigmond gaven aan dat het mogelijk moest zijn om het bed over het pijleroppervlak op te leveren met een onvlakheid van minder dan 45 cm. Verder moest het mogelijk zijn de hoogteverschillen tussen de pijlers te houden binnen een band van 15 tot 60 cm, afhankelijk van de gemeten scheefstand. Om geen passingsproblemen met de schuiven te krijgen was echter een veel kleinere tolerantie noodzakelijk.

Voor het elimineren van de resterende onvlakheid werd de tegelmat geïntroduceerd.

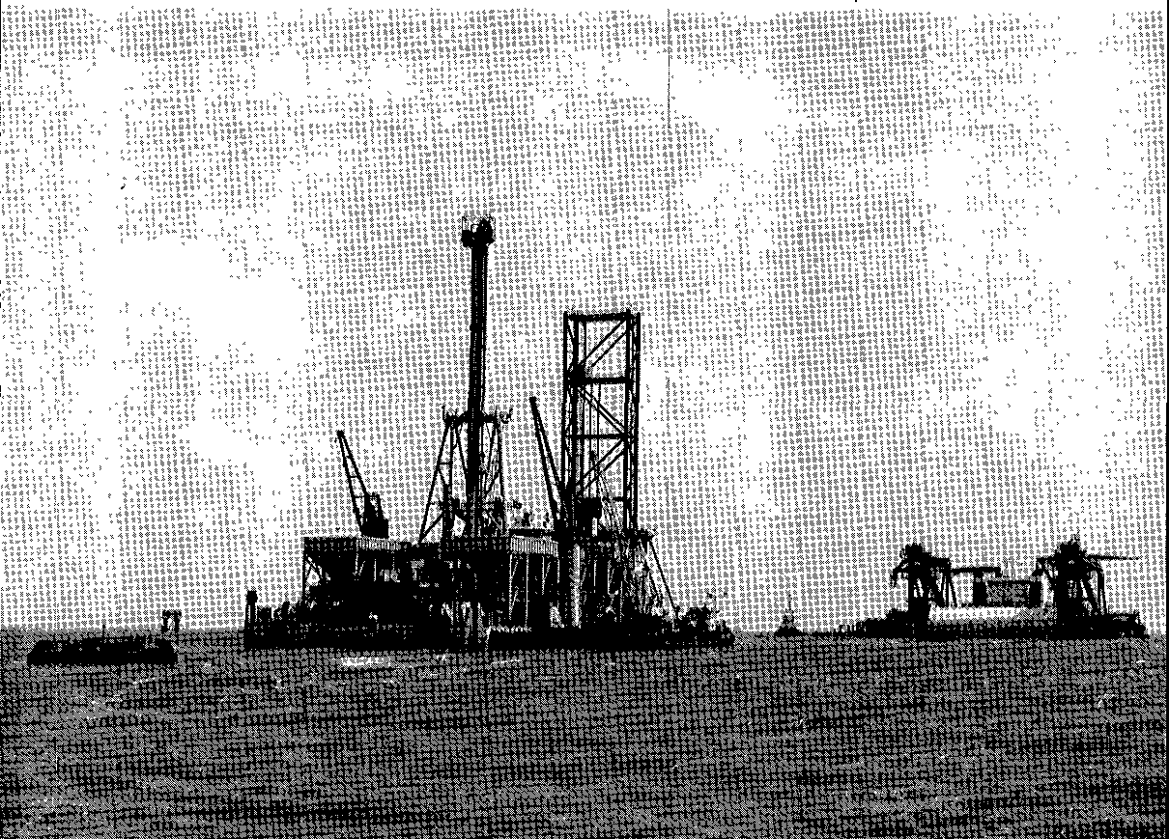
Deze matten vormden een contramal ten opzichte van de gemeten onvlakheden; ze bestonden uit betonblokken, opgehangen aan staalkabels. Voor de fabricage ervan werd de blokkenmattenfabriek verbouwd, en voor het leggen werd de 'DOS I' aangepast.

Om de aansluiting en de vastheid van de matten te garanderen ter plaatse van en rondom de pijlers, was het nodig ze te verdichten met behulp van vlakke verdichtingsplaten.

In welke mate is het nu gelukt dit ontwerp te realiseren?

Hoge eisen werden gesteld aan de gradering van de filtermaterialen. Door keuring bij de producenten is afkeuring bij het lossen tot een

Het funderingsbedrijf; de combinatie 'Cardium' - 'Jan Heymans'



minimum beperkt gebleven. Hetzelfde geldt voor de verpakkingsmaterialen voor de matten. Door de hoge eisen die aan de gradering in de mat werden gesteld, en vanwege de optredende ontmenging in de fabrieksinstallatie, was het moeilijk aan de eisen te voldoen. Door aanpassing van de installaties en een zeer stringente kwaliteitscontrole is dit eindelijk toch gelukt. Hoe kwetsbaar de mat was, is twee keer gebleken toen uitstekende onderdelen de mat over grote lengten opensneden. In één geval gaf dit aanleiding tot volledige afkeuring van een mat, en bij één mat moest extra grind-zand onder de mat worden gestort. Behalve in de aanloopperiode zijn er geen problemen geweest met het fabriceren en leggen van de grindwiepenmatten. Uitgebreide proeven in Schelphoek toonden aan dat er op de bodem geen ontmenging optreedt in een goed samengestelde mat. Bij beschadiging van de matten was het noodzakelijk reparaties uit te voeren, hetzij vanuit een duikkamer, zoals vier keer is voorgekomen; hetzij, zoals drie keer gebeurde, door afstorten met de 'Jan Heymans'. Aanvankelijk waren er problemen met de procesvoering in de pijp van de 'Jan Heymans', en ook met de geleverde kwaliteit. De bemonstering van het grind-zand kwam pas laat op gang, en aanvankelijk waren er ook nog vraagtekens bij de betrouwbaarheid van de bemonstering. Het bleek noodzakelijk zwaardere eisen te stellen aan de aangevoerde mengsels. De verbeterde mengsels, de verhoogde beheersbaarheid van het stortproces en het betrouwbaarder worden van de bemonstering maakten het mogelijk gelijke tred te houden met de zwaardere eisen die in de Roompot werden gesteld aan het gestorte materiaal in vergelijking met de Hammen en de Schaar. De laagdikte van het grind-zand was overal voldoende. Vanwege meetfouten was het noodzakelijk veel meer te storten, om aan een minimaal aan te tonen laagdikte te voldoen, dan aanvankelijk in het ontwerp was aangenomen. Het is tweemaal nodig geweest om vanwege een te geringe laagdikte de bovenste lagen voor een deel te verwijderen om grind-zand bij te storten. Pas in de Hammen is besloten de ondermat en de bovenmat tezamen te verdichten in plaats van ieder apart. De kwaliteit kon alleen nagegaan worden door procescontrole, waarbij de matten op de proeflocatie als referentie dienden. Een zakking van gemiddeld 4 cm werd onvoldoende geacht om als controle te dienen. Gesteld kan worden dat de matten overal en voldoende lang verdicht zijn. Soms was na

analyse van de resultaten lokaal herverdichting noodzakelijk.

Bij de aanvang van de werkzaamheden bleek dat de vlakheidsresultaten in het pijlgebied zo ruim binnen de toleranties lagen, dat een tegelmat geen absolute noodzaak meer was. Er zijn dan ook maar heel weinig tegelmatten gelegd. De toegestane onvlakheid werd hoofdzakelijk bepaald door de breedte van de schuifgeleidingen aan de pijler, die de dwarscheefstand beperkt. Aangezien de breedte van de schuifgeleidingen en de schuifhoogte niet overal gelijk waren, zijn de aanvaardbare dwarscheefstanden ook verschillend.

Slechts op drie plaatsen, één in de Hammen en twee in de Roompot, bleken tegelmatten noodzakelijk.

De onvlakheid in de Hammen werd veroorzaakt door vuil in de zuigkoppen van de 'Cardium'. De oorzaak van de onvlakheden in de Roompot is onbekend.

Uit het bovenstaande blijkt wel dat met de 'Cardium' een zeer vlak bed gezogen kon worden en dat het peilsysteem zeer nauwkeurig was.

De geautomatiseerde verhaalsystemen van zowel de 'Cardium' als de 'Jan Heymans' hebben goed voldaan. Bij beide systemen werd met de hand gestuurd, wat resulteerde in een opdracht aan de computer om de lieren aan te sturen.

Doordat de mat de 'Cardium' van ogenblik tot ogenblik volgde, was het mogelijk de matten met een grote nauwkeurigheid neer te leggen. De dwarsuitwijking heeft in het algemeen niet meer bedragen dan 25 cm, met een hoogste uitschieter van 70 cm. Dit is ruim binnen de gestelde eis van 1,0 m. Ook het verhalen van de 'Jan Heymans' geschiedde ruim binnen de eis van 1,0 m. Zo kwam ook de bovenlaag van het losse filter keurig op zijn plaats. De mors op de bovenmat bleef beperkt tot enkele stenen. Op Hammen 13 ondervond men bij de uitvoering niets dan pech: tijdens het leggen van de bovenmat brak de stuurdraad bij het positioneren van de kopbalk, waardoor de balk in de ondermat vloog, zodat die eerst vanuit de duikkamer gerepareerd moest worden voordat de bovenmat gelegd kon worden.

Bij een hernieuwde poging viel de mat vanaf de waterlijn uit de staartbalk. De oorzaak was een niet beveiligde bedieningsfout. Deze mat moest worden opgeruimd. Bij het leggen van een nieuwe bovenmat bleken de borgpennen van de matconstructie van slechte kwaliteit te zijn; tijdens het afzinken sprong zo'n 10% van de pennen los. Uiteindelijk is ook op deze locatie de gewenste kwaliteit bereikt.

In Bericht 101 (augustus 1982) is verslag gedaan van het ontwerp van de drempel. In het kort werd de functie van de drempel beschreven, alsmede de dimensionering ervan en de eisen die eraan worden gesteld. Tevens werden de resultaten van het modelonderzoek vermeld.

In dit Bericht zal naast de beschrijving van de werkzaamheden en de werkwijze worden ingegaan op de ervaringen die zijn opgedaan.

Evaluatie van de drempelopbouw

Voor de opbouw van de drempelconstructie, exclusief het toplaaggedeelte dat in een later stadium door de toplaagstorters 'Trias' wordt aangebracht, moeten achtereenvolgens verscheidene werkzaamheden worden uitgevoerd (figuur 1). Eerst worden overmatige aanzandingen weggehaald; dan volgt het storten van de uitvullaag en de eerste twee onderlagen van de drempel rond de pijlers, en vervolgens het storten van de eerste twee onderlagen van het overgangsgedeelte tussen drempel en bodembescherming. Na verdichting van het gebied rondom de pijlers wordt de kern van de drempel gestort, en daarna de toplagen in de pijlerzone en in het overgangsgedeelte. De verschillende lagen werden gestort met behulp van zelfvarende steenstorters. Dit systeem werd gekozen, in plaats van bijvoorbeeld storten langs zij afvierpontons, om snel te kunnen werken en de overige werkschepen zo min mogelijk te hinderen. Als materieel dienen de steenstorters 'Libra', met een deklengte van 45 m en een belading van 1500 ton, de steenstorters 'Ham 60', met een deklengte van 28 m en een belading van 1000 ton en de spijltbak 'MO 6010'. De werkzaamheden zijn van start gegaan in augustus 1983; medio juni 1985 zijn ze beëindigd.

Aan de hand van de detailtekeningen zijn werkplannen gemaakt. De werkzaamheden die aan de kentering gebonden zijn, werden op opeenvolgende laag- en hoogwaterkeringen gepland, waarbij rekening gehouden moest worden met de benodigde peilingen, sonaropnamen en duikinspecties. Tevens moest bij het opstellen van de stortschema's rekening gehouden worden met de te verwachten stroomsnelheden, vanwege

de erosiegevoeligheid van het verwerkte materiaal.

Voor de stroomsnelheden is er een waarschuwingssysteem dat aangeeft op welke locaties in de sluitgaten de verwachte stroomsnelheden de kritieke stroomsnelheden zullen overschrijden. Welke stroomsnelheden kritiek zijn, hangt af van welk materiaal op dat moment open ligt. Als de kritieke stroomsnelheden zijn overschreden kan aan de hand van peilingen en sonaropnamen worden vastgesteld of er eventueel erosie is opgetreden.

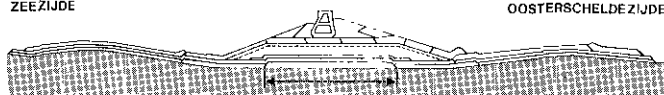
Zodra het steenstortwerk uitgevoerd is worden de procesgegevens aan de wal verwerkt. In eerste instantie wordt het proces aan boord van de werkschepen beoordeeld.

Het vastleggen van de visuele procesbeoordelingen gebeurt op standaardprocesbeoordelingsformulieren. De procesgegevens worden aan de wal met de hand verwerkt. Door middel van controlemiddelen zoals sonaropnamen, peilingen, profielopnamen en duikinspecties wordt het resultaat naderhand gecontroleerd. De analyse van het proces wordt dagelijks besproken tussen projectleiding en kwaliteitsmedewerkers. De voorlopige resultaten kunnen onder meer leiden tot extra duikinspecties, peilingen en sonaropnamen, of tot extra stort-, verdichtings- en opschoonwerkzaamheden. De definitieve goedkeuring van het gemaakte werk wordt gegeven nadat het werk volledig is geanalyseerd.

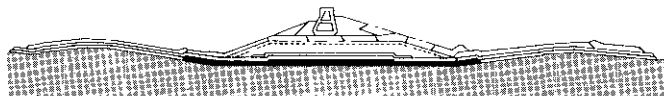
De stortschepen worden beladen met hydraulische kranen vanaf een loswal. De tijd per kentering bedraagt 6 ¼ uur. Bij elke kentering moeten de schepen op tijd beladen zijn, rekening houdend met de benodigde vaar-

ZEEZIJDE

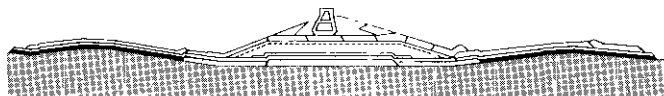
OOSTERSCHELDEZIJDE



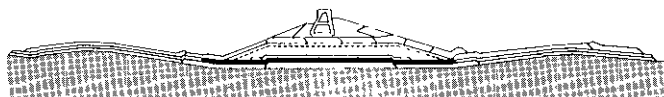
OPSCHONEN SLOOTJES



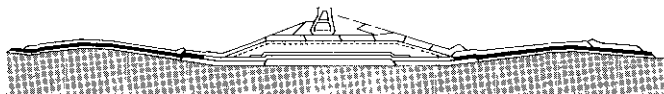
UITVULLAAG



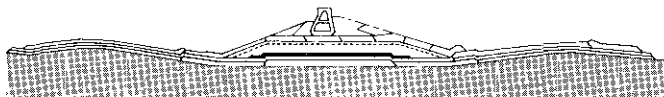
1° ONDERLAAG
OVERGANGSCONSTRUCTIE



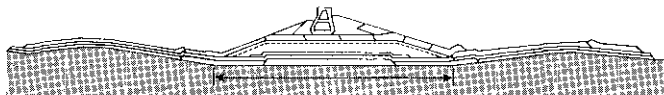
1° ONDERLAAG DREMPEL



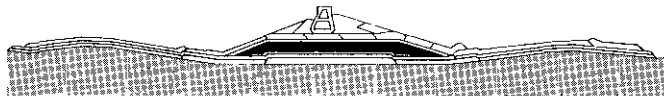
2° ONDERLAAG
OVERGANGSCONSTRUCTIE



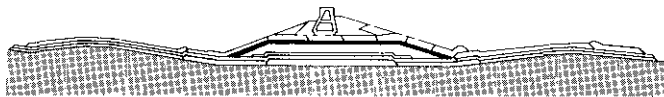
2° ONDERLAAG DREMPEL



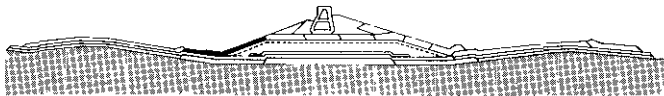
VERDICTEN



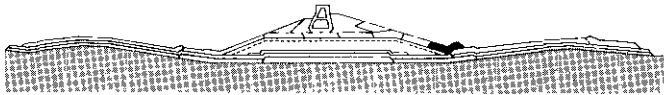
KERN



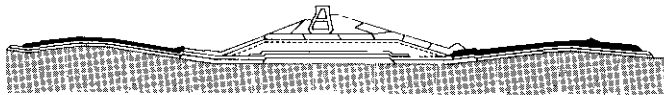
AFWERKLAGEN



TOPLAAG DREMPEL ZEEZIJDE



TOPLAAG DREMPEL
OOSTERSCHELDEZIJDE



TOPLAGEN OVERGANGSCONSTRUCTIE

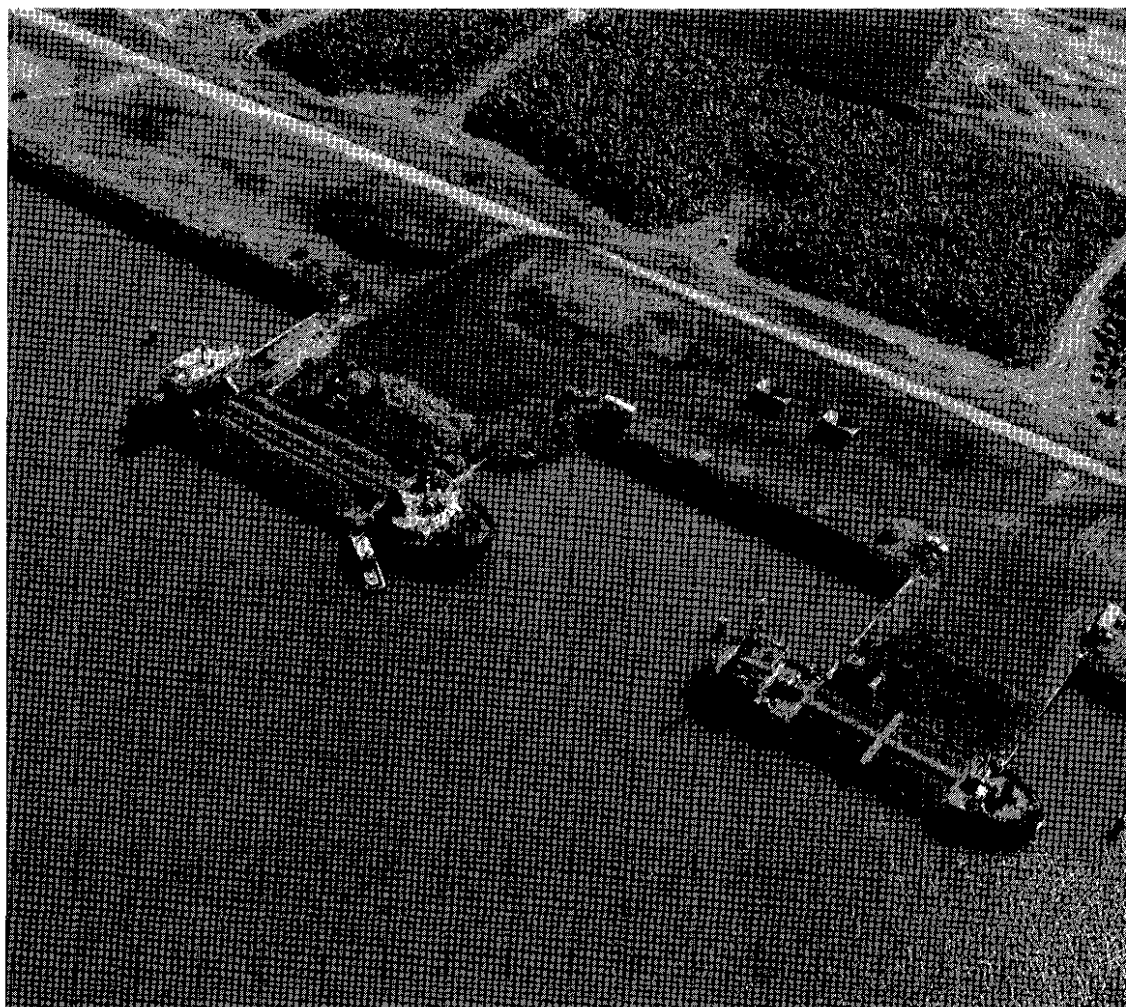
Fig. 1. Fasen van de drempelopbouw

en storttijd. Verscheidene keren zijn er ook vrachten geladen uit de natte depots of rechtstreeks vanuit de aanvoer. Het beladen van de steenstorters heeft niet tot problemen geleid, dankzij een grote mate van flexibiliteit van de betrokken organisatie. Normaal brengen voor elke steenstorter twee vrachtwagens de stenen van het depot naar de loswal. Wanneer de afstand tussen depot en loswal echter te groot wordt, worden er mēer ingezet. De kranen zetten in de overblijvende tijd het depot op en maken het terrein schoon.

Het stortmateriaal is in eerste instantie gekeurd in de groeve. Tijdens het verwerken wordt het nog een keer visueel door de opzichter gekeurd. Naar aanleiding van zijn bevindingen kunnen door de Wegbouwkundige Dienst keuringen worden uitgevoerd.

De uitgevoerde keuringen hebben aanleiding

Het beladen van stortschepen

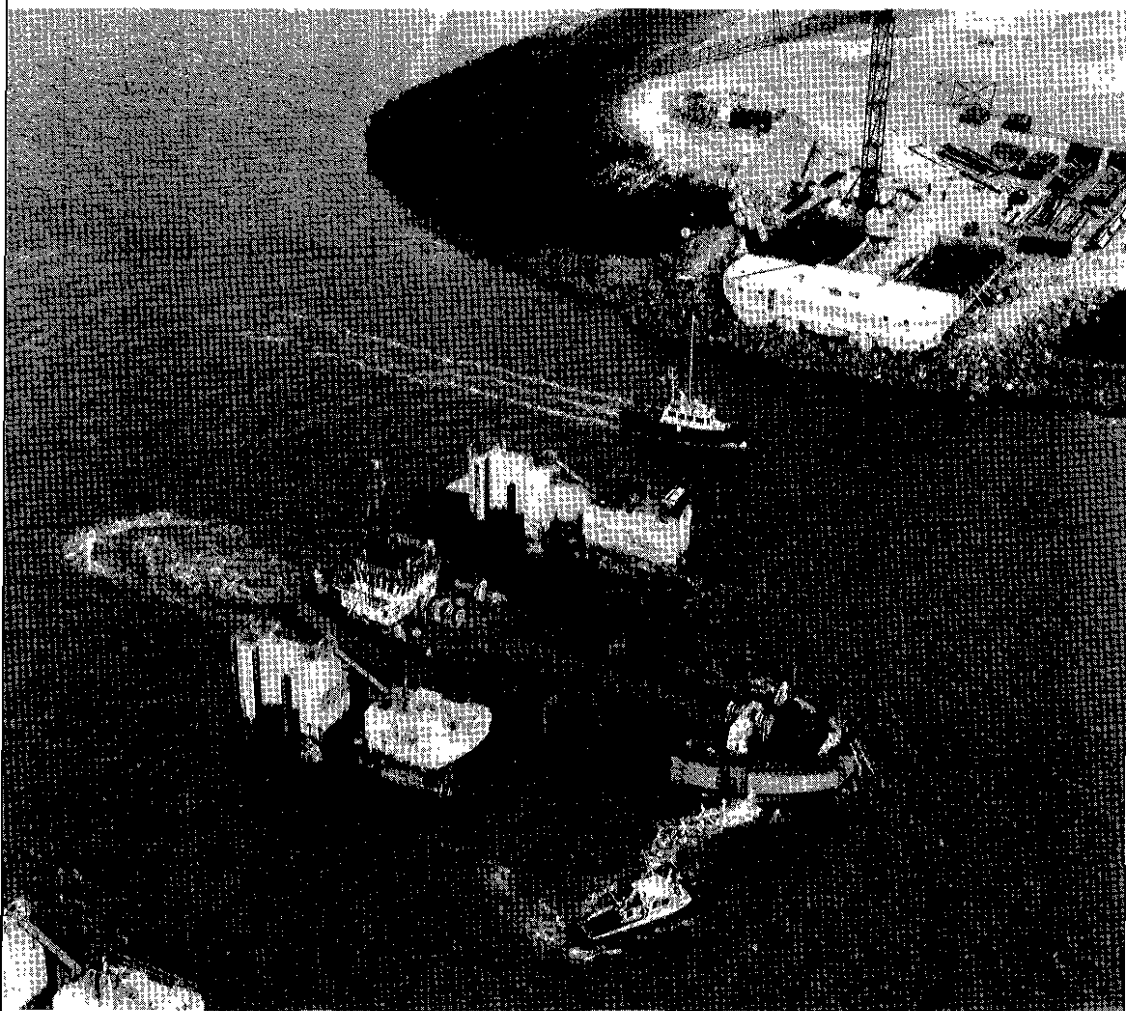


gegeven tot een uitgebreid bemonsteringsprogramma. Er werd namelijk een lagere gemiddelde massa aangetroffen en er waren meer scherven dan verwacht. Aan de hand van het bemonsteringsprogramma zijn gebieden aangewezen waar bepaalde sorteringen moeten worden verwerkt om zo toch aan de eisen te kunnen blijven voldoen.

Voordat de drempelmateriële aangebracht kunnen worden, dienen aanzanding en andere ongerechtigheden verwijderd te worden. Zodra de toleranties worden overschreden moet de bodem worden opgeschoond, hetzij met het wervelwiel of met één van de 'airliften'. Dit zijn zuigpijpen waar onderin lucht geïnjecteerd wordt. Door de opstijgende luchtbelletjes ontstaat een zuigwerking.

In principe werd het wervelwiel ingezet bij het verwijderen van grote hoeveelheden zand. Er

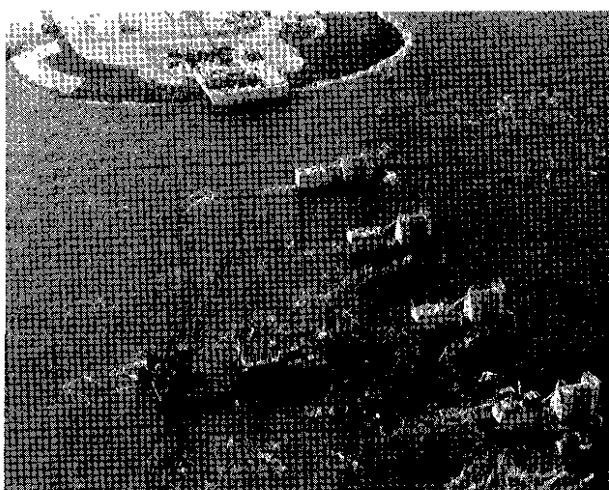
werd dan een omlaaggerichte straal opgewekt door de persschoppen van het wervelwiel, die tegelijk om zijn verticale as draaide. Door de straal en de opgewerkte wervel werd het zand losgewoeld; het mengsel werd aangezogen door de zuigschoppen van het wervelwiel en binnendoor omhooggestuurd. De in de omlaaggerichte straal meegespoten lucht moest het zand/watermengsel opvoeren naar het oppervlak. Afvoer vond plaats door de *getijdestroom*, dus het opschonen kon niet op de kentering plaatsvinden. Tijdens de uitvoering zijn geen grote hoeveelheden zand aangetroffen, zodat het wervelwiel nauwelijks in functie is geweest. Kleinere aanzandingen, die voornamelijk werden aangetroffen in de slootjes tussen het losgestorte filter over de naden van de funderingsmatten en de bovenmatten, worden opgeschoond met behulp van de



De 'Ham 601' gepositioneerd
tussen de pijlers

'airliften', bediend door duikers. De inzet van duikers houdt in dat deze werkzaamheden gebonden zijn aan de kentering. Het opschonen van de slootjes heeft veel tijd gekost. Voor de Roompot is besloten de zandeisen opnieuw te bezien. Er zijn enkele proeven uitgevoerd om te zien wat het gevolg is van uitspoelen van zand in het slootje. In sommige gevallen zouden namelijk ontoelaatbare spleten op kunnen treden die de filterwerking verstoren, als gevolg van het niet volledig bijzakken van de constructie. De resultaten van deze proeven hebben geleid tot minder strenge eisen. Op een aantal locaties in de Roompot moesten de slootjes toch volledig zandvrij zijn, gezien het plaatselijk verhang. In enkele gevallen waren er tientallen kenteringen nodig om dit te bereiken. Nadat het teveel aan zand is verwijderd, stort de 'Libra' de uitvullagen tussen en voor de pijlers. De uitvullaag dient de voetplaat van de pijler geheel af te dekken. In het begin waren er nogal wat reparatiestorten nodig. De onderlagen van de drempel van 10-60 kg, 60-300 kg of 300-1000 kg, die op de uitvullagen worden gestort, dienen niet alleen de onderliggende materialen vast te houden, ze moeten tevens stroombestendig zijn tijdens de opbouw van de drempel. De gezamenlijke dikte van de uitvullaag en de onderlagen van de drempel is zowel aan een minimum als aan een maximum gebonden; de maximum-eis heeft te maken met het verdichten. Een paar maal is aanpassing in de verdichtingsmethode nodig geweest om een te dikke laag toch goed te kunnen verdichten.

De onderlagen ter plaatse van de overgangsconstructie worden eveneens met de 'Libra' gestort. De eisen aan deze onderlagen gesteld,



zijn vergelijkbaar met die voor de onderlagen in de drempel. Ter bescherming van de filtermatten tegen beschadiging door zware vallende stenen is een eis geformuleerd voor de minimum laagdikte. In een enkel geval moest extra worden bijgestort.

De stortvolgorde is erop gericht de pijler zo snel mogelijk in te pakken in de uitvullagen en de onderlagen van de drempel, zodat de kans op erosie minimaal blijft.

De benodigde reparatiestorten en de tweede onderlaag van de drempel zijn aangebracht met de steenstortor 'Ham 601', die een stortvakkengte heeft van 30 m.

Zodra de onderlagen van de drempel aangebracht en goedgekeurd waren werden ze verdicht; dit om een goede aansluiting van de ondermat aan de ondergrond te verkrijgen in dat gebied waar de ondermatten nog niet met de trilplaat van de 'Cardium' waren verdicht. Het doel was aanvankelijk door middel van het verdichten ook de sterkte van het losgestorte filter over de aansluitnaden van de funderingsmatten te vergroten. Nader onderzoek heeft echter uitgewezen dat dit met name in de sluitgaten Roompot en Schaar niet meer noodzakelijk was.

Voor het verdichten van de onderlagen van de drempel werd gebruik gemaakt van de afvierponton 'Manus', voor deze gelegenheid uitgerust met een trilapparaat. De verdichtingsplaat heeft een oppervlak van $4,6 \times 3,5$ m. Het verdichten moest plaatsvinden volgens een bepaald stramien. Na het stellen van de 'Manus' en het plaatsen van de verdichtingsplaat op de juiste plaats op de bodem werd er verdicht met een vastgestelde triltijd en slagkracht, beide parameters voor het behalen van de vereiste verdichtingskwaliteit. Voor de



De 'Trias'

bewaking van het verdichtingsproces zijn regelmatig rendementsmetingen verricht, de kwaliteit van het verdichten wordt namelijk gekoppeld aan procesgegevens. Tijdens het verdichten van de ondergrond liep de verdichtingsplaat weg vanwege de helling van de ondergrond. Als de plaat teveel wegliep, dan moest dezelfde positie of een tussenpunt nogmaals verdicht worden. In de praktijk is gebleken dat dit een normaal voorkomend verschijnsel is. In een enkel geval waar de laagdikte van de onderlagen en de uitvullaag niet werd gehaald, moest of de wegloopeis of de verdichtingstijd worden aangepast. Nadat de onderlagen zijn verdicht wordt de drempelkern aangebracht, met de splijtbak 'MO 6010', die een stortvaklengte heeft van 30 m. Bij de opbouw van de drempel spelen vormeisen een grote rol, zowel voor wat betreft de steun tegen de pijlers als met betrekking tot de uiteindelijke grootte van de ruimte tussen de onderkant van de dorpelbalk en de bovenkant van de drempel: aan deze ruimte is een maximum gesteld.

Na afloop van het storten van de drempelkern wordt er gepeild, en aan de hand van deze peiling brengt de 'Ham 60' de afwerklaag aan. Zowel de opbouw van de drempelkern als de afwerklaag vergen een intensief peilprogramma voor de werkvoorbereiding. Dikwijls moest een vak worden afgekeurd: te hoog liggende stenen moesten worden verwijderd en putten moesten met kleine hoeveelheden worden bijgestort. Toen op een aantal locaties nog steeds niet werd voldaan aan de eisen moest het invulwerk verricht worden in het volgend bedrijf, met de toplaagstortor 'Trias'. De toplaag van de drempel aan de Noordzezijde en de toplaag van de overgangsconstructie worden zowel met de 'Libra' als met de 'Ham 601' aangebracht. Het gedeelte van de toplaag van de drempel aan de Oosterscheldezijde dat met de steenstorters wordt aangebracht, wordt grotendeels met de 'Libra' gestort.

De vereiste gemiddelde laagdikte bedraagt in de toplaag van de overgangsconstructie en op horizontale gedeelten in de teen van de toplaag $1,5 \times$ de gemiddelde steendiameter. In de toplaag of op het talud van de drempel moet de laagdikte $2 \times$ de steendiameter bedragen. Bij de uitvoering is gebleken dat met name op het vlakke gedeelte niet altijd wordt voldaan aan de eis met betrekking tot de gemiddelde laagdikte. In veel gevallen is ook niet voldaan aan de gemiddelde taludeisen, wat weer leidde tot reparatiestorten. Lokaal te steile taluds kunnen worden goedgekeurd indien bovenstrooms voldoende steen aanwezig is.

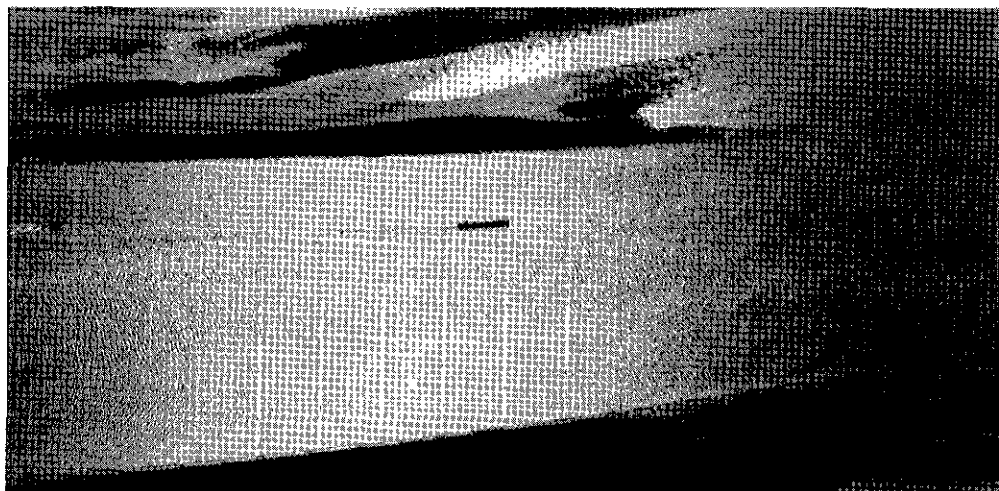
In het algemeen kan worden gesteld dat de methodiek van het koud tegen elkaar storten van aangrenzende storten tot goede resultaten heeft geleid: er zijn geen wanaansluitingen waargenomen.

De bij laagwater droogvallende slikken en platen en de ondiepe gebieden daar omheen vervullen in de Oosterschelde een essentiële functie binnen het ecosysteem. In de zone tussen gemiddeld laagwater en N.A.P. bevinden zich de meeste aan de bodem gebonden plantaardige en dierlijke organismen, zoals pieren en schelpdieren; zij dienen op hun beurt weer als voedsel voor vissen en vogels. In deze gebieden voltrekken zich ook de meeste visserij-activiteiten van de mens. Maar ook landschappelijk zijn de platen en slikken essentieel: zonder hen verliest de Oosterschelde zijn belangrijkste visuele karakteristiek.

Geomorfologische processen in de Oosterschelde

De morfologie van een getijdebekken als de Oosterschelde is geen statisch gegeven, maar een dynamisch geheel, waarin getijstroom en golven de voornaamste drijvende krachten vormen. Belangrijke wijzigingen in dit krachtenspel kunnen ingrijpende veranderingen in de morfologie tot gevolg hebben. Zo zal door de demping van het getij die optreedt na het gereedkomen van de stormvloedkering de invloed van de stroom op de morfologie minder worden. Zowel relatief als absoluut neemt de invloed van de golven op de morfologische processen daardoor toe. De golfinvloed manifesteert zich voornamelijk in golfaanval in de brandingszones langs platen en slikken. Deze brandingsgebieden verplaatsen zich met het getij tussen de hoog- en laagwaterlijn. Doordat de getijduur niet verandert, maar het getijverschil kleiner wordt, zal de golfaanval

meer geconcentreerd worden in een smallere zone rond de gemiddelde waterstand. Door de algehele vermindering van het zandtransport in de getijstroom zal de erosie door golfaanval minder dan thans het geval is worden gecompenseerd door toevoer van zand vanuit de geulen. *Erosieve processen krijgen dan de overhand in het intergetijdegebied.* Het zal duidelijk zijn dat dit met name geldt voor die delen waar de golfwerking het sterkste is, zoals de randen van platen, slikken en schorren. Om de plaatselijke morfologische veranderingen op de slikken en platen en in de geulen meer gedetailleerd te voorspellen, en vooral ook om aan te kunnen geven hoe snel de te verwachten wijzigingen zich zullen voltrekken, werden in 1982 onder de projectnaam GEOMOR alle bestaande plannen en lopende onderzoeken samengesmeed tot één plan. Een uitzondering



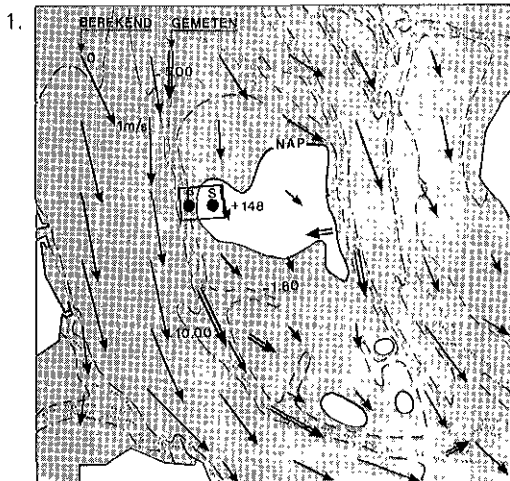
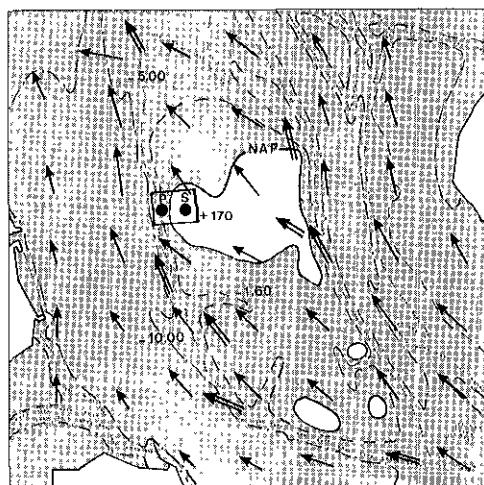
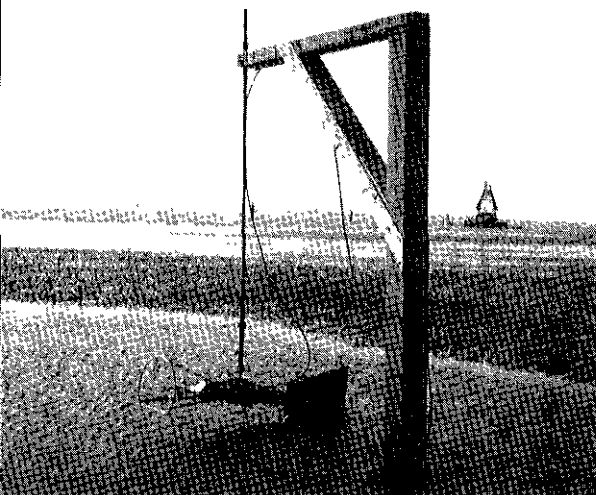


Fig 1 en 2. Het stroombeeld in de omgeving van de Galgeplaat bij maximale vloed (1) en eb (2), tijdens springtij op 5 maart 1984



Galgconstructie met zand-transportmeter; op de achtergrond de meetponton



werd gemaakt voor het onderzoek naar de uitwerking van de getijdemping op de schorontwikkeling, dat in 1980 was begonnen (Bericht 105, augustus 1983).

Het is gebruikelijk om bij een voorspellend onderzoek te beginnen met de bepaling van de procesrelaties in het te onderzoeken systeem. De verkregen resultaten worden daarna ondergebracht in een model. Na verificatie van het model met natuurmetingen kan het voorspellingen gaan opleveren. Zolang de fysische beschrijving van de procesrelaties niet goed mogelijk is, blijft zo'n verificatie noodzakelijk. Dit geldt zeker ook voor het ingewikkelde krachtenspel dat schuil gaat achter de waarneembare reacties van de morfologie op golven en stroming. Het GEOMOR-onderzoek verloopt dan ook noodzakelijkerwijs langs de hierboven geschetste weg.

Van te voren stond vast dat het pad moeilijk zou zijn en hier en daar wellicht schier onbegaanbaar. Dit pessimisme is gebaseerd op onzekerheden. Kunnen de omstandigheden die belangrijk zijn voor de huidige morfologische ontwikkelingen voldoende nauwkeurig en frequent worden gemeten om er betrouwbare relaties uit af te leiden tussen waterbeweging en sedimenttransport?

De uit de metingen af te leiden overdrachtsfuncties tussen water- en sedimentbeweging zijn in hoge mate empirisch, dat wil zeggen geldig voor lokale omstandigheden en de beschouwde meetreeks. De vraag die zich dan opdringt is of de gevonden overdrachtsfuncties nog buiten het gekozen meetgebied gelden en ook in de toekomst, bij gedempt getij.

Bij de opzet van het onderzoek is getracht tot

een aanpak te komen die deze onzekerheden zo klein mogelijk hield. Men zoekt het in langdurige meetcampagnes en een gefaseerde aanpak, waarbij de resultaten van iedere fase bepalend zijn voor de inrichting van de volgende. De eerste fase behelst een onderzoek naar de aard en snelheid van de huidige morfologische processen op een beperkte locatie, en naar de factoren die deze processen bepalen. Hiermee beoogt men verdieping van het inzicht in het sedimenttransport in de grootste geulen van de Oosterschelde, als functie van de getijstroom. Voorts zullen relevante literatuurgegevens worden geïnventariseerd over morfologische processen in andere estuaria. In fase 2 komt het tot toetsing van de gevonden bepalende factoren in de overige delen van de Oosterschelde. Op basis van deze kennis zal dan een langere-termijnvoorspelling worden opgesteld van de veranderingen in de morfologie na het gereedkomen van de stormvloedkering. Fase 3 is een evaluerende studie, aansluitend op het gereedkomen van de stormvloedkering. De meetcampagnes van fase 1 en fase 2 zijn thans achter de rug; het onderzoek verkeert in het stadium van de voorspellingen en de verwerking van de meetgegevens van fase 2. In dit artikel zal de aandacht worden gericht op de voornaamste uitkomsten van de tot nog toe uitgewerkte veldgegevens. Bericht 116, dat in zijn geheel wordt gewijd aan de morfologische ontwikkelingen in de zeegaten van Zuidwest-Nederland en hun buitendelta's, gaat nader in op de ontwikkelingen van het voorspelmodel, en de koppeling van het model aan de metingen.

Galgeplaat

Als studiegebied voor de eerste fase van het onderzoek werd een locatie gekozen in het noordwestelijk deel van de Galgeplaat, voornamelijk op grond van zijn nadrukkelijke expositie aan de sterke golfwerking aldaar bij westelijke en noordelijke winden. Bij deze richtingen legt de wind een lange weg af over water, zodat er relatief hoge golven kunnen ontstaan. Bovendien komen stormen uit deze richtingen het meeste voor. Een studiegebied met een sterke en frequente potentiële golfwerking was gewenst om de kans op waarneembare effecten van golven op de morfologie zo groot mogelijk te maken. Een tweede overweging was het feit dat de Galgeplaat in het afgelopen decennium een betrekkelijk stabiele ligging heeft vertoond. Er was dus sprake van een dynamisch evenwicht, waarin de opbouwende en eroderende krachten

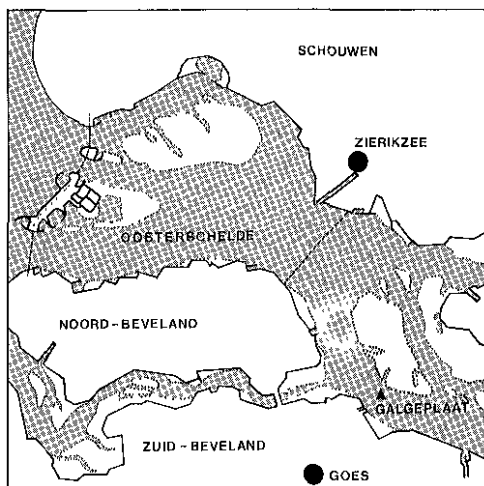


Fig. 3. Situering van het studiegebied

gemiddeld met elkaar in evenwicht waren. Voor de toelevering van sediment is de vloedstroom in dit gebied van grote betekenis. Tijdens het maximum van de vloed trekt de stroom in hoofdzaak vanuit het noorden de plaat op. Na de stroomkentering laat de eb het water voornamelijk naar het noordwesten afstromen.

In het meetgebied werd nabij de laagwaterlijn een meetpunt verankerd, en op 40 cm boven N.A.P. op de plaat een meetsteiger geïnstalleerd. Op beide plaatsen werd tevens een golfmeetpaal neergezet. Gedurende de periode maart-mei 1983 werden hier continue meetreeksen van de waterstand, de golven, de stroomsnelheid en -richting en de zandconcentratie ingewonnen in een geautomatiseerd bedrijf. De laatstgenoemde drie grootheden werden geregistreerd met

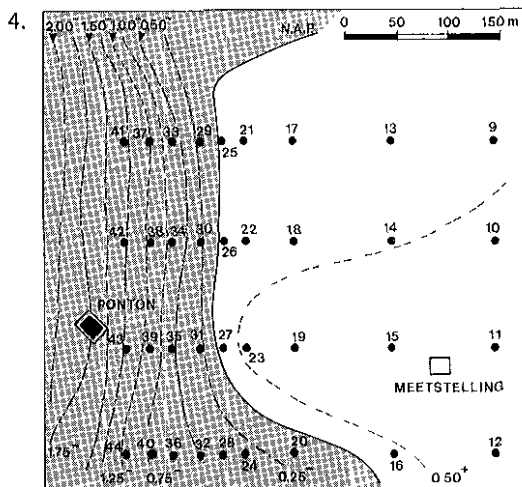
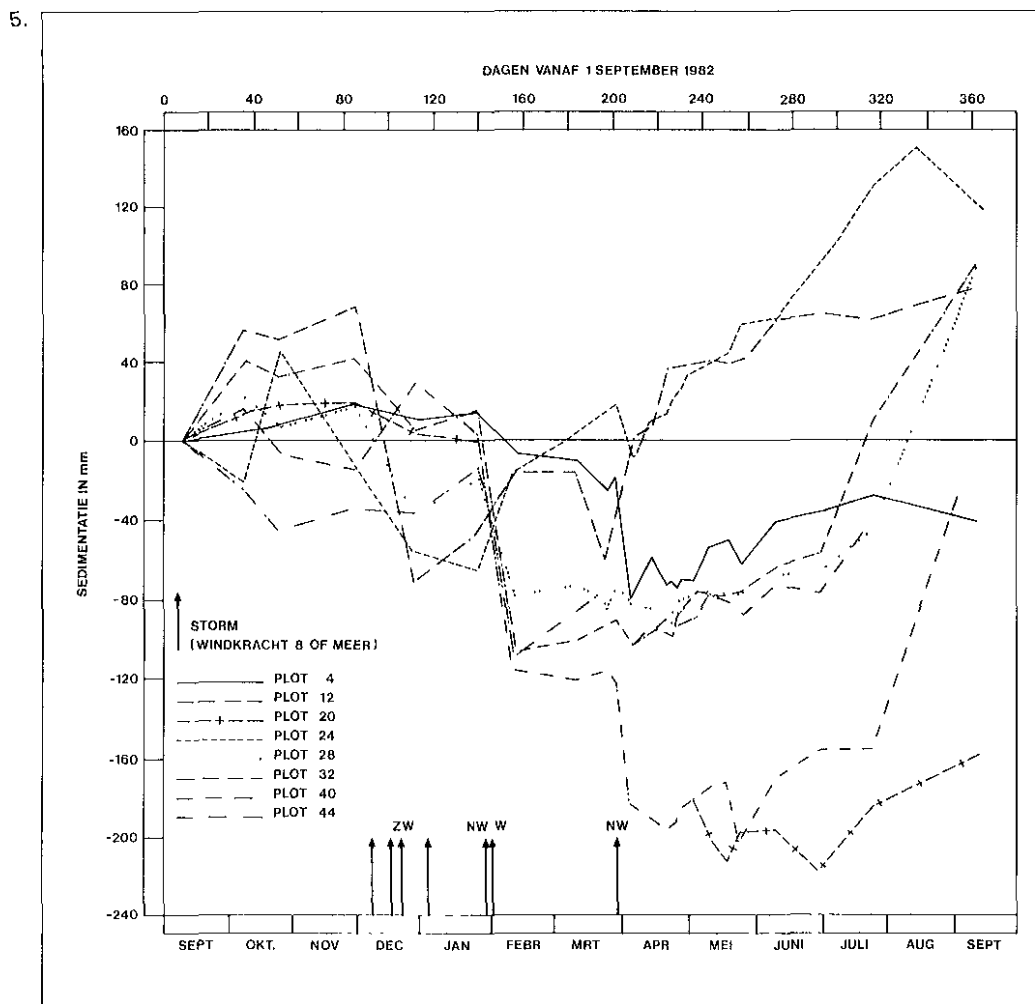


Fig 4. Overzicht van sedimentatie en erosie in het studiegebied

Fig 5 Cumulatieve erosie en sedimentatie in een meetraai nabij de meetstelling en de ponton, dwars op de rand van de plaat



akoestische zandtransportmeters (Bericht 108, mei 1984).

Deze nieuwe geavanceerde instrumenten werden ook met succes toegepast in het tracé van de stormvloedkering, om aanzandingsvoorspellingen te kunnen opstellen bij het leggen van de funderingsmatten en de plaatsing van pijlers. Voor het onderzoek op de Galgeplaat werden de zandtransportmeters opgehangen aan galgen, met de meetsensoren op een vaste hoogte van 30 cm boven de bodem. Tijdens een groot aantal bemande metingen werden de zandconcentratie en de stroomsnelheid op een aantal punten in de waterkolom bepaald, zodat relaties konden worden vastgesteld tussen de met de akoestische meter verkregen gegevens en het momentane zandtransport onder wisselende omstandigheden. Bij deze metingen met de hand werd gebruik gemaakt van in een statief geplaatste schoepstroommeters en pompfiltersystemen. Aan het bodemtransport kon geen aandacht worden besteed om de simpele reden dat er geen technieken bestaan om dit bij fijn zand momentaan te meten. Het sediment in het studiegebied bestaat uit fijn zand met een gemiddelde korrelgrootte van 0,125 tot 0,150 mm. Overigens is uit eerder onderzoek bekend dat het aandeel van het bodemtransport in het totale transport van ondergeschikte betekenis is, zodat het voor het onderzoek geen grote handicap vormde dat men het niet kon meten.

In een gebied van 400 × 700 meter rond de meetsteiger en de ponton werden in totaal 44 meetpunten ingericht; daar werd regelmatig de gemiddelde terreinhoogte bepaald. In het terrein waren daartoe dunne holle buizen geplaatst als hoekpunten van een gelijkzijdig driehoek met zijden van 1,5 m. De hoogtemetingen werden verricht door een stalen balk op de hoekpunten te leggen en op vijf plaatsen langs de balk de afstand tot de bodem te meten. Uit de 15 getallen per meetdriehoek werd de gemiddelde hoogte van het meetpunt bepaald. Op deze wijze werden kleine onoffenheden in het terrein, waaronder stroom- en golfribbels eruit gemiddeld en konden veranderingen in de bodemhoogte met een nauwkeurigheid van enkele millimeters worden bepaald.

Blijkens de metingen bij de meetstelling en de ponton treden er, afhankelijk van de stroom- en golfomstandigheden zeer grote verschillen op in het momentane zandtransport (figuur 1 en 2). Bij doodtij zijn de transporten zeer klein maar bij springtij aanzienlijk hoger.

Zowel bij de ponton als bij de stelling was het

transport bij vloed het grootst. Bij de ponton was dat voornamelijk het gevolg van de sterker ontwikkelde vloedstroom; bij gemiddeld springtij bedroegen de maximale vloed- en ebsnelheden hier respectievelijk 0,6 en 0,4 m/s. Bij de stelling waren de maximale vloed- en ebsnelheden allebei ongeveer 0,6 m/s, en werd het grotere transport bij vloed in hoofdzaak bepaald door extra opwerveling van sediment als gevolg van de golfwerking. Onder stormomstandigheden blijken bij de ponton vooral bij vloed zeer grote transporten op te treden.

Voor het hele meetgebied kan worden vastgesteld, dat – zoals verwacht – erosie vooral plaatsvindt onder stormomstandigheden; met name west- tot noordwester stormen zijn van belang. Sedimentatie treedt op in perioden met rustig weer; gedurende springtij sedimenteert er meer dan gedurende doodtij. De sterke erosie bij storm en de geleidelijke sedimentatie die daarna weer optreedt is goed te zien in figuur 4. Daarbij valt wel op dat erosie en sedimentatie niet overal in dezelfde mate optreden. De erosie wordt enerzijds mogelijk doordat de golven het materiaal sterk doen opwervelen en anderzijds doordat de vloedstroom – bij zuidwester storm de ebstroom – wordt versterkt met door de wind en de golven aangedreven componenten, die het transporterend vermogen sterk doen toenemen. Omdat de door de golven aangedreven component gerelateerd is aan de brandingszone en de erosie derhalve sterk lokaal beïnvloedt, is, ruimtelijk gezien, de erosie na een storm niet overal gelijk.

In de tweede fase van het project werd het aantal terreinhoogte-meetpunten in het meetgebied van fase 1 ingekrompen tot één raai van 8 meetpunten dwars op de plastrand. Op zeven andere plaatsen werden langs de Galgeplaat soortgelijke raaien geïnstalleerd. Tevens werden op het slik nabij de schorren van de Rattekaai in de kom van de Oosterschelde en aan de zuidkant van de Roggenplaat meetpontons en terreinmeetpunten geïnstalleerd. Ook de meetsteiger en de ponton in het meetgebied van fase 1 werden opnieuw in bedrijf gesteld. Deze uitwaaiëring van activiteiten naar andere delen van de Oosterschelde beantwoordde aan de voornaamste doelstelling van de tweede onderzoeksfase, de toetsing op andere plaatsen van gevonden bepalende procesrelaties. Van de terreinhoogtemetingen die in de tweede onderzoeksfase werden uitgevoerd is inmiddels een eerste analyse uitgevoerd, namelijk van de metingen die in de periode november 1983–juli 1984 op de Galgeplaat werden verricht. De

meeste van de acht raaien op deze plaat werden in deze periode met intervallen van 1 tot 4 weken gemeten. Uit de gegevens blijkt dat de in het vooronderzoek veronderstelde effecten van storm en rustig weer op de morfologie in grote lijnen ook gelden voor de gehele Galgeplaat. Wel dient een aantal nuances te worden aangebracht.

Hoewel algemene trekken aanwijsbaar zijn, hangt het optreden van erosie of sedimentatie toch ook sterk af van lokale omstandigheden, zoals de hoogteligging, de helling en de expositie aan de golven. Sterke sedimentatie treedt vooral op bij hoge springvloed. Enige golfwerking kan dit effect echter al sterk doen verminderen. Bij storm uit westelijke richtingen vindt men vrijwel overal op de plaat een erosie van gemiddeld 0,5 tot 1 cm.

De erosie doet zich het sterkst gelden op de rand van de plaat. Voorwaarde daartoe is wel dat de storm lang genoeg aanhoudt. Als er sprake is van een tijdelijke toeneming van de wind, hangt het morfologische effect in hoge mate af van de getijfase waarin die windtoeneming optrad. Een opvallend verschijnsel dat tijdens deze analyse aan het licht kwam en dat vrij vaak bleek voor te komen, is gelijktijdige erosie van de zuidwestelijke rand van de plaat en sedimentatie in een daarop aansluitende zone van enkele honderden meters breedte binnenwaarts, per getijperiode meestal in de orde van enkele millimeters. Een voorlopige verklaring hiervoor is de volgende: bij harde westenwind en opkomend water veroorzaken de golven in de brandingszone een langsstroming op de rand van de plaat, die samen met de vloedstroom en de opwerveling door de golfwerking leidt tot relatief grote sedimenttransporten. De hoge transportpiek in figuur 4c hangt hiermee samen. Bij het overspoelen van het vlakke hoge deel van de plaat neemt de stroomsnelheid daar af, terwijl de golven nog breken op de plaatrand. Het van de plaatrand opgenomen sediment kan daardoor op het juist overspoelde hoge deel van de plaat bezinken. Stijgt het water nog verder boven de plaatrand, dan verplaatst de in een smalle zone op de plaatrand geconcentreerde branding zich naar een zeer breed brandingsgebied bovenop de plaat. Wanneer de wind niet meer dan krachtig is zullen golven en stroming dan niet meer bij machte zijn het zojuist boven de plaatrand afgezette materiaal weer geheel op te nemen en af te voeren.

Een ander verschijnsel dat vaak werd geconstateerd was overwegende erosie van de bovenkant van de plaat, gecombineerd met sedimentatie op de zuidwestelijke rand. Dit

verschijnsel treedt op bij wind uit oostelijke richtingen. We vermoeden dat de erosie op de plaat tijdens de eb optreedt, wanneer het transport door versterking van de ebstroom met een door de wind aangedreven component toeneemt, waarbij de golfwerking in belangrijke mate zorgdraagt voor het in suspensie brengen van het sediment. Bij toenemende waterdiepte op de in de luwte gelegen zuidwestelijke rand van de plaat nemen de stroomsnelheid en de golfwerking daar sterk af, zodat van de plaat opgenomen en aangevoerd sediment daar tot afzetting kan komen.

De Roggenplaat, één van de grootste platen in de Oosterschelde, vormt de natuurlijke afscheiding tussen de geulen Hammen en de Schaar van Roggenplaat. De stroming rond en over de Roggenplaat zal in de nabije toekomst veranderen. Om deze veranderingen te kunnen volgen is de oorspronkelijke toestand zonder stormvloedkering vastgelegd middels een stroom-, zand- en getijmeting; ook werd de bodem in kaart gebracht. Beide metingen zullen we in dit Bericht beschrijven, en ook het model waarmee de veranderingen in de stromingen rond de Roggenplaat gevolgd zullen worden.

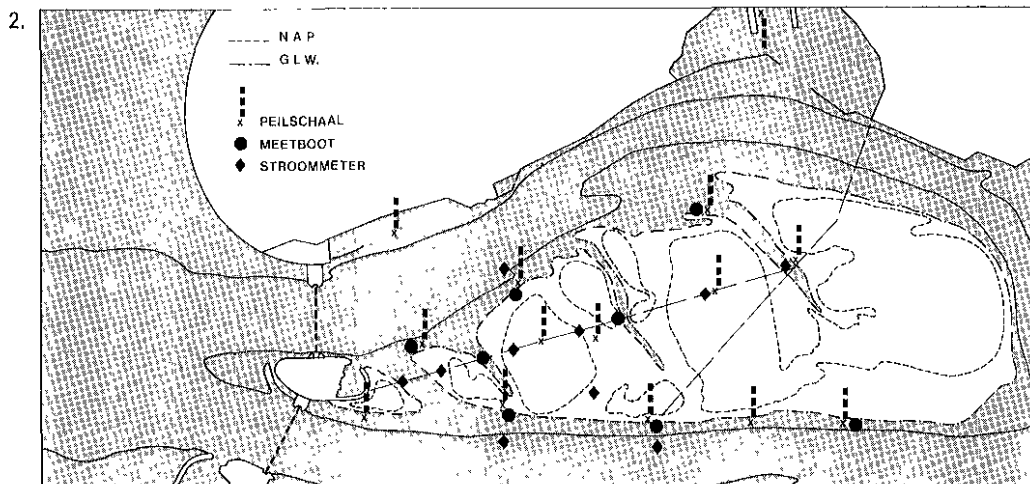
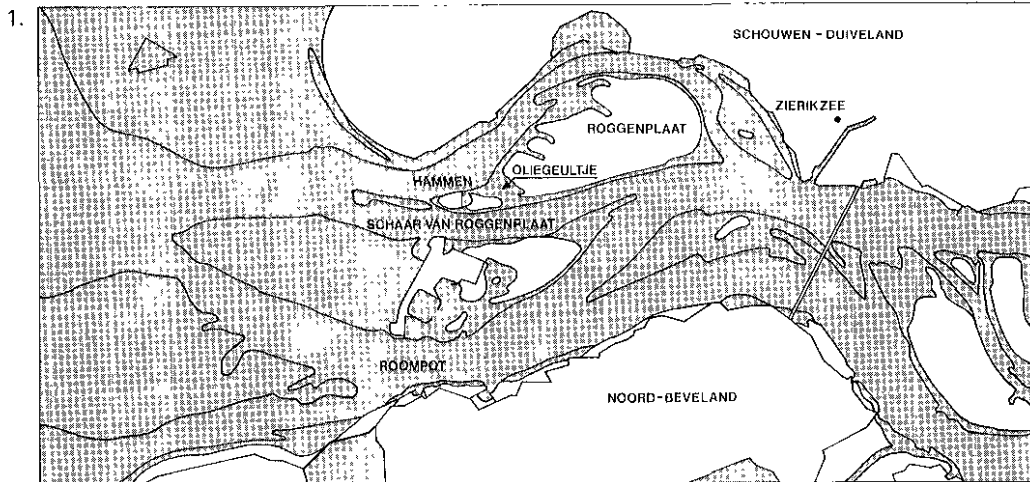
Stroom-, zand- en getijmetingen op de Roggenplaat

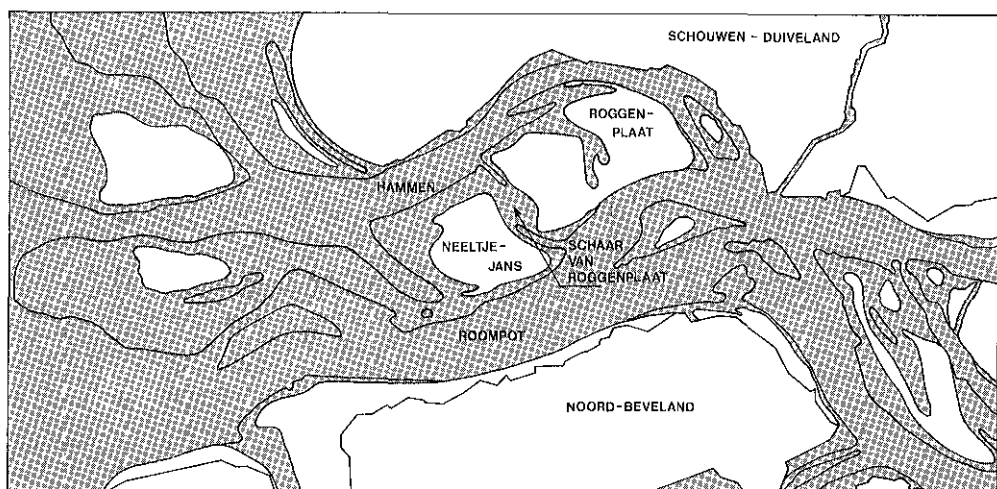


Het vastleggen van de stromingstoestand is van belang bij het begrijpen van de bodemveranderingen. In een min of meer natuurlijk estuarium als de Oosterschelde is er al een wisselwerking tussen bodem en stroming, waarbij er zelden sprake is van evenwicht. De Roggenplaat is dan ook in de loop der eeuwen grondig veranderd en hij verandert nog steeds. In de nabije toekomst verwachten we echter niet zulke grote veranderingen meer, omdat het getijverschil en de stroomsnelheden na de voltooiing van de Oosterscheldewerken afnemen, zodat de natuurlijke wisselwerking tussen bodem en stroming geringer wordt. Voordat het zover is zal het stroompatroon op en rondom het westelijke deel van de plaat tijdelijk extra verstoord worden door de bouw van de stormvloedkering. Dit proces zet in zodra begonnen wordt met het plaatsen van de

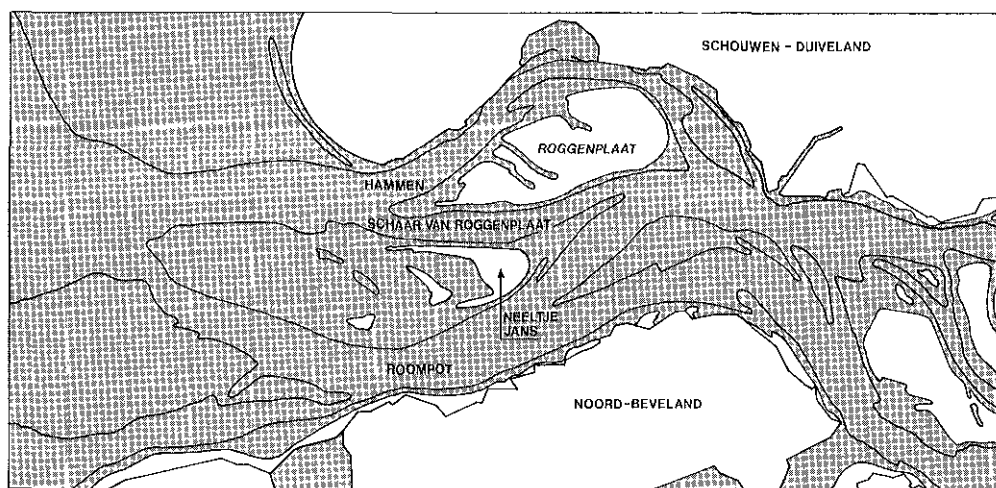
onderdorpels in de stroomgeulen. Aangezien dat niet in alle drie de geulen gelijktijdig plaatsvindt, loopt de profielvernaauwing in de ene geul voor op de andere. Er wordt begonnen in de Hammen, gevolgd door de Schaar van Roggenplaat en de Roompot.

De veranderingen die tijdens het plaatsen van de dorpelbalken en na de voltooiing van de Oosterscheldewerken optreden, kunnen alleen bepaald worden als de oorspronkelijke toestand vastligt. Om de komende veranderingen te kunnen volgen en begrijpen heeft de Meet- en Studiefaculteit Zierikzee van de Deltadienst met behulp van andere studiediensten een uitgebreide zand- en stroommeting in het gebied van de Roggenplaat uitgevoerd, en de bodemligging opgenomen. De metingen waren oorspronkelijk voorzien in de periode vóór het plaatsen van de pijlers. Wegens





3.

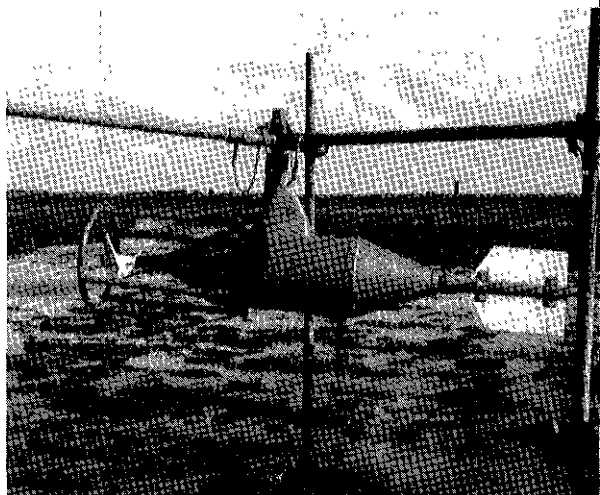


4.

Fig. 1 De Oosterscheldemonument met stroomgeulen en platen

Fig. 2 Overzicht van de meetpunten

Fig. 3 en 4. Ligging van de Roggenplaat in 1870 en in 1968



Meetinstrument voor het meten van de stroomsnelheid in ondiep water

5.

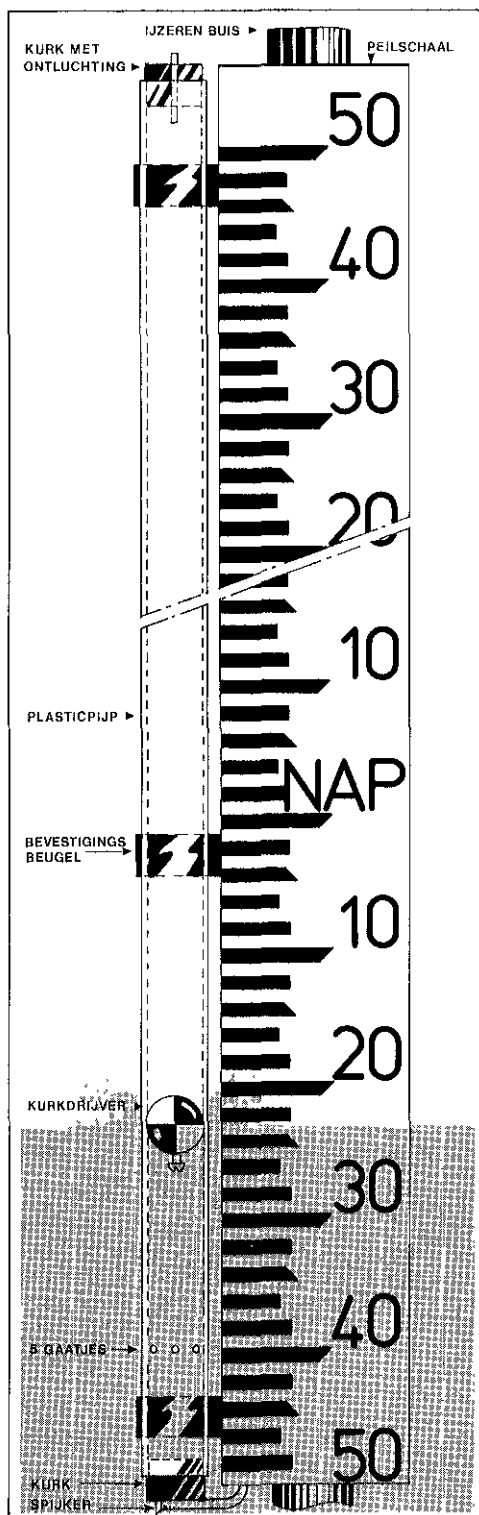


Fig. 5. Hulppeilschaal met lineaal, plastic pijp en drijfvertje

Fig. 6. Overzicht van de detailmodellen van de Oosterschelde

capaciteitsgebrek moest de meting echter verschoven worden naar een latere periode. Hij is nu uitgevoerd direct na het plaatsen van de eerste pijlers in de Hammen. Een overzicht van de meetpunten geeft figuur 2.

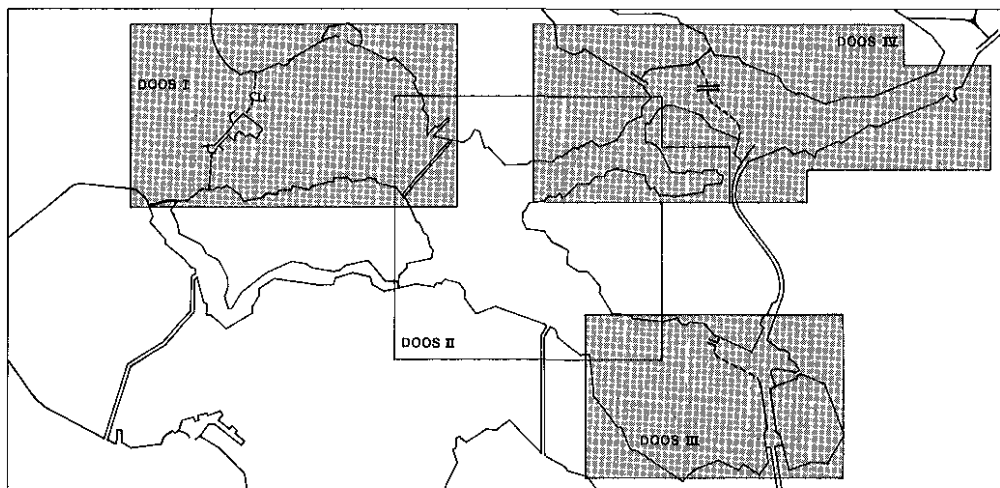
Bij de stroom-, zand- en getijmeting is geprobeerd op vier vragen een antwoord te krijgen. Hoeveel water stroomt er over de Roggenplaat en hoe stroomt het over de plaat? Hoe verloopt de stroming langs de rand van de plaat, waar het langs de plaat stromende water en het van de plaat afstromende water met elkaar in aanraking komen? Welke kracht oefent de stilstaande bodem uit op het stromende water? Hoeveel zand stroomt er met het water mee?

Om een duidelijk antwoord te krijgen op deze vragen is de meting uitgevoerd bij een fors getij, omdat de stromingen dan relatief sterk en de zandgehalten relatief hoog zijn.

Er werd gebruik gemaakt van een grote variatie aan meetinstrumenten en materieel. Langs de rand van de Roggenplaat en de geulen in de Roggenplaat is de stroomsnelheid zoveel mogelijk vanaf boten gemeten. Op de hogere delen van de plaat is voor de stroommeting gebruik gemaakt van speciale meters, die in de Waddenzee gebruikt worden voor het meten op ondiep water.

Op vier plaatsen – twee aan elke kant van de plaat – is verder het zandtransport gemeten. Door uital van apparatuur werd geen transport gemeten in een dwarsraai over de plaat. De stroom- en sedimenttoestand van de voornaamste kortsluitgeul in de Roggenplaat – 't Oliegeultje – waren al in een eerder stadium vastgelegd.

De vastlegging van de bodem is voor de diepere delen varend uitgevoerd met behulp



van het echolood. De hoger gelegen delen zijn door de Meetkundige Dienst gedetailleerd in kaart gebracht. Deze dienst heeft tevens vóór, tijdens en na de meting nauwkeurig de hoogte bepaald van de tien extra aangebrachte waterstandsmeters.

De hiervoor aangestipte metingen zijn min of meer routinematig. Het vastleggen van de kracht die de stilstaande bodem op het stromende water uitoefent, was dat beslist niet. Deze kracht, de bodemweerstand, is moeilijk rechtstreeks te meten. Hij moest worden afgeleid uit de stroomsnelheid van het water en het waterstandsverschil tussen twee punten. Bij een waterstandsverschil tussen twee punten stroomt het water van het hoogste naar het laagste punt. Hoe hard het stroomt, hangt onder meer af van de bodemweerstand. Het verband tussen waterstandsverschil, stroomsnelheid en bodemweerstand is bekend, zodat we de bodemweerstand in principe kunnen berekenen. We kunnen de weerstand echter alleen berekenen als het waterstandsverschil nauwkeurig genoeg bekend is. Het probleem is daarbij het kleine waterstandsverschil. Een meetfout van 5 cm maakt bij een waterstandsverschil van 10 cm de berekening van de bodemweerstand waardeloos. Het is duidelijk dat in dat geval de onnauwkeurigheid in de berekende bodemweerstand ontoelaatbaar groot is. De waterstandsverschillen moesten dan ook veel nauwkeuriger bepaald worden dan met de normale tolerantie van 5 cm. Hiervoor is een even eenvoudig als ingenieus meetinstrument gebruikt.

Dit instrument bestaat uit een verticale liniaal op een ijzeren buis, die onder waterdruk de grond ingespoten is. Om te voorkomen dat de

liniaal met golvend water moeilijk is af te lezen, is er een plastic pijpje aan bevestigd met onderin kleine gaatjes (figuur 5). Het water in de buis krijgt door de kleine gaatjes niet de tijd het golvend water te volgen, maar wel het wat langzamer verlopend getij. Het waterniveau in de plastic buis is op grote afstand goed afleesbaar gemaakt door een rood drijfvertje in de buis.

Dit meetinstrument heeft mede door de zorg die aan de plaatsing en het openhouden van kleine gaatjes is besteed, goed voldaan. Bij het uitwerken van de meting bleken de meetfouten te liggen in de orde van grootte van 2 cm.

Eerste resultaten

Uit de eerste resultaten van de meting blijkt dat er behalve door 't Oliegeultje weinig water van de Schaar van Roggenplaat naar de Hammen stroomt en omgekeerd. De Roggenplaat stroomt vrijwel volledig vol en leeg vanuit de Hammen. Er gaat maar weinig water van en naar de Schaar. Dat de Roggenplaat een natuurlijke barrière is, blijkt verder uit de ligging en geografie van de plaat. De Roggenplaat is dan ook bij normale getijomstandigheden een forse natuurlijke barrière tussen de twee geulen. Uit computersimulaties blijkt dat de barrièrefunctie bij storm deels verdwijnt. Bij een waterstandsverhoging van 1 cm gaat 10% van het water van de geul de Hammen tijdens hoogwater over de Roggenplaat. Het water stroomt daarbij min of meer dwars over de plaat. Uit de metingen blijkt verder dat de bodemweerstand een duidelijke invloed heeft op de waterstanden. Als het water stijgt houdt de bodemweerstand het vollopen van de plaat tegen, en als het water daalt het leeglopen. De



waterstand óp de plaat is bij stijgend water dan ook lager dan in de geul, en bij vallend water hoger. De verschillen in de waterstanden tussen zandgeul en middenplaat liggen meestal in de orde van grootte van 10 cm. Als het water moeilijk weg kan, kan het verschil echter sterk oplopen.

Uit de metingen blijkt verder dat de stroming langs de rand van de plaat weinig invloed ondergaat van het vullen en ledigen van de plaat. In de metingen langs de plaatrand uitgevoerd is nauwelijks invloed van het leeg- en volstromen van de plaat te zien. Ook beweegt er weinig zand met het water mee. Vermoedelijk vinden de voornaamste zandbewegingen plaats gedurende stormen.

Geul in een hoger gelegen deel van de Roggenplaat

Modellering

Om de toekomstige veranderingen in de bodem te kunnen begrijpen en eventueel te kunnen voorspellen, is het model DOOS I opgezet. Het model vult de metingen aan; dat is in de eerste plaats nodig omdat er in een complex gebied maar een beperkt aantal metingen uitgevoerd kon worden, waardoor het verband tussen de meetpunten moeilijk te leggen is. Verder is de meting maar een waarneming bij één getij op één bepaalde dag en bij één bepaalde weersomstandigheid.

Het model brengt samenhang aan tussen de metingen en rekent bovendien uit hoe stromingen en getij over de Roggenplaat verlopen bij andere getijomstandigheden en in andere bouwfasen van de Oosterscheldewerken.

Het gebruikte model is één van de vier zeer gedetailleerde modellen waarmee in de toekomst het gebied van de Oosterschelde

overdekt zal worden. Deze vier computermodellen rekenen om de 100 m en om de 30 seconden in het gehele modelgebied de stromingen en de waterstanden uit. Ze maken daarbij gebruik van het operationele programmapakket Waqua, dat ontwikkeld is in samenwerking tussen de Dienst Informatie Verwerking, de Rand Corporation, de United States Geological Survey en de Deltadienst. Het model is momenteel grofweg afgeregeld, en het ligt in de bedoeling het, nu de meting is uitgewerkt, te toetsen aan de reproductie van de meting. Tijdens deze toetsing zal vastgesteld worden of de schattingen van de bodemweerstand van platen die we vroeger gemaakt hebben, juist zijn. Als ze juist zijn, moet het model zowel de gemeten waterstandsverschillen als de snelheden goed weergeven.

Hierop zullen we in een later Bericht terugkomen.

In Bericht 93 (augustus 1980) is het ontwerp van de Oesterdam behandeld, in hoofdzaak de keuze van het tracé en de dimensionering van de dam. Bericht 96 (mei 1981) bevatte een beschrijving van het eerste onderdeel van de dam, het sluiseland; het tweede onderdeel, het damvak Zuid, is beschreven in Bericht 104 (mei 1983). Nu gaat het over de resterende damvakken.

De damvakken Speelmansplaten en Marollegat in de Oesterdam

Ter plaatse van het damvak Speelmansplaten I, aangrenzend aan het sluiseland, zijn de grondlagen als volgt opgebouwd. Een holoceen pakket strekt zich uit van N.A.P. - 5 m tot - 16 m. De opbouw is zeer grillig. Globaal bestaat hij uit een zandlaag met een dikte van 0,5 tot 5 m, een veenlaag van 0,5 tot 3 m dik, en een kleilaag ter dikte van 3 à 10 m. Onder het holoceen liggen de pleistocene lagen: afzettingen van matig fijn en matig grof zand, doorschoten met dunne kleilaagjes, kleibrokjes en soms een spoor van schelpgruis. Plaatselijk komen ook dikke kleipakketten voor. Meer naar het zuiden, waar Speelmansplaten II en Marollegat zijn geprojecteerd, is de totale dikte van het holoceen lagenpakket minder groot. Hier is de erosie in de loop der tijden veel minder intensief geweest; fluviale erosie ontbrak nagenoeg geheel. Zo komt het dat de bovenkant van de zware holoceen klei - de afzetting van Calais - hier kan liggen op korte afstand van het pleistocene zand. Op bepaalde plaatsen is zelfs het basisveen niet weggevreten. Het holoceen pakket strekt zich in dit traject uit van N.A.P. - 5 m tot - 10,5 m. Globaal bevat het van boven naar beneden in dit traject 0 tot 2,5 m zand - afzetting van Duinkerke -, 0 tot 2,5 m Holland-veen en 0 tot 4 m Calais-klei. Plaatselijk ligt er klei - afzetting van Duinkerke - direct aan de oppervlakte op het Holland-veen of tussen de afdekkende zandlaag en het Holland-veen. De dikte van deze kleilaag varieert tussen 0,2 en 0,7 m. Op een aantal plaatsen bevindt zich op het pleistoceen basisveen, ook met dikten tussen 0,2 en 0,7 m. In de meest zuidelijke 100 m van het traject heeft in het verleden sterke erosie plaatsgevonden door de rivier de Schelde. Het

erosiedal is later opgevuld met een dik pakket van klei en zand met dunne klei/zandlaagjes, met daar bovenop deels een kleipakket van 2,5 m dik. Deze afzetting wordt weer afgedekt door een 2 tot 5 m dikke zandlaag. Alle afzettingen behoren tot de formatie van Duinkerke. De onderkant van de opgevulde geul ligt tussen N.A.P. - 12 m en - 15 m. De pleistocene afzettingen in het tracé van Speelmansplaten II en Marollegat behoren tot de formatie van Twente. De sedimenten bestaan overwegend uit matig fijnkorrelig zand, waarin leem- en veenlaagjes voorkomen van variabele dikte. De bovenkant van het pleistoceen vertoont een zeer grillig verloop en ligt globaal tussen N.A.P. - 5 m en - 10,5 m. In de laatste 100 m boven de kop van het zuidelijk damvak ligt de bovenkant van het pleistoceen tussen N.A.P. - 12 m en - 15 m.

Uit het grondmechanisch onderzoek blijkt dus wel dat de ondergrond ter plaatse van de damvakken Speelmansplaten en Marollegat van een zo slechte kwaliteit is, dat er niet zonder beperkingen een dam op kan worden gebouwd, wil men de kans op het optreden van instabiliteiten in alle bouwfasen zeer klein houden. Voor de vakken met onvoldoende stabiele ondergrond zijn grondmechanische oplossingen onderzocht. In aanmerking kwamen steunbermen, verticale drainage, grondverbetering, een gefaseerde aanleg met voorbelastingsprofielen, dan wel toepassing van een zinkstuk of taludverflauwing of doorpersing.

Gekozen is voor een gefaseerde aanleg van het damprofiel op het damgedeelte Speelmansplaten I over een lengte van ongeveer 4 km, aansluitend aan het sluiseland, en voor een grondverbetering op het overige

gedeelte, de damvakken Speelmansplaten II en Marollegat. Bij de keuze heeft mede een rol gespeeld dat instabiliteiten door afschuivingen of doorpersingen in de spuitfase niet acceptabel zijn. Er blijft dan namelijk onzekerheid over de schuifsterkte-eigenschappen van de ondergrond na afschuiving in de zone van het afschuifvlak, en over de grondlagenopbouw na afschuiving, en daarmee over de te verwachten restzettingen. Ook blijft dan de onzekerheid ten aanzien van de voortgang van het werk, het eventueel terugstellen van leidingen en het optredende zandverlies te riskant. Iets naders nu over de gehanteerde veiligheidsfactoren.

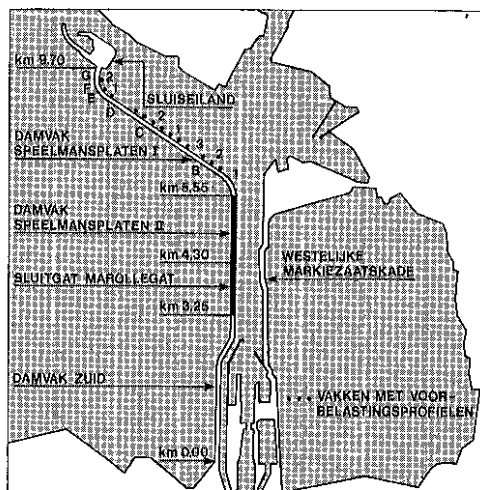
Stabiliteitsberekeningen

Om tot een evenwichtig grondmechanisch

ontwerp te komen zijn stabiliteitsberekeningen uitgevoerd waarbij de ruimte tussen de karakteristieke sterkte en de karakteristieke belasting wordt gevuld door een veiligheidsfactor ten aanzien van de grondmechanische macrostabiliteit, de stabiliteit dus van de gehele constructie, inclusief de ondergrond. De algehele veiligheidsfactor is samengesteld uit een drietal partiële veiligheidsfactoren, die betrekking hebben op de belasting, de sterkte en de schade. Bij de berekening van de algehele veiligheidsfactor wordt rekening gehouden met de drie uitvoeringsfasen: de spuitfase, de voorbelastingsfase en de eindfase. De partiële veiligheidsfactoren hebben een betrekking tot de belasting door waterstanden in en buiten de dam, tot de geometrie van het spuitprofiel, tot de grondparameters, de gelaagde opbouw van



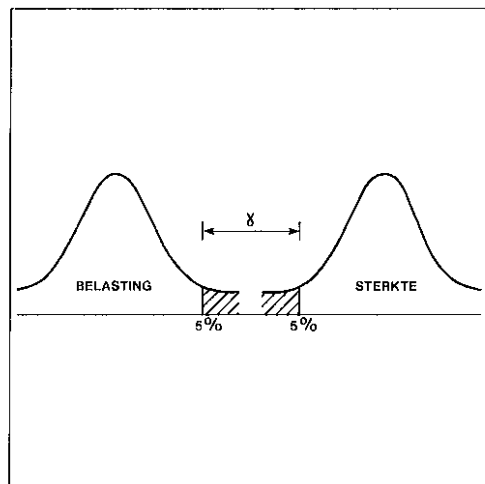
Fig. 1. Indeling van het damvak
Speelmansplaten



1.

Fig. 2. Verband tussen belasting
en sterkte

2.

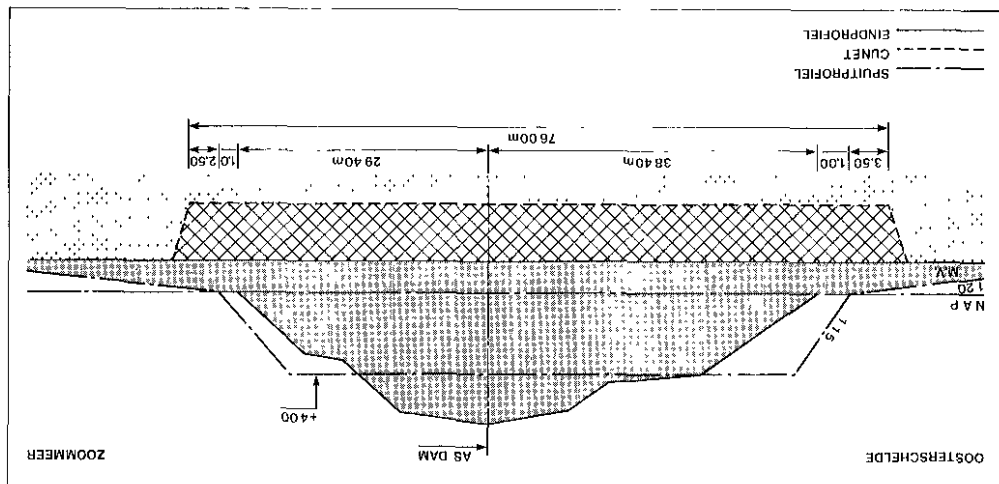


de ondergrond, de geometrie van het voorbelastings- en het eindprofiel en het rekenmodel gebaseerd op cirkelvormige glijvlakberekeningen volgens de methode-Bishop; tenslotte ook tot de economische en politieke gevolgschade. Al deze partiële veiligheidsfactoren zijn voor de drie beschouwde fasen afgeschat. Voor de belasting in de spuitfase wordt uitgegaan van een volledig verzadigd stort. Dit is de ongunstigste belastingssituatie die kan optreden. Voor de voorbelastings- en eindprofielen moet bij een langdurige storm en grote daalsnelheid van de buitenwaterstand na de storm rekening worden gehouden met de ongunstigste situatie ten aanzien van de macrostabiliteit bij het eerste laagwater na de storm. Met behulp van elektrische analogiemodellen is een schatting gemaakt van de waterstand in het

voorbelastings- en eindprofiel als gevolg van deze situatie, die een frequentie heeft van ongeveer 10^{-2} jaar. Omdat de onzekerheid in de belasting voor de verschillende fasen gering is, wordt ervan uitgegaan dat deze factor gelijk is aan één.

Er is voorts van uitgegaan dat het uitgevoerde spuitprofiel niet af zal wijken van het theoretische spuitprofiel. Ook hier kan men de veiligheidsfactor dus gelijkstellen aan één. Op basis van een gevoeligheidsonderzoek, uitgevoerd ter evaluatie van de instabiliteiten die optraden tijdens de aanleg van de Westelijke Markiezaatskade, en van berekeningen voor vak C2 van het damvak Speelmansplaten I, wordt de factor voor de veiligheid ten aanzien van de grondparameters gesteld op 1,06 voor die damvakken die worden aangelegd op de bestaande ondergrond, en op 1,03 voor het damgedeelte op het cunet. Voor de onzekerheid in de laagopbouw van de ondergrond is op basis van de berekeningen voor damvak C2 een veiligheidsfactor van 1,05 à 1,1 geschat. De uitgevoerde voorbelastings- en eindprofielen en het cunet zullen niet afwijken van de theoretische profielen: veiligheidsfactor = 1. De afmetingen van het cunet worden gecontroleerd door peilingen. Vanwege de te verwachten afwijkingen is het cunet iets breder ontworpen. Op basis van ervaring opgedaan bij de eerder genoemde evaluatie, is bij de glijvlakberekeningen een veiligheidsfactor van 1,05 gekozen.

In de spuitfase zijn eventuele instabiliteiten minder ernstig dan in de definitieve fase. Bij herstel zijn de kosten beperkt, omdat het materieel nog aanwezig is. Daarom is hier een factor gelijk aan één gekozen.



Voor het damgedeelte aansluitend aan het sluiseland is een tijdrovenende methode gekozen, waarbij consolidatie van de ondergrond wordt bereikt door de aanleg van

Uitvoeringsaspecten

In de eindfase en in mindere mate in de voorbelastingfase dreigt herstel van instabiliteiten aanzienlijk meer kosten met zich dan in de spulfase. Gekozen is daarom voor een factor 1,05 in de voorbelastingfase, en een factor 1,10 in de eindfase. Voor het ontwerp konden hieruit de volgende afgeronde waarden worden afgeleid: in de spulfase wordt een algehele veiligheidsfactor aangehouden van minstens 1,15, in de voorbelastingfase moet hij minstens 1,20 bedragen en in de eindfase minstens 1,25.

Fig. 3. Bouwtafen

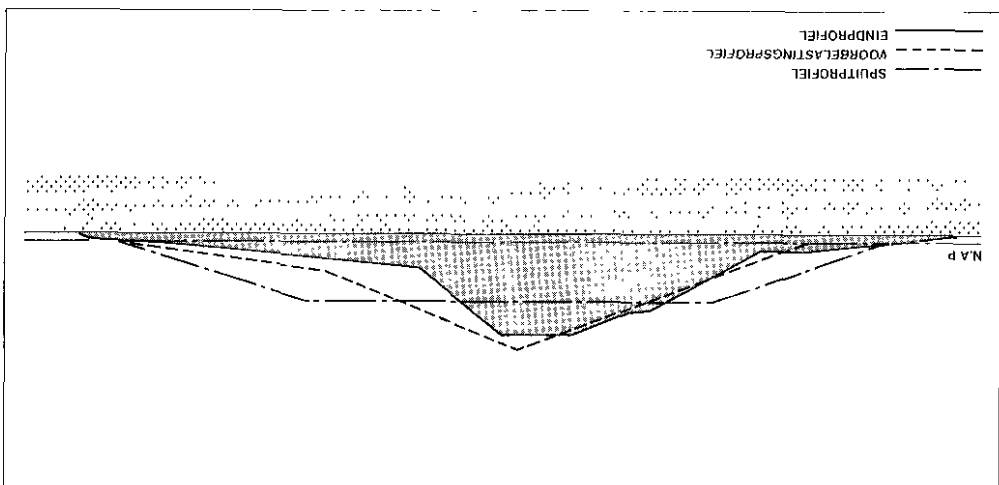


Fig. 5. Ligging van spuitprofiel en cunet ten opzichte van het eindprofiel

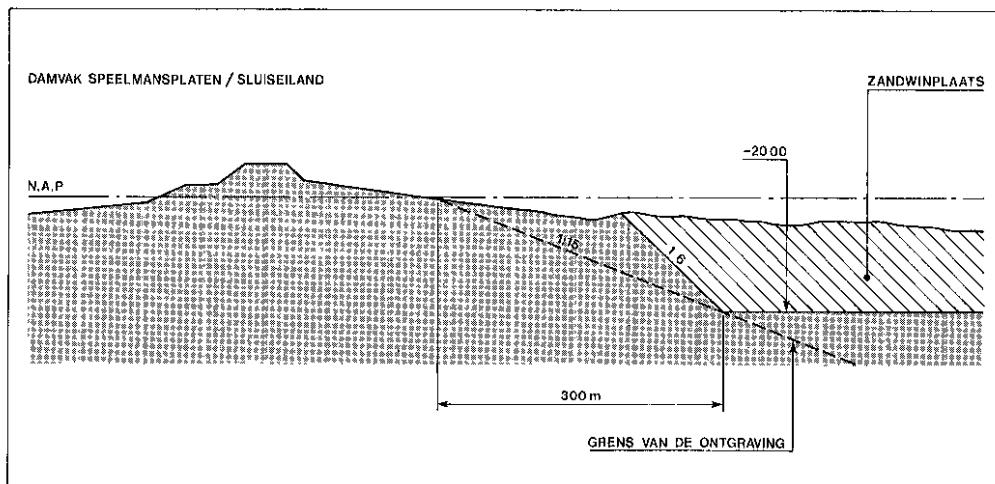
Fig. 4. Ligging van de zandwipplaat ten opzichte van het darmvak

5.

3.

voorbelaastingenprofielen. Daarom moest de uitvoering tijdig beginnen, en besloot men dit damvak in een apart bestek onder te brengen: Speelmansplaten I. De uitvoering is midden 1984 gestart. Om tot een evenwichtig ontwerp te komen, zijn, uitgaande van de vooraf vastgestelde veiligheidsfactoren, met behulp van semi-probabilistische berekeningen de minimaal vereiste dwarsprofielen en te hanteren wachttijden uitgerekend. Dit heeft voor het damvak Speelmansplaten I geleid tot een aantal aan het spuitprofiel op te leggen beperkingen. In een aantal vakken - B1, B3, D1, F2 en G van figuur 1 - mag het spuitprofiel na een wachttijd van 5 à 8 weken nadat het op hoogte is gebracht, worden omgevormd tot eindprofiel. In de overige vakken moet uit het spuitprofiel na een wachttijd van 3 weken een voorbelaastingenprofiel worden gevormd met

Op het damvak Speelmansplaten I is de hoofddrijbaan geprojecteerd op een berm aan de Zoommeerzijde. Deze brede berm zal pas worden aangelegd of afgewerkt nadat het gebied achter de compartimenteringsdammen getijvrij geworden is. In de tussenliggende periode wordt een tijdelijke constructie aangebracht. Op de plaatsen waar het damprofiel in verband met de benodigde consolidatietijd van een tijdelijke constructie wordt voorzien, blijft die gehandhaafd tot de definitieve berm wordt aangebracht. De aanleg van de damvakken Speelmansplaten II en Marollegat is, samen met de uit te voeren grondverbetering, beschreven in één bestek. Met de uitvoering hiervan is begin 1985 gestart. Volgens dit bestek worden tevens de voorbelaastingenprofielen van het damvak Speelmansplaten I afgewerkt tot eindprofiel. Bij



vastgestelde afmetingen. Dit profiel mag na wachttijden van 6 maanden - voor de vakken B2, C1, C2 en E - en 16 maanden - voor vak F1 - worden omgevormd tot eindprofiel.

Gezien de lange wachttijden is besloten deze profielen te voorzien van een tijdelijke bescherming, en het afwerken tot eindprofiel te beschrijven in een volgend bestek.

Behalve aan het dwarsprofiel zijn ook aan het langspoorprofiel van het spuitstort beperkingen verbonden.

Voor de onderbouwing van het ontwerp zijn faalkansen uitgerekend, met bijbehorende lengten waarover eventueel stabiliteitsverlies optreedt. Ter bepaling van de benodigde hoeveelheid zand en de overhoogte die bij het aanbrengen van de eindprofielen moet worden aangebracht, is een voorspelling gedaan van de eindzettingen.

het ontwerp van de grondverbetering is rekening gehouden met de uit te voeren zandsluiting van het Marollegat.

De aanleg van de damvakken Speelmansplaten II en Marollegat gaat van noord naar zuid, zodat de sluiting plaatsvindt even ten noorden van het damvak Zuid.

Door de steeds verdergaande vernauwing van de mond van de Oosterschelde, door de vorderingen bij de aanleg van de stormvloedkering en doordat het Tholense Gat nog open is, blijven de stroomsnelheden in de laatste fase van de sluiting beperkt tot 1,2 m/s. Dit betekent dat de sluiting relatief eenvoudig uitvoerbaar is. Omdat hierna nog drie zandsluitingen zullen plaatsvinden, met een oplopende moeilijkheidsgraad - die van het Slaak, het Tholense Gat en het Krammer -, zal de sluiting van het Marollegat als leerobject

dienen. Daartoe zullen verschillende metingen worden verricht. Volgens het werkplan van de aannemer zal de sluiting plaatsvinden in de zomer van 1985.

Met de bodem van het cunet ten behoeve van de grondverbetering wordt in principe de *bovenkant van het draagkrachtige pleistocene zand* gevolgd.

Bij de bepaling van de benodigde cunetbreedte is het van belang welke beperkingen worden aangehouden bij de opbouw van het damlichaam.

Een relatief smal cunet levert beperkingen op aan de geometrie van het spuitprofiel. Tevens moet dan in verband met de consolidatie van de *slappe lagen* naast het cunet, worden gerekend op een ruime wachttijd voordat het spuitprofiel mag worden omgevormd tot eindprofiel.

Gekozen is voor een oplossing waarbij aan het spuitprofiel nagenoeg geen beperkingen behoeven te worden opgelegd.

De benodigde breedte van het cunet varieert op het grootste gedeelte slechts enkele decimeters. In verband met eenvoud in de uitvoering is een overall gelijke bodembreedte als uitgangspunt gekozen, en wel 76 m.

Ter plaatse van het laatste sluitgat van het Marollegat wordt het cunet verbreed tot 110 m. Dit maakt het mogelijk zonder gevaar voor instabiliteit aan weerszijden van het laatste sluitgat zanddepots aan te leggen.

Voor de kop van het damvak Zuid is de ondergrond van dien aard dat over een lengte van 100 m een dam kan worden uitgebouwd op de bestaande ondergrond. Besloten is daarom het cunet 100 m boven die kop te beëindigen. De afstand tot de kop van damvak Zuid is dan ruim voldoende om instabiliteit bij de kop tijdens het graven van het cunet te voorkomen. Aan de noordzijde wordt het cunet beëindigd bij km 5,45. Om instabiliteit bij de kop van het damvak Speelmansplaten I tijdens het graven van het cunet te voorkomen, eindigt dit damvak bij km 5,55.

Voor de aanleg van het damlichaam op de overgangsgebieden voor de kop van de damvakken Zuid en Speelmansplaten I zijn eisen geformuleerd ten aanzien van de spuitprofielen.

De specie die vrijkomt uit het cunet wordt geborgen in het westelijk gedeelte van de Molenplaat.

Het zand voor het opvullen van het cunet en de aanleg van de damvakken wordt gewonnen in zandwinplaatsen ten noorden van Speelmansplaten I.

Om te voorkomen dat tijdens het winningsproces schade ontstaat aan gebieden

buiten de zandwinlocatie is de afstand van de zandwingebieden tot het sluiseiland en Speelmansplaten I zo groot gehouden dat de ondergrond beneden een helling van 1:15 vanaf de begrenzing van het wingebied niet wordt geroerd. De bekledingsklei wordt grotendeels betrokken uit depots ten noordwesten van de Kreekrakbruggen. Deze klei is vrijgekomen bij de ontgraving van het Bathse Spuikanaal. Ontbrekende klei en de klei voor onder de blokkenglooing moet worden geleverd door de aannemer.

De voor de aanleg benodigde stortsteen wordt betrokken uit de westelijke Markiezaatskade. In het ontwerp van de sluitkade is destijds de mogelijkheid meegenomen tot terugwinnen en hergebruik van de stortsteen. Uit de vrijkomende stortsteen wordt steen van 300-1000 kg geselecteerd, die onder andere wordt gebruikt als vervangende glooingsconstructie op het westelijk talud van de Markiezaatskade.

Het 8 km lange Bathse Spuikanaal is geprojecteerd door de hals van Zuid-Beveland, onmiddellijk ten westen van de Schelde/Rijn-verbinding. Het kanaal moet het mogelijk maken water van het Zoommeer af te laten op de Westerschelde.

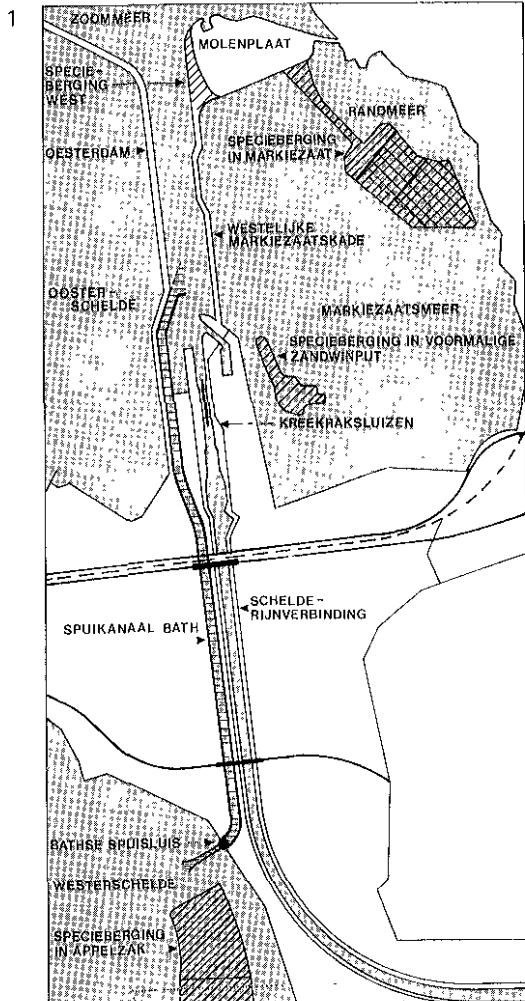
Baggerwerk voor het Bathse Spuikanaal

Vanaf november 1977 is regelmatig in deze Berichten verslag uitgebracht over de tracé-keuze en het ontwerp van het Bathse Spuikanaal. Men raadplege met name de Berichten 80 en 82 (mei en november 1977), 89 (augustus 1979) en 96 (mei 1981). In dit artikel wordt ingegaan op de uitvoering van het werk. Voorafgaande aan het baggerwerk van het spuikanaal zijn in den droge de oevers gemaakt. Dit werk omvatte het maken van de onderhoudsweggetjes en ontgraving van de kanaalinsteeke tot N.A.P. - 1,50 m. De droog ontgraven specie is deels verwerkt in ophogingen en deels op het bestaande maaiveld in het tracé van het kanaal in depot gebracht, om later weggebaggerd te kunnen worden. Het baggerwerk is over twee bestekken verdeeld, omdat er nog onzekerheid bestaat over de datum waarop het kanaal in gebruik wordt genomen. Volgens het eerste baggerbestek wordt het gehele kanaal gegraven, behalve de toeleidingsgeul vanaf de Schelde/ Rijn-verbinding en de geul naar de Westerschelde, waaronder de doorgraving van de ringdijk om de bouwput van de Bathse Spuisluis. Ook de doorbaggering van de hoogwaterkering langs de Oosterschelde staat pas in het tweede bestek, omdat die uit veiligheidsoverwegingen pas mag worden verwijderd wanneer de compartimenteringsdammen zijn gesloten. Het gehele baggerwerk omvat 6,5 miljoen m³ specie; 5 miljoen m³ daarvan wordt omschreven in bestek I, en 1,5 miljoen m³ in bestek II. Voor de berging van de vrijkomende specie zijn verscheidene bergingslocaties gezien (Bericht 89, augustus 1979). Uiteindelijk is gekozen voor berging deels in de vloed-schaar Appelzak in de Westerschelde, deels in een voormalige zandwinput naast het Kreekraksluizencomplex in het

Markiezaatsmeer. Voor een ander deel gaat de specie naar het depot Molenplaat-West, tussen de Molenplaat en de Westelijke Markiezaatskade, en naar een specieberging in het Markiezaat, vóór Bergen op Zoom. In de Appelzak mag slechts zanderige specie worden geborgen. Om vermindering van de komberging te voorkomen mag het materiaal niet hoger worden gestort dan N.A.P. - 3,50 m.

Deze bergingslocatie strekt zich uit op zowel Nederlands als Belgisch grondgebied, daarom is over het storten van specie mede overleg gepleegd met de Antwerpse Zeediensten. Om aan de eisen te voldoen en de naastliggende vaargeul naar Antwerpen niet te verondiepen is een stortschema opgesteld in overleg met de beheerder van de Westerschelde, waarin wordt aangegeven waar in het stortgebied, afhankelijk van de getijfase, de specie telkens dient te worden geborgen. De voormalige zandwinput in het Markiezaatsmeer mag niet hoger worden gevuld dan N.A.P. - 1,00 m, om na klink van de specie voldoende diepte over te houden. Tevens moet worden voorkomen dat de specie zich over het resterende deel van het Markiezaatsmeer verspreidt. Daarom is voorgeschreven dat per dag maximaal 10 000 m³ mag worden gestort.

Met betrekking tot de berging van specie in Molenplaat-West zijn er alleen voorwaarden met betrekking tot de vulhoogte per tijdseenheid; de grondmechanische situatie vereist dat. De locatie in het Markiezaat voor Bergen op Zoom is later aan de bergingsmogelijkheden toegevoegd. Een en ander vloeide voort uit de inrichtingsplannen voor het Markiezaatsgebied en de gedachte van de gemeente Bergen op Zoom om land aan te winnen voor eventuele

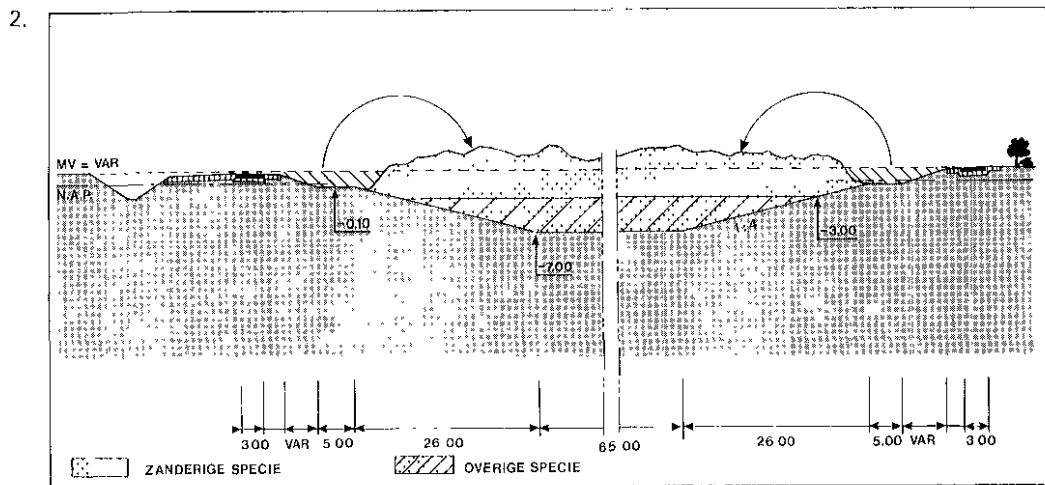


woningbouw in het Markiezaat. Voor dit werk, met werk gemaakt, is door middel van een overeenkomst tussen het Rijk en de gemeente Bergen op Zoom een financiële regeling getroffen. Het Rijk verplicht zich daarbij tot opspuiting van een gebied van 110 ha op een eindhoogte van N.A.P. + 1,50 m met zanderige specie vrijkomende uit het Bathse Spuikanaal en uit de vergroting van het bufferbekken van de Kreekraksluizen. In de overeenkomst wordt verder afgesproken dat het kanaal selectief zal worden ontgraven, zanderige zal van overige specie worden gescheiden.

Aan de hand van het geologische lengteprofiel van het kanaal is een indeling gemaakt in bruikbare zanderige en onbruikbare specie, zoals klei en veen. De bovenste ontgravingslijn is om uitvoeringstechnische redenen gesteld op N.A.P. - 3,00 m. De waterstand in het kanaal dient

Fig 1 Het Bathse Spuikanaal

Fig. 2. Ontgraving van het Bathse Spuikanaal, de pijlen laten zien waar de droog ontgraven specie is verwerkt



De maatregelen zijn erop gericht om het slib van het zand te scheiden. Daartoe is het bergingsgebied in twee compartimenten verdeeld, een landvormingscompartiment en een slibbergingscompartiment. In het landvormingscompartiment wordt de waterstand door middel van pompen laag gehouden, niet hoger dan

N.A.P. Daardoor zal met het perswater ook het aanwezige slib worden afgevoerd van het stort tot aan de waterlijn. Op het stort worden regulerende werkzaamheden uitgevoerd: met behulp van perskaden worden smalle storten gecreëerd, waardoor de stroomsnelheid op het stort hoog blijft. Het slib wordt vervolgens met het perswater naar het slibbergingscompartiment gepompt. In de slibvang krijgt het slib de gelegenheid om te bezinken. Het stortwater wordt via de slibvang en het randmeer afgevoerd naar de Oosterschelde. Het baggerwerk wordt uitgevoerd met twee cutterzuigers. De eerste zuiger is in maart 1984 op een ponton via de Schelde/Rijn-verbinding in het kanaalpand ten zuiden van de Kreekrakbrug gebracht. De 100 m brede strook tussen het Schelde/Rijn-kanaal en het Spui-kanaal werd rollend op rubberen luchtzakken

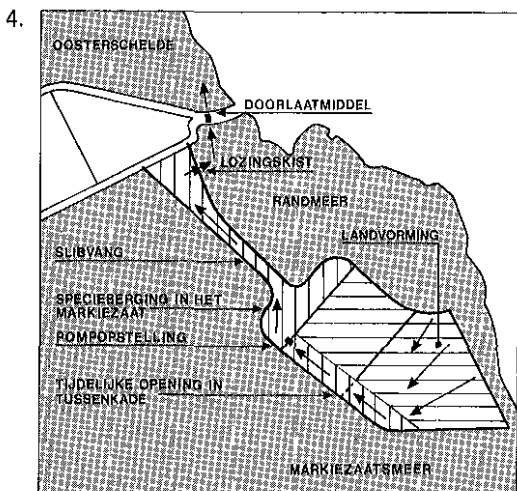
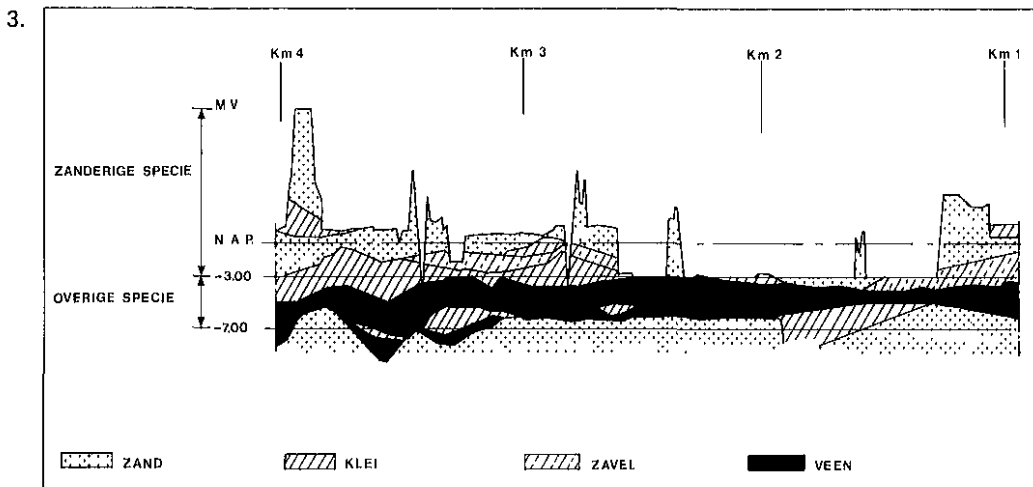


Fig 3. Geologisch lengteprofiel

Fig. 4. Speciebergings met scheiding van zand en slib

gepasseerd. Een tweede zuiger is in juli 1984 vanaf de Oosterschelde in het noordelijk kanaal-pand gebracht; de dijk tussen de Oosterschelde en het kanaalpand werd toen op dezelfde wijze genomen,

De zuigers persen de specie met behulp van drie tussenstations en een netwerk van pers-leidingen van totaal 24 km naar de depots. De grootste persafstand bedraagt 12 km. De Schelde/Rijn-verbinding wordt op twee plaatsen gekruist, één keer ten noorden van de Kreekraksluizen met behulp van een zinker en één keer over het inspectiepad van de brug ter plaatse van de Kreekrakdam in Rijksweg A58. De totale hoeveelheid baggerwerk van bestek I bedraagt 5,1 miljoen m³, die volgens onderstaande verdeling naar de depots moet worden gespoten: 2,5 miljoen m³ naar het speciedepot in het Markiezaat, 0,7 miljoen m³ naar de

Een cutterzuiger passeert de dijk tussen de Oosterschelde en het noordelijk kanaalpand

Slibvang





Appelzak in de Westerschelde, 0,9 miljoen m³ naar Molenplaat-West en 1,0 miljoen m³ naar de voormalige zandwinput bij de Kreekrak-sluizen.

Aangezien het Spuikanaal is afgesloten van het buitenwater, moet het benodigde perswater er door middel van pompen in worden gebracht. Drie van de vier aangewezen speciedepots liggen in het Oosterscheldegebied, zodat het perswater uiteindelijk via die depots in de Oosterschelde terechtkomt. Om te voorkomen dat er verontreinigd water in de Oosterschelde komt, is in het bestek voorgeschreven dat het perswater ook aan de Oosterschelde moet worden onttrokken. Dat betekent dat over een afstand van ruim 2 km Oosterscheldewater naar het kanaalpand ten zuiden van de Kreekrak-bruggen moet worden gepompt.

Ter plaatse van de bruggen over het Spuikanaal bij de Kreekrakdam moet, voordat er kan worden gebaggerd, droog grondverzet worden uitgevoerd. Deze bruggen zijn in de bestaande opritten naar de bruggen over de Schelde/Rijn-verbinding gebouwd. Om tijdens het baggeren ontoelaatbare dwarsbelasting op de pijlers te voorkomen, moet de grond tot N.A.P. in den droge worden ontgraven. De grond wordt dan op het kanaalpand opgeslagen, en later weggebaggerd.

Tijdens de uitvoering van de droge ontgraving werden verscheidene onbekende obstakels aangetroffen: tankversperringen, puin, spoorrails en bielzen. Om stagnatie bij het latere baggerwerk te voorkomen is toen besloten het droge grondwerk uit te breiden tot N.A.P. - 3,00 m. De beslissing tot dieper ontgraven is ook genomen omdat verwacht werd dat zich ter plaatse nog niet ontplofte vliegtuigbommen, zogenaamde blindgangers, zouden bevinden.

Op door de Explosieven Opruimingsdienst achterhaalde luchtfoto's van in 1944 uitgevoerde bombardementen blijkt zich juist ter plaatse van de bruggen een concentratie van bomkraters te bevinden.

Omdat magnetische detectie door de stalen brugpijlers onmogelijk wordt gemaakt, ligt ook daarom ontgraven in den droge tot grotere diepte voor de hand.

In juli 1985 was het grondwerk tussen N.A.P. en N.A.P. - 3,00 m tot ongeveer de helft gevorderd; ter plaatse van de bruggen is één bom gevonden en onschadelijk gemaakt.

Opgemerkt wordt dat bij de eerder genoemde kanaalinsteken tot ongeveer 100 m ten zuiden van de bruggen reeds dertien stuks 500 ponds-vliegtuigbommen zijn gevonden en onschadelijk gemaakt. In enkele gevallen moest daarbij het weg-, trein- en scheepvaartverkeer gedurende een half uur worden stilgelegd.

De baggerwerkzaamheden volgens bestek I zullen naar verwachting eind 1985 gereed komen.

Volgens de huidige planning dient het Bathse Spuikanaal op 1 juli 1987 operationeel te zijn.

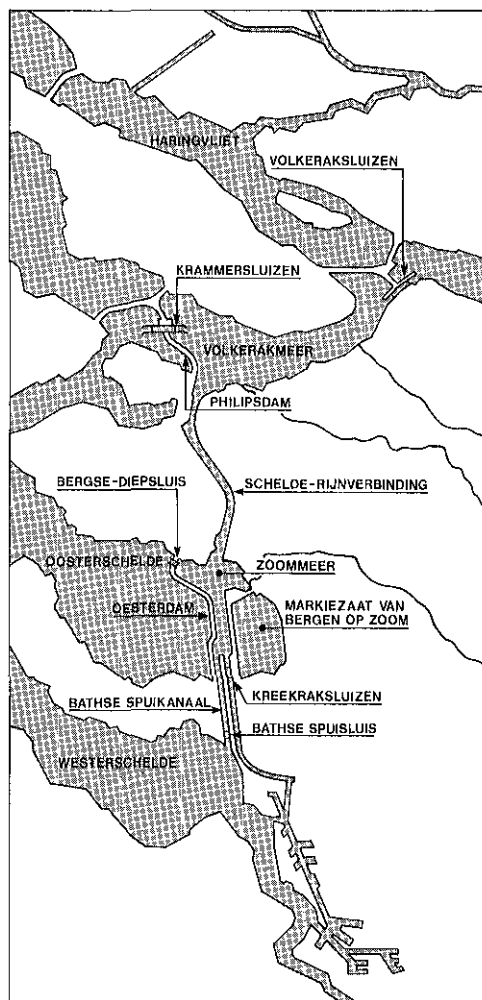
Berekeningen met verscheidene modellen laten zien dat de waterkwaliteit van het toekomstige Volkerak/Zoommeer achter de compartimenteringsdammen in de Oosterschelde niet veel zal afwijken van die in andere zoetwaterbekkens die met Rijn- en Maaswater worden gevoed. Eén van de belangrijkste waterkwaliteitsproblemen in deze meren is dat het rivierwater, behalve dat het een hoog zoutgehalte heeft en allerlei toxische stoffen meevoert, ook bijdraagt aan een verhoogde belasting met nutriënten, zoals stikstofverbindingen en fosfaten, de voedingsstoffen voor algen. Het uiteindelijk gevolg is dan een overmatige groei van bepaalde soorten algen, ook wel eutrofiëring genoemd.

Voedingsstoffen worden in zo grote hoeveelheden door de rivieren aangevoerd, omdat die tijdens hun loop naar zee in hoge mate belast worden met huishoudelijk en industrieel afvalwater.

De door de Philips- en Oesterdam van de Oosterschelde afgesloten rivierstukken zullen samen met de Eendracht – een gedeelte van de Schelde/Rijn-verbinding – en het Bathse Spuikanaal naar de Westerschelde een nieuw zoetwaterbekken gaan vormen. Het noordelijk deel daarvan wordt Volkerakmeer genoemd en het zuidelijke Zoommeer. Een deel van het Zoommeer, het Markiezaat van Bergen op Zoom, is omringd met een kade en daardoor onttrokken aan het regiem van het Zoommeer. Uit figuur 1 blijkt dat het nieuwe bekken een verlenging zal worden van het benedenrivieren-gebied. Het neemt een belangrijke plaats in in de waterhuishouding van Zuidwest-Nederland. Het bekken wordt gevormd om een aantal redenen. Allereerst omdat de Schelde/Rijn-verbinding een getijloze scheepvaartverbinding moet worden, zoals in het tractaat met België is vastgelegd. Het is daarnaast ook nodig om te zorgen dat het getijverschil op de Oosterschelde groot genoeg blijft. De polders en de Brabantse riviertjes krijgen nu een vrije afwatering, en de Oosterschelde wordt veel minder belast met zoet water. Tegelijk wordt de verzilting van het noordelijk Deltabekken tegengegaan, zodat de landbouw de beschikking krijgt over meer zoet water.

Het water in het nieuwe zoetwaterbekken zal voornamelijk afkomstig zijn van de Rijn en de Maas. Via de Volkeraksluizen kan per seconde maximaal 300 m³ water worden ingelaten vanuit het Hollands Diep. Ook zal een aantal polders water op het Volkerakmeer gaan lozen, en

De waterkwaliteit van het toekomstige Volkerak- en Zoommeer



enkele Brabantse riviertjes. Op het Zoommeer lozen de Zoom en enkele polders. De verbinding tussen het Volkerakmeer en de Oosterschelde wordt gevormd door de Krammersluizen, die zijn voorzien van een systeem om zoet en zout water van elkaar te scheiden. Daarmee wordt voorkomen dat er teveel zout water in het Volkerakmeer terecht komt. De Oesterdam vormt de scheiding tussen het Zoommeer en de Oosterschelde. De Kreekraksluizen verbinden het Zoommeer met het Antwerpse Kanaal; ook zij zijn voorzien van een zoet/zout-scheidingssysteem. Overtoellig water kan via de Bathse Spuisluis naar de Westerschelde worden afgevoerd. De capaciteit van dit spuikanaal is 100 m³ per seconde. Het Volkerakmeer/Zoommeer zal hoogstwaarschijnlijk een vast peil krijgen op N.A.P. Het beleid is erop gericht van het gebied een multifunctioneel zoetwaterbekken te maken. Het beleid zal worden uitgevoerd aan de hand van een waterhuishoudkundig beheersplan waarin onder meer het doorspoelbeheer wordt omschreven, en een inrichtingsplan met locaties voor recreatiefaciliteiten. Eventueel zullen nog aanvullende civiele werken worden uitgevoerd. Om plannen te kunnen opstellen is vooraf inzicht noodzakelijk in de te verwachten waterkwaliteit. Daartoe is een aantal verschillende voorspellingsmethoden gebruikt om de gevolgen van de nutriëntenbelasting te bepalen. De methoden worden hierna kort omschreven, en de belangrijkste resultaten besproken.

Voorspellingsmethoden

Waterkwaliteitsvoorspellingen met betrekking tot de eutrofiëring zijn met name gericht op voorspellingen van nutriënten en algenconcentraties. De hoeveelheid algen wordt meestal uitgedrukt in chlorofyl, de hoeveelheid groen pigment die in algen voorkomt. De produktie van algen vindt plaats onder invloed van het zonlicht en onder opname van de in het water aanwezige voedingsstoffen, waarvan fosfor, stikstof en silicium de belangrijkste zijn. Komen de nutriënten in geringe hoeveelheden voor, dan bepaalt de nutriënt waarvan relatief het minst aanwezig is, de algenbiomassa. Komen de nutriënten in overmaat voor, dan bepaalt de hoeveelheid licht-energie de bovengrens van de algenbiomassa. Processen die kunnen zorgen voor vermindering van de hoeveelheid algen zijn sterfte, sedimentatie, consumptie door dierlijke organismen als watervlooien, en uitspoeling. De sterfte van algen hangt waarschijnlijk samen met factoren als nutriënten- en lichtbeperking en een dalende

watertemperatuur in het najaar. Graas, consumptie van algen door dierlijke organismen, kan de hoeveelheid algen op een laag niveau houden bij een relatief hoge produktie. Uitspoeling is alleen van betekenis als de verblijftijd kort is.

Op grond van metingen in vijftig Nederlandse meren heeft de Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (CUWVO) een aantal relaties vastgesteld waarmee de bovengrens van het zomergemiddelde van het chlorofylgehalte kan worden bepaald in relatie tot het onderwaterklimaat en de gehalten aan totaal fosfaat en totaal stikstof (figuur 2). De optredende bovengrens is het minimum van de bovengrenzen bij respectievelijk licht-, fosfaat- en stikstofbeperking. Aangezien de bovengrens bij deze relatie hoogstwaarschijnlijk bepaald wordt door meren waarin de beperking van de algenbiomassa door zoöplankton of uitspoeling minimaal is, zijn de berekende verwachtingswaarden voor de bovengrens van het chlorofylgehalte over de zomer in feite pessimistisch.

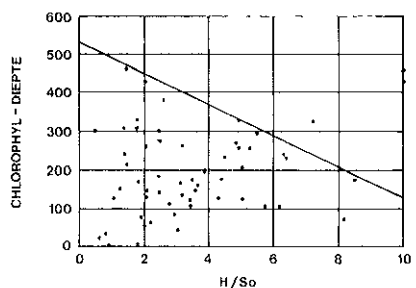
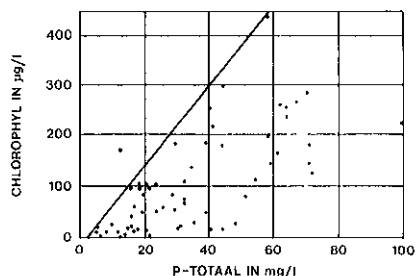
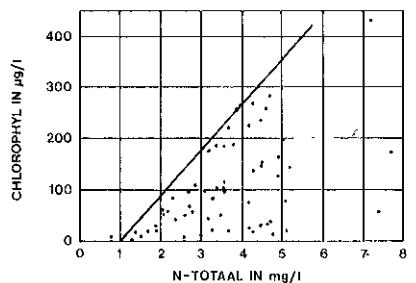
Een andere benadering is die van Vollenweider. Vollenweider heeft een relatie vastgesteld tussen het zomergemiddelde chlorofylgehalte, de fosfaatbelasting en de verblijftijd.

Deze methode tracht door middel van een eenvoudige massabalansvergelijking en statistische relaties tot een voorspelling van de algenbiomassa te komen; hij veronderstelt dat de meren fosfaatbeperkt zijn (figuur 3).

Bij het opstellen van de relatie zijn waarschijnlijk ook stikstof- en lichtbeperkte meren betrokken; eveneens werden impliciet de graas door zoöplankton en andere sterfteprocessen van het fytoplankton meegenomen.

Lijnrecht tegenover deze eenvoudige statistische benaderingen staat de aanpak van BLOOM II/CHARON. Dit model is een koppeling van het algenbloei-model BLOOM II en het chemisch model CHARON, beide door het Waterloopkundig Laboratorium in Delft ontwikkeld, in samenwerking met de Hoofdafdeling Milieu en Inrichting van de Deltadienst.

In het model BLOOM II/CHARON zijn de belangrijkste processen die zich in het water afspelen in wiskundige formules vastgelegd. Daarmee worden de chemische watersamenstelling en de hoeveelheid algen berekend. Het model levert voor elk tijdstip de uitvoer van de hoeveelheden van tien algensoorten, de concentratie van chlorofyl en de verdeling van de nutriënten stikstof, fosfor en silicium over algen en de overige verbindingen, zoals nitraat en ammonium; bovendien de concentraties van alle gemodelleerde verbindingen, zoals de zuurgraad en de zuurstofconcentratie.



Het zal duidelijk zijn dat de uitkomsten van een model als dit slechts juist kunnen zijn als de processen op juiste wijze zijn geformuleerd, en als de waterkwaliteit ook inderdaad bepaald wordt door die processen. Op een aantal essentiële punten is onze proceskennis momenteel nog zo beperkt dat de prognoses met enig voorbehoud behandeld dienen te worden. Voor de jaren 1974, 1975 en 1976 – representatief voor respectievelijk een nat, een gemiddeld en een droog jaar – is de waterkwaliteit berekend van het Volkerakmeer en Zoommeer bij een aantal varianten. Eerst werd verondersteld dat het Volkerakmeer en het Zoommeer een vast peil zouden hebben van N.A.P., en dat er geen doorspoeling zou zijn naar de Westerschelde via het Bathse Spuikanaal. Alleen het peil blijft gehandhaafd. Daarna was de veronderstelling: peil op N.A.P. en achter-

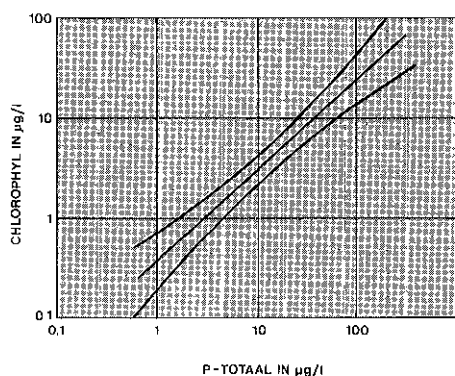


Fig. 2. Model voor de berekening van het gemiddelde chlorofyl-gehalte in het zomerhalfjaar

Fig. 3 Berekening volgens het Vollenweider-model, met 95% betrouwbaarheidsinterval

Fig. 4 Chlorophylconcentraties berekend met BLOOM II/CHARON voor de verschillende doorspoelalternatieven voor het Volkerak- en Zoommeer

eenvolgens continu 25 m³/s, 50 m³/s en 100 m³/s doorspoeling naar de Westerschelde. Het Volkerak/Zoommeer zal hoofdzakelijk gevoed worden met een mengsel van Rijn- en Maaswater. Het zal een hoge nutriëntenbelasting hebben en een relatief korte waterverblijftijd. Gezien de watertoevoeren en wateronttrekkingen zal in een gemiddeld jaar bij een vast peil van N.A.P. op het Volkerakmeer en het Zoommeer 30 m³/s moeten worden ingelaten via de Volkeraksluizen. Beschouwt men de waterbalansen van een gemiddeld jaar zonder doorspoeling, dan blijkt dat de inlaat via de Volkeraksluizen en de polderbelasting de grootste belastingsbronnen zijn voor het Volkerakmeer: respectievelijk 70 en 22 procent.

De onttrekkingen bestaan hoofdzakelijk uit de uitlaat naar het Zoommeer en het waterverbruik

door de Krammersluizen: achtereenvolgens 52 en 37 procent.

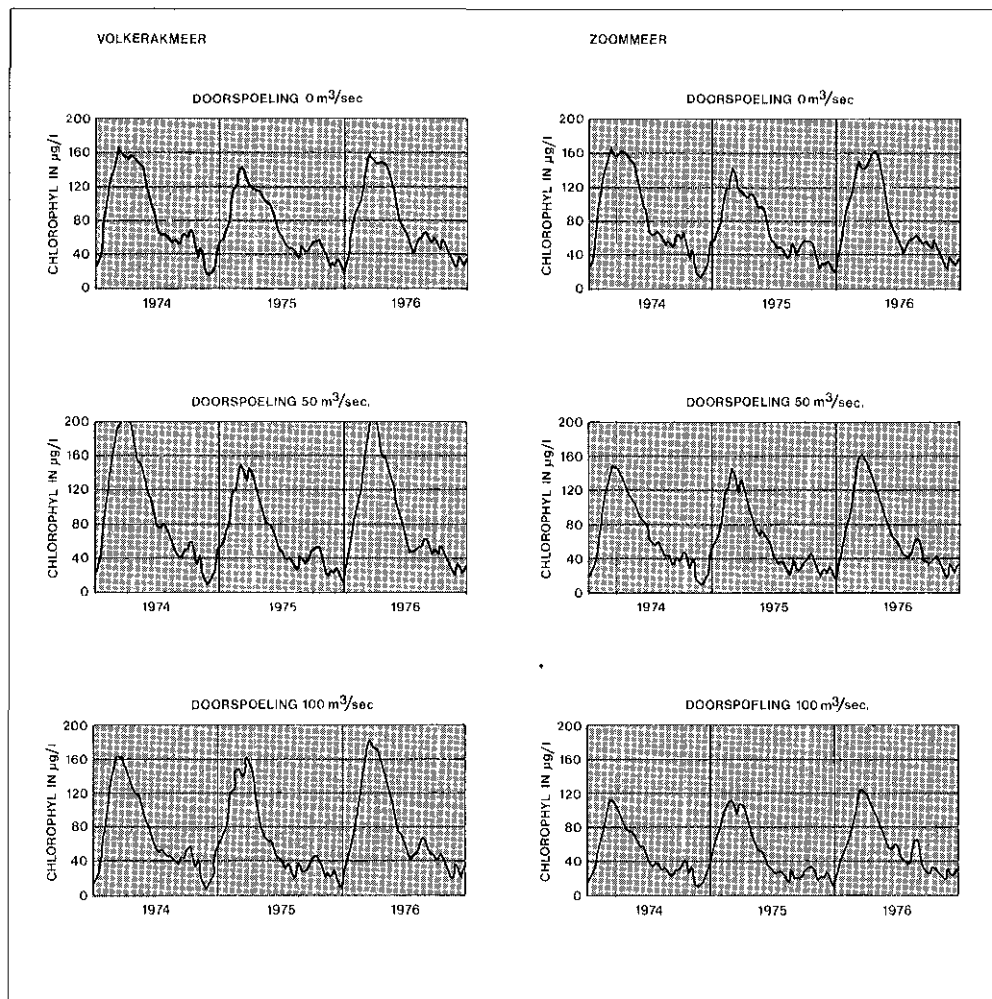
Het Zoommeer wordt voor 86% gevoed met water uit het Volkerakmeer. Van de onttrekkingen vormt het waterverbruik door de sluisen 89%.

Resultaten

In tabel 1 staan de chlorofylverwachtingswaarden vermeld met de bijbehorende beperkende factor met betrekking tot de verschillende varianten voor het gemiddelde jaar 1975, berekend volgens het CUWVO-model.

Tabel 1: Chlorofylverwachtingswaarden Volkerakmeer en Zoommeer, berekend volgens het CUWVO-model

Variant		Verwachtingswaarde van chlorofyl ($\mu\text{g/l}$) bij beperking van						Minimum		Beperkende factor	
		licht		N		P		Volk.	Zoom.	Volk.	Zoom.
		Volk.	Zoom.	Volk.	Zoom.	Volk.	Zoom.				
1	Doorspoeling $0 \text{ m}^3/\text{s}$	82	82	330	280	245	140	82	82	licht	licht
2	25	82	82	330	300	245	170	82	82	licht	licht
3	50	82	82	330	315	250	190	82	82	licht	licht
4	100	82	82	340	330	255	210	82	82	licht	licht



4.

Hieruit volgt dat de bovengrens van de concentratie van chlorofyl voor zowel het Volkerakmeer als Zoommeer op 82 µg/l zal liggen. De beperkende factor is in alle gevallen de hoeveelheid lichtenergie; de concentratie van chlorofyl is bovendien voor alle varianten dezelfde.

Omdat deze volgens de CUWVO-methode berekende concentraties van chlorofyl voor 1974 en 1976 bij lichtbeperking gelijk zijn aan die voor 1975 volgt daaruit dat de berekende concentraties van chlorofyl voor alle varianten en voor 1974, 1975 en 1976 gelijk zijn. De concentratie bedraagt 82 µg/l voor het Volkerakmeer en Zoommeer. In alle gevallen is lichtenergie de beperkende factor.

Een indruk van de voorspellende waarde van de methode is te vinden in tabel 8 van het CUWVO-rapport. Daar zijn voor 50 Nederlandse wateren de op bovenstaande wijze berekende bovengrenzen van de concentraties van chlorofyl vermeld.

Voor 26 van de 50 wateren kon de concentratie in redelijke mate voorspeld worden. In de overige 24 wateren bepalen blijkbaar andere factoren de algenbiomassa, die dan lager uitvalt.

De volgens Vollenweider berekende concentraties van totaal fosfaat en chlorofyl voor 1975 en de varianten zijn vermeld in tabel 2.

Uit de tabel blijkt dat het verschil tussen de varianten gering is, hoewel de laagste waarden wel altijd voorkomen bij minimale doorspoeling. Voor het Volkerakmeer laten zich zomerhalfjaargemiddelde concentraties berekenen van 70-80 µg/l, voor het Zoommeer van 45-65 µg/l. De afwijkingen voor 1974 en 1976 ten opzichte van 1975 zijn zo klein dat ze niet vermeld behoeven te worden.

Het model BLOOM II/CHARON berekent de over tien dagen gemiddelde chlorofylconcentratie. Voor het Volkerakmeer en Zoommeer is die in figuur 4 voor drie varianten weergegeven. In het algemeen zijn de verschillen tussen het Volkerakmeer en

Zoommeer en de drie varianten niet groot. Doorspoeling via het Bathse Spuikanaal verbetert de waterkwaliteit slechts in geringe mate. Het verloop van de concentratie van chlorofyl lijkt op dat in veel andere zoetwaterbekkens: in het voorjaar worden hoge waarden bereikt tijdens de bloei van kiezelalgen. Vervolgens nemen groenalgen en flagellaten het over op een lager niveau, waarna in de nazomer en het najaar blauwalgen de overhand krijgen. De gemiddelde concentratie van chlorofyl in het Volkerakmeer is bij de drie varianten min of meer gelijk.

Bij een doorspoeling van 50 m³/s is de concentratie wat hoger dan zonder doorspoeling, omdat er meer nutriënten worden aangevoerd en uitspoeling nog vrijwel geen rol speelt.

Bij doorspoeling met 100 m³/s is de concentratie wat lager dan zonder doorspoeling, omdat de uitspoeling dan een geringe rol gaat spelen. De gemiddelde concentratie van chlorofyl in het Zoommeer neemt bij doorspoeling met 50 en 100 m³/s af, doordat de afbraak en sedimentatie van de uit het Volkerakmeer aangevoerde algen onvoldoende gecompenseerd kan worden door nieuwvorming van algen: de uitspoeling zorgt voor een flinke verlaging van het productiepotentieel. Wordt alleen het peil gehandhaafd, dan is er geen verschil tussen het Volkerakmeer en het Zoommeer; de chlorofylconcentratie bedraagt dan 80 µg/l. Bij doorspoeling met 50 en 100 m³/s neemt het verschil toe, doordat de concentratie van chlorofyl in het Volkerakmeer min of meer gelijk blijft, en de concentratie in het Zoommeer steeds afneemt.

Toetsing

Alleen de door BLOOM II/CHARON berekende concentraties van de gemodelleerde parameters kunnen vergeleken worden met de internationale normen voor de basiskwaliteit; de beide andere methoden berekenen alleen zomergemiddelde concentraties. De normen waaraan de kwaliteit van het oppervlaktewater minimaal moet voldoen, staan in tabel 3 vermeld, en ook in welk percentage van de tijd er aan de normen voldaan wordt, uitgaande van de door BLOOM II/CHARON berekende concentraties.

In het algemeen kan gezegd worden dat in redelijke mate aan de normen voor de minimum-waterkwaliteit wordt voldaan.

Aan de norm voor doorzicht, zuurstof, zuurgraad en ammonium wordt altijd voldaan. De norm voor totaal fosfor wordt alleen gehaald als er geen doorspoeling plaatsvindt. De norm

Tabel 2: Concentraties totaal fosfaat en chlorofyl in resp. mg/l en µg/l, volgens Vollenweider

Doorspoeling	Volkerakmeer		Zoommeer	
	totaal fosfaat	chlorofyl	totaal fosfaat	chlorofyl
0 m³/s	0.33	74	0.20	49
25	0.34	75	0.24	57
50	0.34	76	0.26	61
100	0.35	77	0.29	66

Tabel 3: Vergelijking van de waterkwaliteit in het Volkerak- en Zoommeer met internationale normen.

norm		perc. van de 108 tientallen dagen tussen 1974 en 1977 waarin aan de normen voldaan werd					
		Volkerakmeer			Zoommeer		
		Doorspoeling m ³ /s					
		0	50	100	0	50	100
doorzicht	> 0,5 m nzh ¹	100	100	100	100	100	100
zuurstof	> 5,0 mg/l	100	100	100	100	100	100
zuurgraad	6,5-9	100	100	100	100	100	100
totaal fosfor	< 0,2 mg P/l nzh	83	0	0	11	11	0
totaal stikstof	< 2,0 mg N/l nzh	0	0	0	0	0	0
ammonium	< 1,0 mg N/l	100	100	99	100	100	100
chlorofyl	< 100 µg/l nzh	70	70	70	67	78	95

¹ nzh = norm geldt alleen voor zomerhalfjaar.

Tabel 4: Berekende chlorofylconcentraties in µg/l.

methode	Volkerakmeer			Zoommeer		
	doorspoeling m ³ /s			doorspoeling m ³ /s		
	0	50	100	0	50	100
CUWVO	82	82	82	82	82	82
Vollenweider	74	76	77	49	61	66
BLOOM II/ CHARON	80	85	75	80	70	55

voor totaal stikstof wordt nooit gehaald. De norm voor chlorofyl wordt in het Volkerakmeer in 30% van de tijd overschreden, en in het Zoommeer zonder doorspoeling in 30% van de tijd. Bij 50 m³/s doorspoeling is dit getal 20, en bij 100 m³/s doorspoeling slechts 5.

Samenvatting

De met de verschillende methoden berekende verwachtingswaarde voor chlorofyl bij de doorspoelvarianten zijn samengevat in tabel 4.

Elk van de gebruikte methoden heeft zijn beperkingen, en aan geen der methoden kan een absolute waarde worden toegekend. De berekende concentraties moeten derhalve met enige voorzichtigheid worden gehanteerd. Vermoedelijk geven de resultaten van de CUWVO-enquête en BLOOM II/CHARON een redelijke indruk van de te verwachten chlorofylconcentratie in de nieuwe meren.

Toetsing aan de internationale normen voor minimum-waterkwaliteit laat zien dat daaraan in redelijke mate zal worden voldaan. De berekende resultaten tonen voorts dat doorspoeling via het Bathse Spuikanaal de waterkwaliteit niet of slechts in geringe mate ver-

betert. De primaire functie van het Bathse Spuikanaal zal dus die van lozingsmiddel van overtollig water naar de Westerschelde zijn.

Aangaande de chlorofylberekeningen kunnen nog enkele opmerkingen worden gemaakt. In het Volkerakmeer/Zoommeer zullen grote ondiepe gedeelten gaan voorkomen. De chlorofylconcentratie zou daar weleens veel hoger kunnen worden. Ditzelfde geldt voor beschutte plaatsen, zoals haventjes.

Een bijkomend nadeel is dat de kans op het voorkomen van blauwalgen op deze plaatsen veel groter is. BLOOM II/CHARON geeft overigens ook al aan dat er vermoedelijk blauwalgen voor zullen gaan komen. Met de invloed van waterplanten is geen rekening gehouden.

De vraag doet zich voor of er een ongewenste ontwikkeling denkbaar is, zoals de Randmeren die vroeger te zien hebben gegeven, waarbij plotseling een algensoort – zoals *Oscillatoria* – dominant wordt en zich onder de heersende milieu-omstandigheden weet te handhaven, zodat hij voor lange tijd de dominante algensoort blijft. Daar de oorzaak van de plotselinge dominantie van *Oscillatoria* in de Randmeren nog niet geheel duidelijk is, kan een soortgelijke ontwikkeling niet worden uitgesloten; wel moet de kans erop in het Volkerakmeer/Zoommeer op grond van de huidige kennis geringer worden geacht dan in de Randmeren.

Nogmaals moet erop worden gewezen dat de berekende concentraties van chlorofyl, gezien de aard van de gebruikte modellen, meer als bovengrens moeten worden gezien, bijvoorbeeld omdat in de gebruikte modellen met graas door zoöplankton of andere factoren die de chlorofylconcentratie zouden kunnen verlagen, geen of onvoldoende rekening is gehouden.

De hoogwaterkering van de provincie Groningen kan, gerekend naar de ligging, worden verdeeld in drie trajecten. Het langste daarvan loopt langs de Waddenzee, van Lauwersoog tot de Eemshaven. Het tweede volgt de Eems, tussen de Eemshaven en Landpunt Reide. Het derde is dat langs de Dollard, tot de Duitse grens.

Verhoging van de zeedijken langs de noordkust van Groningen

Al in 1958 werd het eerste gedeelte van de Groninger zeedijken op Deltahoogte gebracht. Het betrof een dijkvak van 300 m langs het industrieterrein te Delfzijl. Begonnen werd vervolgens met de verzwaring van de zeedijk langs de Eems, omdat achter dit dijkvak het laagste deel van de provincie ligt – lager dan N.A.P. – 1 m –, terwijl er bovendien nagenoeg geen tweede kering aanwezig is.

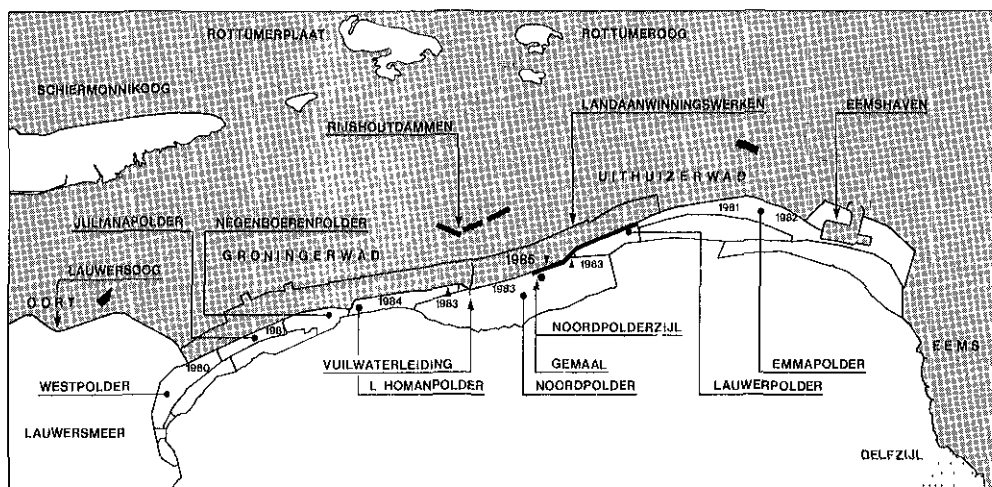
In de Berichten 14 (november 1960) en 28 (mei 1964) is aandacht besteed aan het verzwaren van enkele gedeelten van de Eemsdijken. In 1975 werd de verhoging van vrijwel het gehele dijkvak langs de Eems tot aan de Oostpolder voltooid, hetgeen een investering vereiste van rond 60 miljoen gulden.

Van de 101 km zeedijk rond de provincie is thans, eind 1985, 98 km op Deltahoogte. Het laatste dijkvak langs de noordkust, het gedeelte

Noordpolderzijl-Emmapolder, is eind dit jaar verzwwaard. In 1986 zal, als afsluiting van het werk aan de noordkust, de werk- en onderhoudsweg langs de zeedijk worden hersteld.

Van de 15 km lange Dollarddijk is dit jaar tweeënhalve km van het waterschap Fiemel verzwwaard. Nog niet op Deltahoogte is een stuk van 3 km van het meest oostwaartse deel van de Dollarddijken, van het waterschap Reiderzijlvest en het Rijk.

Fig. 1. Noord-Groningen met dijkverhogingen, land-aanwinningswerken en polders



Volgens planning zullen eind 1986 alle zeedijken gereed zijn, op een halve kilometer rijkszeedijk na te Nieuwe Statenzijl, aan de Duitse grens. In het vervolg van dit artikel zal nader worden ingegaan op de verzwaring van de noordelijke zeedijk, langs de Waddenzee. In een volgend artikel komen dan de werken langs de Dollard aan de beurt.

Na de verhoging van de Eemsdijken is vrijwel aansluitend begonnen met de dijkverhoging langs de noordkust. Dit dijkvak heeft drie beheerders. De provincie beheert de afsluitdijk van de Lauwerszee, het waterschap Ommelanderveedijk de zeedijk tussen de Lauwerszee en de Emmapolder en de Rijkswaterstaat voert het beheer over de Emmapolder- en Eemshavendijk.

In vorige Berichten werd aan de afsluitdijk van de Lauwerszee reeds ruime aandacht besteed. De Lauwerszee werd in de zestiger jaren afgedamd door de Dienst Lauwerszeewerken van de Rijkswaterstaat. De afsluitdijk is aangelegd op Deltahoogte. De zeedijk van het waterschap begint bij de aansluiting van de Lauwerszeedijk op het Groningse vasteland en strekt zich uit over een lengte van 26 km langs de Westpolder, Julianapolder, Negenboerenpolder, L. Homanpolder, Noordpolder en Lauwerpolder. Het behorende waterschap omvat een omslagplichtig gebied van 105 000 ha, ongeveer de helft van de provincie. Het werd in 1967 opgericht, toen verscheidene kleine kustwaterschappen het dijkbeheer overdroegen, met het oog op de komende dijkverhoging. De Provinciale Waterstaat werd belast met de voorbereiding en de directie van het werk. De ruim 9 km lange Rijkszeedijk van de Emmapolder, die aan de oostzijde aansluit op de waterschapdijk, is in de jaren 1981 en 1982 op Deltahoogte gebracht. De 16 km zeedijk rond het Eemshaventerrein is in 1972 direct op Deltahoogte aangelegd.

Kustbescherming

Het kustverdedigingssysteem langs de Waddenzee bestaat in feite uit drie linies. De Waddeneilanden en de hogere zandplaten tussen de zeegaten schermen de Waddenzee af tegen golfaanvallen uit de Noordzee. In tweede linie zorgt de ondiepe Waddenzee met de slikvelden en kwelders voor de zeedijk er voor dat de golven sterk worden afgeremd, *waardoor de zeedijken, de derde linie, minder zwaar worden aangevallen.* Doordat hier met name in de vorige eeuw veel indijkingen hebben plaatsgevonden, waarbij de oude zeedijken

intact werden gelaten, ligt achter de primaire zeedijken een vrij uitgebreid stelsel van reservewaterkeringen.

Op advies van de door de Provinciale Staten van Groningen ingestelde Commissie Beveiliging Noordkust Groningen is in 1967 op economische gronden definitief besloten tot verhoging van de bestaande zeedijk, in plaats van de aanleg van een nieuwe zeedijk op drie of anderhalve km zeewaarts, waardoor een 3800 ha groot slikgebied voor de akkerbouw zou zijn ingepolderd. Nu blijven deze zogenoemde landaanwinningswerken buitendijks.

Van het bestaande dijktracé is op twee plaatsen afgeweken door het afsnijden van haakse bochten in de zeedijk aan weerszijden van de Noordpolder. Een derde bochtafsnijding voor de Negenboerenpolder is niet uitgevoerd, omdat dit op grote bezwaren stuitte van milieuinstanties. Deze kwelder heeft als hoogwater-vluchtplaats en broedgebied voor wadvogels namelijk een grote natuurwaarde.

Bij het bepalen van de golfoploop en de daarbij behorende kruinhoogte en de aanleghoogte van de teenconstructie van de Ommelanderveedijk is erop gerekend dat de ervoor liggende hogere kwelders in stand zullen blijven. Een hoog voorland leidt tot geringere golfaanval op de dijk, zodat de teenconstructie minder diep kan worden aangelegd. De zeewaarts van de oude kwelders gelegen landaanwinningswerken, belangrijk voor de bescherming ervan, worden onderhouden door de Rijkswaterstaat, door middel van graafwerk en het onderhouden van een netwerk van rijshoutdammen.

Deltahoogten van de Ommelanderveedijk en de Emmapolderdijk zijn bepaald met behulp van golfhoogte- en golfoploopberekeningen van de Meet- en Adviesdienst van de Rijkswaterstaat te Delfzijl. Metingen in de natuur werden daartoe geëxtrapoleerd naar omstandigheden tijdens een superstorm.

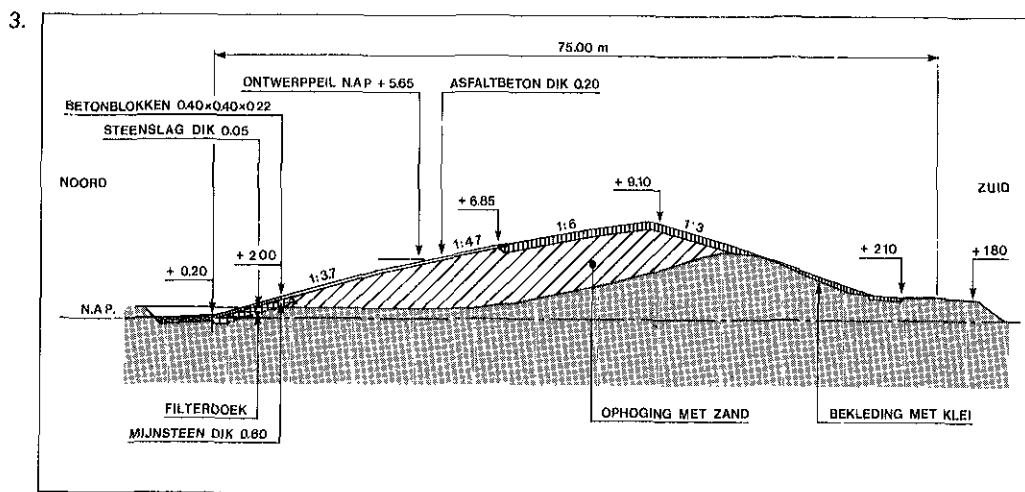
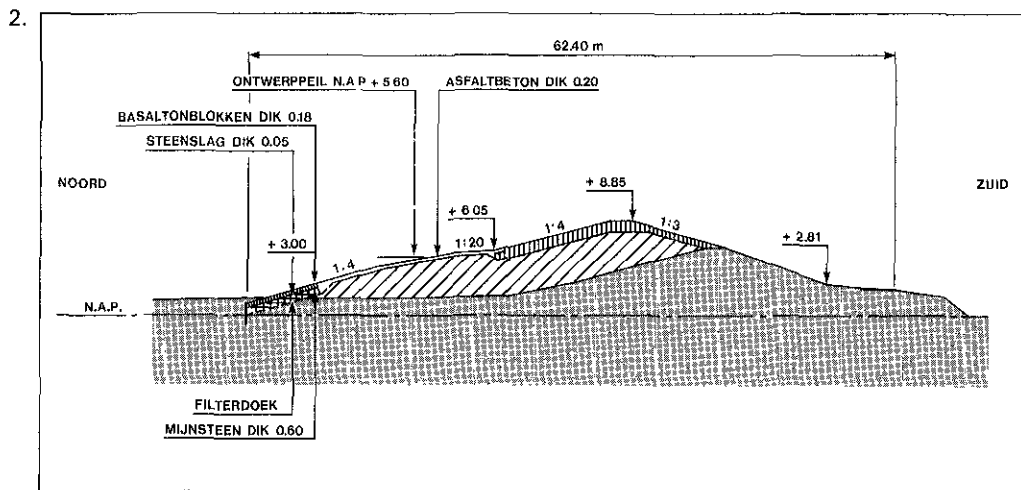
De significante golfhoogten vóór de zeedijk variëren van 1,5 m bij de Noordpolder tot 2,0 m bij de Emmapolder.

De Deltahoogte van de Ommelanderveedijk is als volgt bepaald: van het basispeil N.A.P. + 5,80 m, dat een overschrijdingsfrequentie heeft van eens in de tienduizend jaar, werd 20 cm economische reductie afgetrokken. Zo kwam men op een ontwerppeil van N.A.P. + 5,60 m. Daarbij opgeteld 20 cm voor de relatieve zeespiegelrijzing en 3,05 m voor golfoploop, moet de Deltahoogte 8,85 m bedragen boven N.A.P.

De Deltahoogte van de Emmapolderdijk bedraagt grotendeels N.A.P. + 9,10 m. Voor

de Emmapolder ligt, anders dan voor de Ommelanderveedijk, nagenoeg geen kwelder. De voor de zeedijk gelegen landaanwinningsswerken, die destijds zijn uitgevoerd om te voorkomen dat de dijkteen door erosie van het voorland zou worden ondermijnd, zijn na de dijkverhoging vrijwel geheel tot stilstand gekomen. In verband hiermee is de teen van de Emmapolderdijk aangelegd op N.A.P. + 0,20 m, lager dan die van de Ommelanderveedijk, die op N.A.P. + 0,90 m tot N.A.P. + 1,80 m ligt; daarbij is rekening gehouden met enige erosie van het voorland. Voor de verhoging van de Emmapolder was geen grondaankoop nodig, omdat alle gronden hier al Rijkseigendom zijn. Het eigendom van de Ommelanderveedijk berustte vóór de dijkverzwaring bij ruim 60 oevereigenaren. De verwerving van de benodigde gronden langs de dijk en van de dijk

Fig. 2 en 3. Dwarsprofiel van de Ommelanderveedijk (2) en de Emmapolderdijk



zelf, door het waterschap, ging niet zonder slag of stoot.

De eigenaren, verenigd in de Vereniging van Oevereigenaren, hebben in de zestiger jaren sterk aangedrongen op de aanleg van een geheel nieuwe zeedijk op enige afstand uit de kust, waarbij het ingedijkte gebied landbouwgrond als bestemming zou moeten krijgen. Hiermee zou de traditie van indijking van aangeslibde gronden, zoals die met name in de vorige eeuw regelmatig heeft plaatsgevonden, worden voortgezet. De Commissie Beveiliging Noordkust Groningen adviseerde echter om niet in te dijken, maar over te gaan tot verzwaaring van de bestaande zeedijk.

De kustboeren waren daarop niet bereid de gronden van de zeedijk te verkopen zonder dat rekening werd gehouden met de waarde van het dijklichaam.

Door onteigening zijn de benodigde gronden uiteindelijk toch verkregen, zij het ten koste van lange procedures en een hoge prijs. Met de oevereigenaren waren zowel de Rechtbank als de Hoge Raad van mening, dat voor de bestaande dijk een belangrijke meerwaarde boven de agrarische waarde moest worden betaald, omdat het waterschap een reeds bestaand dijklichaam krijgt en zich daarmee, in vergelijking met onteigening van normale, vlakke grond, de aanvoer en verwerking van bouwstoffen voor de Deltadijk bespaart. De meerwaarde, ongeveer f 150,— per meter dijk, is gesteld op de helft van deze besparing.

Dijkconstructies

De dijken zijn aan de zeezijde verzwaaard, omdat daarmee minder of geen aankoop van landbouwgrond gemoed was en er geen problemen rezen met de afvoer van het zoute perswater bij het opspuiten van zand.

De kern van zand is vanaf de teen tot een hoogte van N.A.P. + 2,0 à 3,3 m – afhankelijk van de hoogte van het voorland – bekleed met een constructie van 20 cm dikke betonblokken op een fundering van 60 cm mijnsteen, afgevlakt met steenslag. Voor de zanddichtheid van de constructie is onder de mijnsteen een filterdoek aangebracht op het zand. De constructie is open, zodat er kort na een zeer hoge waterstand geen water-overdrukken ontstaan onder de betonblokken. Aan de teen wordt de constructie ondersteund door een palenrij met een houten schot.

Boven de betonblokken is een dichte bekleding toegepast van 20 cm waterbouwasfaltbeton, tot een hoogte van N.A.P. + 6,00 m à 6,85 m; de taludhelling bedraagt hier gemiddeld 1:4. Deze

hoogteligging is zo gekozen dat de golf onder superstorm-omstandigheden nog juist breekt op de asfaltbekleding.

De bovenste 3 à 4 m van de asfaltglooiing ligt min of meer horizontaal; deze strook kan dan ook worden bereiden met auto's en materieel voor inspectie en onderhoud. Het asfalt is afgedekt met een dichtingslaag van asfalt-bitumen, afgestrooid met steenslag.

Op de kruin en het buitentalud boven het asfalt ligt een kleibekleding ter dikte van 0,8 à 1,0 m; op het binnentalud is de dikte 0,6 m. Deze klei is ingezaaid met een graszaadmengsel en bemest, zodat zich na enkele jaren een stevige grasmat heeft ontwikkeld. De grasmat wordt kort gehouden door beweiding met schapen. Voor het dijkvak van de Noordpolder is overwogen een groene dijk te maken, omdat hier vóór de dijk een vrij brede en hoge kwelder ligt, die de golfaanval beperkt. Deze dijkconstructie zou niet verdedigd worden met asfalt, maar boven N.A.P. + 3 m worden voorzien van een kleibekleding, onder de zeer flauwe taludhelling van 1:7. Het voordeel van een groene dijk is dat die beter past in het kwelderlandschap dan een dijk met asfaltbekleding. De aanleg- en onderhoudskosten van beide typen dijkconstructie lopen in de onderhavige situatie maar weinig uiteen, mede omdat een deel van de benodigde extra klei van elders zou moeten worden aangevoerd.

Aangezien in 1981 een gedegen onderzoek naar de erosiebestendigheid van grastaluds ontbrak en vertraging in de voortgang van de dijkverhoging ongewenst was, werd van dit alternatief afgezien.

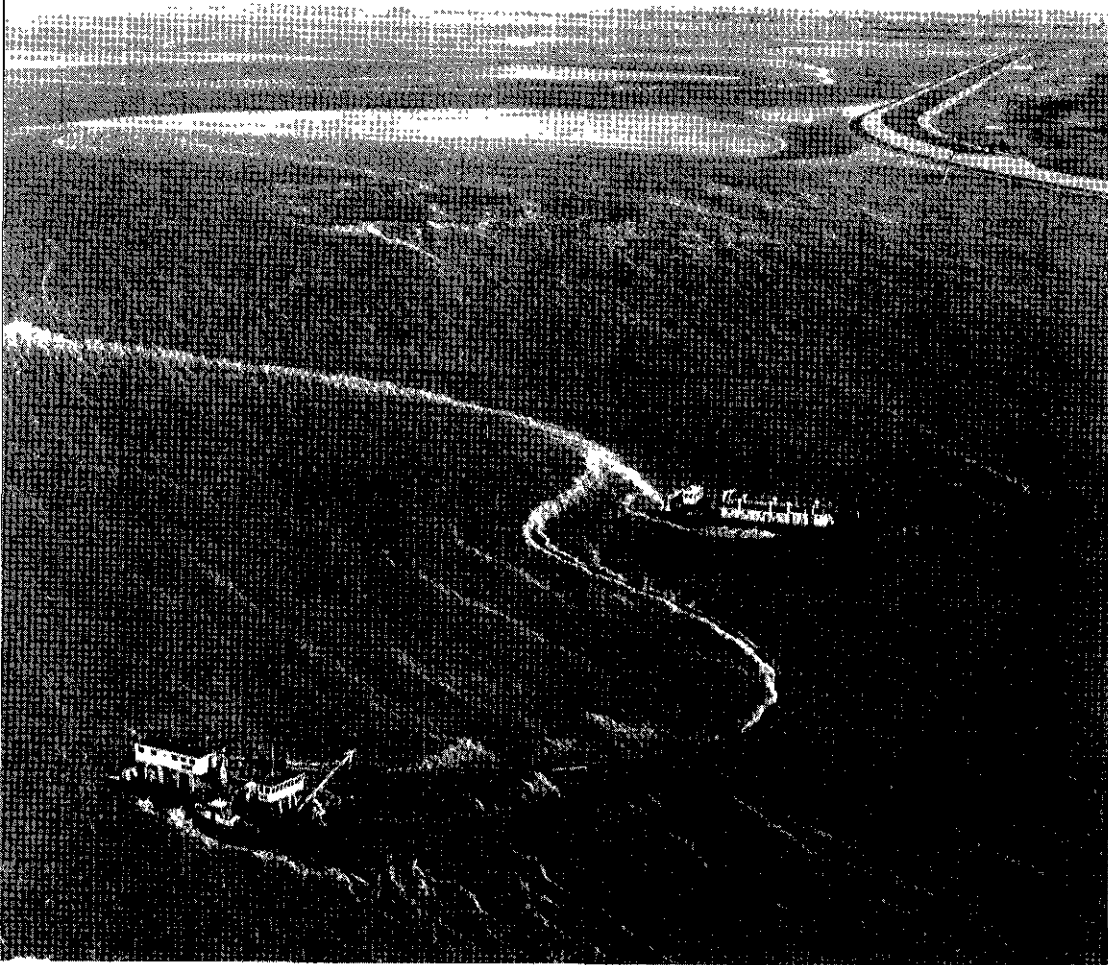
In opdracht van de Minister heeft de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen in 1984 de mogelijkheid van een zogenaamde tandemdijk onderzocht voor de Lauwerpolder, het laatst verhoogde dijkvak. De zeedijk zou dan niet op de Deltahoogte van N.A.P. + 8,85 m worden gebracht, maar op een veel lagere hoogte: tijdens een stormvloed zou dan een grote water-overslag moeten worden geaccepteerd, resulterend in een waterstand in de onbewoonde Lauwerpolder die kon worden gekeerd door de bestaande tweede kering, de slaperdijk. Uit het onderzoek is gebleken dat uitvoering van dit idee niet aantrekkelijk is, omdat het verdedigen van de kruin en het binnentalud van de zeedijk tegen grote golf-overslag en het aanpassen van de slaperdijk ongeveer evenveel zou kosten als de aanleg van een zeedijk op Deltahoogte.

Het benodigde zand voor de werken is door winzuigers vanuit de Waddenzee rechtstreeks in het werk geperst. De wingebieden zijn gekozen

in de grotere en diepere geulen. het Oort bij Lauwersoog, de Zuidoost-Lauwers en de Oude Westereems, een Duits beheersgebied. Zandwinning brengt in de grotere geulen beneden N.A.P. - 5 m weinig schade toe aan de bodemfauna, omdat die daar, in tegenstelling tot de ondiepere gebieden nabij platen en wantijen, van nature slecht is ontwikkeld. Uit peilingen blijkt dat de putten tot N.A.P. - 15 m na het beëindigen van de winningen snel weer opgevuld geraken. Bij de keuze van de wingebieden en de tracés van de persleidingen is tevens rekening gehouden met de plekken waar vaak zeehonden verblijven, en met broedgebieden in de kwelders.

Aan het waterschap Ommelanderzeedijk zijn ontgrondingsvergunningen verleend tot een totale hoeveelheid van 4 500 000 m³. Voor het verhogen van de zeedijk van de Emmapolder

Zandwinning in het Oort



zijn door Duitse instanties vergunningen verleend aan de Rijkswaterstaat voor het winnen van 1 750 000 m³ zand in de Oude Westereems.

In tabel 1 zijn de in de afgelopen jaren gewonnen hoeveelheden voor de noordelijke zeedijk aangegeven; de tabel geeft tevens een indicatie van het tempo waarin de werken zijn uitgevoerd.

De klei voor de afdekking van het binnentalud, de kruin en het bovenste deel van het buitentalud is ontleend aan de bestaande zeedijk, de kwelder binnen de dijkverbrediging, een terrein in de Emmapolder en het ingedijkte deel van de kwelder bij de bochtafsnijding op de grens van de Noordpolder en de L. Homanpolder. Het terrein hier is eigendom van de stichting 'Het Groninger Landschap'; als onderdeel van het werk werd het ingericht als natuurgebied.

Uitvoering

De Ommelanderveedijk was voorheen slecht toegankelijk door het ontbreken van goede verharde aanvoerwegen; ook in de lengterichting was langs de zeedijk nauwelijks transport mogelijk. Daarom is in 1975 allereerst begonnen met de aanleg van drie toegangswegen naar de zeedijk. De dijk was namelijk voor de uitvoering van West naar Oost verdeeld in drie panden. Voor elk pand werd in een apart bestek eerst een onderhoudsweg aangelegd op de binnenberm van de zeedijk, die tijdens de uitvoering tevens diende als werkweg.

In de bestekken zijn ook de twee bochtafsnijdingen en indijkingen opgenomen. Was de weg langs een pand eenmaal gereed, dan werd begonnen met de dijkverzwaring.

Langs de Emmapolderdijk was reeds een summiere wegverharding op de binnenberm aanwezig, die na de dijkverzwaring is vernieuwd.

De eigenlijke dijkverzwaring begon met het machinaal terzijde schuiven van de laag klei op en vóór het buitentalud. Hiermee werd op de kwelder een perskade opgeworpen, die tevens

diende als vluchtkade voor het vee op de kwelder, wanneer die bij een hogere waterstand dreigde onder te lopen. Tussen de perskade en de oude dijk werd de dijk kern opgespoten met zand. Dit zand is rechtstreeks vanuit de Waddenzee in het werk gespoten, via persleidingen over het wad. Na de ontwatering van het zand werd het meest zeewaartse deel van het stort ontgraven en overgebracht naar de nieuwe kruin, waarna men kon beginnen met de teenconstructie. Als eerste werden palen en teenschot geplaatst, dan filterdoek aangebracht en mijnsteen, afgevlakt met steenslag; tenslotte werden de betonblokken gezet. De basaltbetonblokken die in de Ommelanderveedijk zijn verwerkt, werden met de hand gezet omdat ze onregelmatig van vorm zijn. Later is een geslaagde proef uitgevoerd met het machinaal zetten. De betonblokken in de Emmapolderdijk

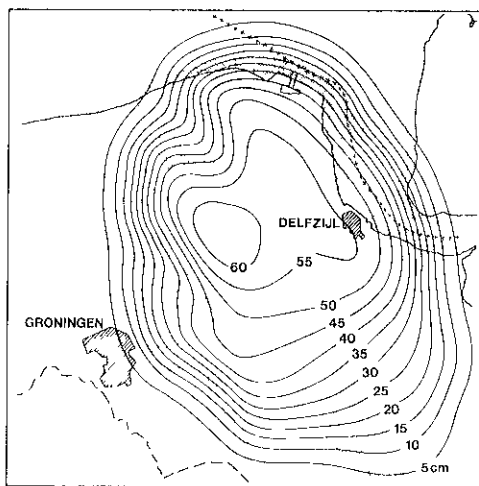


Fig. 4. Prognose van de bodemdaling ten gevolge van aardgaswinning in 1925

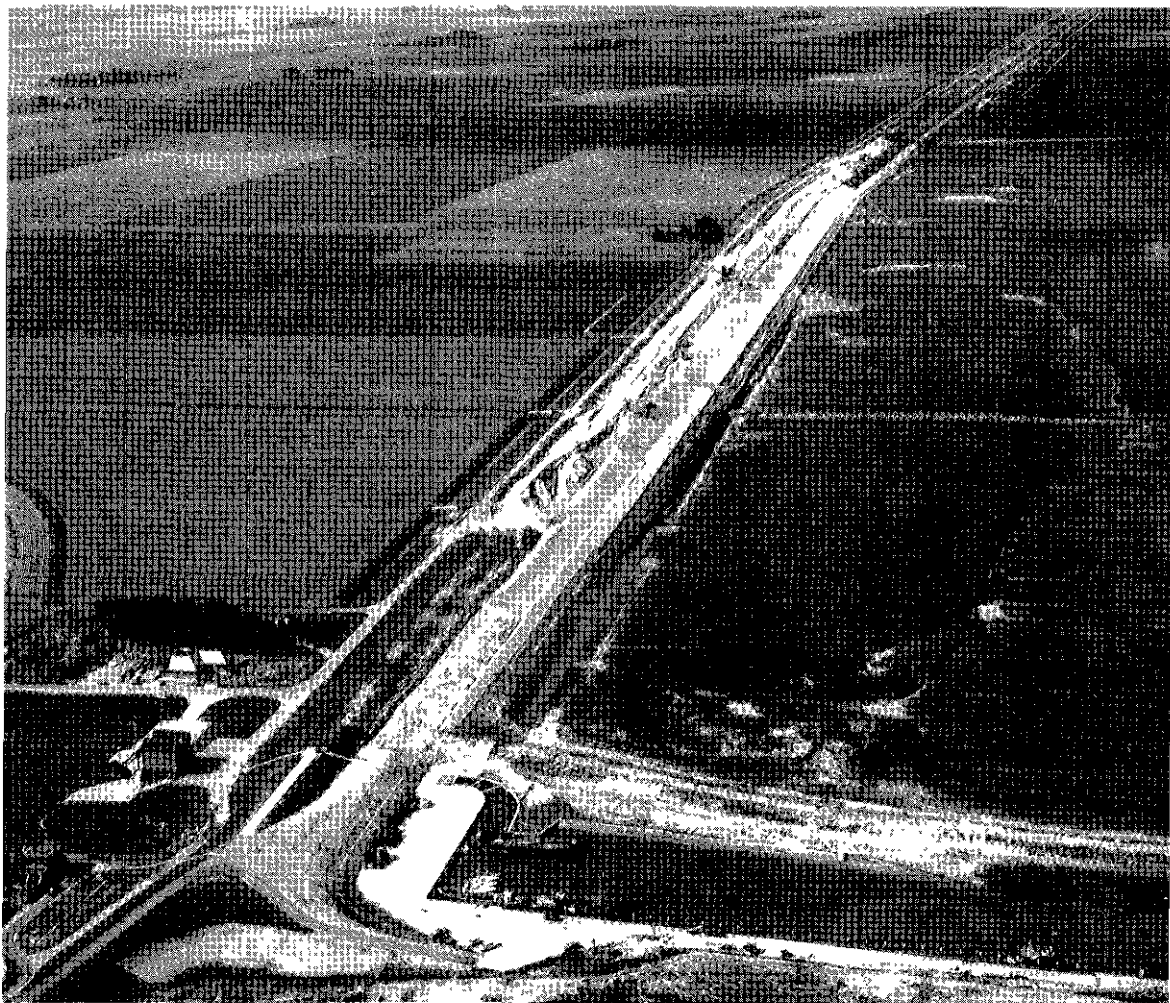
Tabel 1: Zandwinning voor de Groninger zeedijken

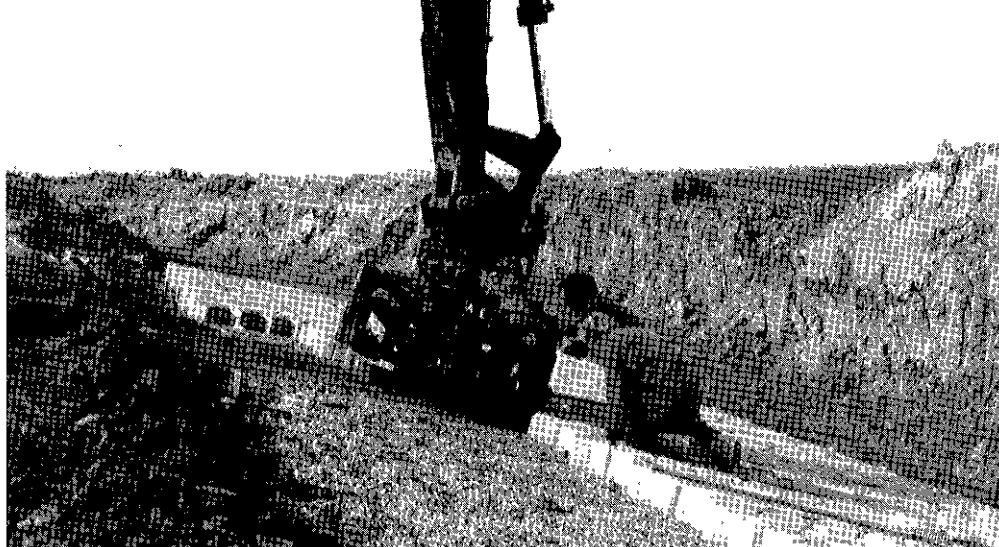
jaar	winplaats	hoeveelheid (m ³)	dijkvak
1980	Oort	334.000	Ommelanderveedijk, pand 1
1981	Oort	949.000	Ommelanderveedijk, pand 1
	Oude Westereems	945.000	Emmapolderdijk
	Zuidoost-Lauwers	273.000	Ommelanderveedijk, pand 2
1982	Oude Westereems	769.000	Emmapolderdijk
1983	Zuidoost-Lauwers	1.071.000	Ommelanderveedijk, pand 2 + 3
1984	Zuidoost-Lauwers	860.000	Ommelanderveedijk, pand 2
1985	Zuidoost-Lauwers	815.000	Ommelanderveedijk, pand 3

waren vierkant van vorm; zij konden eenvoudig machinaal worden gezet.

Vervolgens werd het zandprofiel nauwkeurig afgewerkt, en daarna kon de glooiing van waterbouwasfaltbeton worden aangebracht. Met behulp van hydraulische graafmachines werd het asfalt in één laag in het werk gebracht en verspreid, waarna asfaltwerkers voor het afwerken zorgden. Op de Ommelanderzeedijk is het asfalt op de 4 m brede hooggelegen buitenberm machinaal aangebracht, in twee lagen. Het asfalttalud werd verdicht en vlakgewalst met een walsrol en een tandemtrilwals, die verbonden was aan lieren bovenaan het talud. Vóór 1 oktober van ieder jaar moest de asfaltglooiing gereed zijn, zodat een bescherming werd verkregen die minstens even hoog was als de oude dijk. In het najaar werd de perskade van klei afgegraven en met behulp

Noordpolder met het gemaal van
het Waterschap Hunsingo





Machinaal zetten van
basaltonblokken

van een transportband over de asfaltglooiing naar de kruin gebracht en daar verwerkt. Tekort komende klei werd aangevoerd zolang de weersomstandigheden het toelieten. In het volgende voorjaar werd de kleilaag afgewerkt en ingezaaid.

Tot op heden is in de dijkverzwaring van de Lauwersmeerdijk tot aan de Eemshavendijk een bedrag geïnvesteerd van rond f 150 miljoen. Er zijn tevens twee nieuwe kunstwerken in de zeedijk gebouwd, een gemaal en een dijk kruising van een vuilwaterleiding

In Noordpolderzijl is in opdracht van het Waterschap Hunsingo in 1980-1982 het gemaal Noordpolder gebouwd, voor de bemaling van de Noordpolder en de Lauwerpolder, een oppervlakte van 3000 ha. Het gemaal heeft twee schroefcentrifugaalpomp met elk een capaciteit van 122 m³/min bij een opvoerhoogte van 2,10 m; er is tevens een mogelijkheid tot vrije lozing. In het werk is een Deltabijdrage verleend omdat bespaard wordt op de aanpassingskosten van twee bestaande lozingswerken: de sluis te Noordpolderzijl en een gemaaltje in de Lauwerpolder. Vanwege de afwateringsfunctie werd er ook gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw en Visserij. De totale bouwkosten, inclusief 300 m dijkverhoging en de voorbereidings- en directiekosten, bedroegen rond f 12 miljoen.

De kruising van de provinciale vuilwaterleiding Hoogkerk-Waddenzee met de zeedijk van de Noordpolder is in 1983 geheel vernieuwd. De dijk kruising bestaat uit stalen buizen met een diameter van 122 cm en een betonnen kelder aan weerszijden van de dijk. De bouwkosten bedroegen twee miljoen gulden. Bij de dijkverhogingen is geen rekening

gehouden met de toekomstige bodemdaling door aardgaswinning. De prognose van de Nederlandse Aardolie Maatschappij gaf in 1975 aan dat een maximale zakking te verwachten was van 30 cm. De nieuwste prognose van de N.A.M., opgesteld in 1984, gaat uit van een veel grotere zakking: maximaal 60 à 70 cm. Op grond van de in 1984 gesloten overeenkomst tussen de N.A.M. en de Provincie en het Rijk is het mogelijk dat de schade als gevolg van de bodemdaling wordt vergoed. De zakking van de zeedijk treedt op vanaf de Lauwerpolder tot de Landpunt van Reide; de verwachte maximale zakking van ruim 50 cm zal optreden in de omgeving van Delfzijl. Hier zullen in de toekomst dan ook de grootste aanpassingswerken noodzakelijk zijn.

Samenvattingen

Evaluatie van het funderingsbed

Het funderingsbed van de Oosterschelde-kering is in mei 1984 gereedgekomen. Het bestaat uit een aantal verpakte filterlagen onder elke pijler, en een losgestort filter daartussen. In grote trekken wordt deze filterconstructie en de wijze waarop ze werd aangebracht, nog eens beschreven.

Bij de uitvoering vormde de juiste gradering van het materiaal een punt van voortdurende zorg. Het doek van de matten bleek kwetsbaar: tweemaal werd het door het materieel opengescheurd. Bij het storten van het losse filter werden aanvankelijk enige moeilijkheden ondervonden; onder andere bleek de gestorte laagdikte soms te gering.

Dat de funderingsmatten boven verwachting vlak bleken te kunnen worden gelegd, had tot gevolg dat slechts op drie plaatsen tegelmatten nodig waren om de resterende onvlakheid te compenseren. De aanzandingen vielen in het algemeen mee.

De geautomatiseerde verhaalsystemen van de werkschepen voldeden goed.

Evaluatie van de drempelopbouw

Met drempelopbouw wordt hier de constructie van de drempel in de Oosterschelde-kering bedoeld met uitzondering van de toplaag van zeer zware stenen. De drempelopbouw in deze zin is gerealiseerd tussen augustus 1983 en juni 1985; ze werd voornamelijk uitgevoerd door de zelfvarende steenstorters 'Libra', 'Ham 601' en 'MO 6010'.

Deze schepen konden hun werk in de sluitgaten doen dank zij een systeem dat de stroomsnelheden bewaakte. Het benodigde tempo

werd gegarandeerd door het opzetten van uitgekende werkcycli en beladingsschema's. Een afzonderlijk punt van zorg vormde de kwaliteitscontrole, niet alleen die van het stortmateriaal, maar ook die van de uitgevoerde stortprocessen en de verdichting van de gestorte lagen.

Geomorfologische processen in de Oosterschelde

De platen en slikken in de Oosterschelde zijn biologisch van groot belang. De waterloopkundige omstandigheden zullen hier na de voltooiing van de stormvloedkering in belangrijke mate veranderen: de invloed van het getij neemt af, die van de golven wordt groter. Het onderzoek naar deze processen is de laatste tijd gebundeld in het project GEOMOR. Na inventariserende metingen op één locatie wordt getracht een model te ontwerpen dat op den duur de ontwikkelingen kan voorspellen. Vervolgens is verificatie nodig van de gevonden resultaten in andere deelgebieden van de Oosterschelde.

De eerste metingen werden in het najaar van 1983 gedaan op een deel van de Galgeplaat dat zeer blootgesteld is aan de golfwerking. Het meeste transport van bodemmateriaal werd gevonden bij springvloed. De erosie was het sterkst onder stormomstandigheden.

De controlemetingen hebben deze eerste indrukken tot nu toe in grote lijnen bevestigd.

Stroom-, zand- en getijmetingen op de Roggenplaat

De Roggenplaat in de Oosterscheldemond vormt de natuurlijke afscheiding tussen de geulen Hammen en Schaar. Na de voltooiing van de Oosterscheldewerken zal de stromingstoestand hier stellig veranderen, en mogelijk ook de geografie. Daarom is in een serie metingen vastgelegd hoe de situatie nu is. Eén van de vragen die werden gesteld betrof de bodemweerstand. De beantwoording daarvan vereiste bijzonder nauwkeurige waterstandgegevens. Die heeft men zich weten te verschaffen met behulp van een hulpschaal waarin de invloed van de golfbeweging wordt geëlimineerd.

De metingen zijn aangevuld met berekeningen in het wiskundig model DOOS I, één van de vier modellen waarmee na de voltooiing van de werken de stromingen en waterstanden elke 100 m en elke 30 seconden zullen worden berekend.

De damvakken 'Speelmansplaten' en 'Marollegat' in de Oesterdam

Tussen het sluiseland en het damvak Zuid wordt aan de hand van twee bestekken de verdere sluiting van de Oesterdam voltrokken. Het grondmechanisch onderzoek dat altijd vooraf gaat aan een ontwerp, toonde een weinig stabiele opbouw van de ondergrond. Gezien de veiligheidsfactoren die moeten worden aangehouden bleek over een gedeelte van het tracé een grondverbetering noodzakelijk, en over een ander gedeelte een voorbelastingsprofiel.

Men werkt van noord naar zuid, zodat de uiteindelijke sluiting even ten noorden van damvak Zuid plaatsvindt. De stroomsnelheden blijven beperkt tot maximaal 1,2 m/s, zodat een sluiting met zand betrekkelijk gemakkelijk te realiseren is.

Baggerwerk voor het Bathse Spuikanaal

De ontgraving van het Bathse Spuikanaal geschiedt in twee fasen: oevers, insteken en onderhoudsweggetjes worden in den droge ontgraven, en ook sommige gedeelten bij overbruggingen en waar men onontpofte bommen vermoedt uit de Tweede Wereldoorlog. De rest wordt weggebaggerd en overgebracht naar vier verschillende speciedepots.

Een deel van de baggerwerkzaamheden, zoals bijvoorbeeld de doorgraving van de Oosterscheldedijk, werd uitgesteld, omdat het pas mag worden uitgevoerd wanneer de compartimenteringsdammen klaar zijn.

De ontgraven specie dient deels voor de aanleg van een landtong waarop de stad Bergen op Zoom een nieuwe wijk wil bouwen.

Omdat het perswater uiteindelijk in de Oosterschelde terecht komt, is voorgescreven dat het daar ook aan moet worden onttrokken.

De waterkwaliteit van het toekomstige Volkerak- en Zoommeer

Het achter de compartimenteringsdammen te vormen Volkerak- en Zoommeer vormt een niet onaanzienlijke verlenging van onze benedenrivieren. Het inlaatwater komt voornamelijk van Rijn en Maas, en bevat derhalve hoge concentraties aan voedingsstoffen. Aan de hand van drie modellen van geheel verschillende opzet is getracht te voorspellen hoe de algengroei zou verlopen in een nat, een gemiddeld en een droog zomerseizoen, bij verschillende mate van doorspoeling met behulp van het Bathse Spuikanaal. De resultaten van twee van de drie modellen stemmen goed overeen; zij geven vermoedelijk een redelijke, maar misschien enigszins pessimistische schatting van de te verwachten concentraties van chlorofyl. De doorspoeling met het Bathse Spuikanaal schijnt daarop maar een geringe invloed te hebben.

Verhoging van de zeedijken langs de noordkust van Groningen

De Groninger zeedijk loopt langs de Waddenzee, de Eems en de Dollard. Al in 1959 werd een eerste dijkvakje op Deltahoogte gebracht. Thans is 98 van de 101 km versterkt en verzwwaard.

Langs de Waddenkust bestaat de verdediging in feite uit drie linies: de Waddeneilanden, de slikvelden en kwelders en dan de zeedijk zelf. Men besloot in 1967 de kwelders niet in te polderen.

De aanleghoogte van de dijk bedraagt N.A.P. + 8,85 m. De verzwaring ligt geheel aan de zeezijde, en is gemaakt van in de Waddenzee gewonnen zand, bekleed met betonblokken, waterbouwasfaltbeton en hogerop klei.

Vanwege de slechte bereikbaarheid begon het werk telkens met de aanleg van toegangswegen; daarna konden de perskaden worden gevormd, waartussen de dijk werd opgespoten.

Summaries

Evaluation of the foundation bed

The foundation bed of the Oosterschelde barrier was completed in May 1984. It consists of a number of packed filter layers under each pier, with loosely dumped filter material in between. An outline description is once more given in this article of the filter constructions and the way in which they are brought into place. In carrying out this work the proper gradation of the material was a matter of constant concern. The covering of the mats turned out to be vulnerable. It was torn open on two occasions by the equipment. Certain initial difficulties were encountered in dumping the loose filter material, such as the thickness of the loosely dumped layer being inadequate. The fact that the foundation mats could be laid out flat beyond expectation meant that tile mats had only to be laid in three places so as to compensate for the remaining unlevel surface. There was less silting than expected. The survey systems of the work ships were satisfactory.

Evaluation of the sill construction

With sill construction we mean here the construction of the sill in the Oosterschelde barrier with the exception of the top layer of very heavy boulders. The construction of the sill in this sense was realised between August 1983 and June 1985. This was executed mainly by the self-propelling stone depositors 'Libra', 'Ham 601' and 'MO 6010'. These ships could perform their task in the breaches due to a system which kept a watch over the current speeds. The necessary tempo

was guaranteed due to accurately worked out work cycles and loading schemes. Quality checking was a special point of concern, not only of the depositing equipment, but also of the executed depositing processes and the compaction of the deposited layers.

Geo-morphological processes in the Oosterschelde

The flats and marshes in the Oosterschelde are of great biological importance. The hydraulic conditions here will change considerably on completion of the storm surge barrier. The influence of the tide will be reduced and that of the waves will increase.

Research into these processes has been combined into the GEOMOR project. It has been endeavoured to design a model with inventory measurements in one location which will eventually be able to forecast the developments. Subsequently verification of the results is necessary in other parts of the Oosterschelde.

The first measurements were made in the Autumn of 1983 on a part of the Galge flat which is highly exposed to wave workings. The highest transport of riverbed material was found to occur at springtide. The erosion was greatest under storm conditions.

Up till now the verifying measurements have mainly confirmed these first impressions.

Current, sand and tide measurements on the Roggenplaat

The Roggenplaat in the mouth of the Oosterschelde forms the natural separation between the Hammen and Schaar channels. The character of the current and possibly also the geography will greatly change with the completion of the Oosterschelde works. This is why a series of measurements has been made on the situation as it is at present. One of the questions raised concerned the soil resistance. Any answer to this requires extremely accurate waterlevel data. This has been achieved with the help of a special tide gauge, in which the influence exerted by wave movement is eliminated.

The measurements are supplemented with calculations in the mathematical model DOOS I. This is one of the four models with which the currents and water levels will be calculated every 100 m and every 30 seconds when the works are completed.

The dam compartments 'Speelmansplaten' and 'Marollegat' in the Oesterdam

Further closure of the Oesterdam between the lock island and the Southern dam compartment is to be completed on the basis of two builder's estimates. The soil mechanical research which is always performed before a design is made, revealed little stability in the build-up of the foundation. In view of the safety factors to be adhered to, both a soil improvement in one part of the dike and a front load profile in another part were considered necessary. The work progresses from north to south, so that the final closure takes place just north of the Southern dam compartment.

Dredging of the Bathse Spuikanaal

The excavations of the Bathse Spuikanaal are carried out in two phases; banks, inlets and maintenance roads are excavated on dry land as are also some parts of the bridging and any spots where bombs from the Second World War are thought to lie. The rest is dredged away and brought over to four different spoil depots.

Part of the dredging works was postponed, as for example the digging out of the Oosterschelde dike, as this can only be carried out when the compartment dams are completed.

The dredged soil is to be used partly for the spit of land on which the town of Bergen op Zoom has plans to build a new district.

As the auxiliary water will eventually lead into the Oosterschelde, withdrawal is necessary from here as well.

The water quality in the future Volkerak and Zoommeer

The Volkerak and Zoommeer to be formed behind the compartment works will provide a considerable extension to our lower rivers. The incoming water is mainly from the Rhine and the Maas and consequently contains high concentrations of nutrients. By means of three models bearing a wholly different framework it was attempted to forecast the progress of algae growth in a wet, in an average and in a dry summer season, with a differing measurement of flush helped along by the Bathse Spuikanaal. The results of two of the models had much in common. They give a reasonable, though rather pessimistic estimate of the chlorophyll concentration to be expected. The flush from the Bathse Spuikanaal appears to be of little influence.

Raising of the sea dikes along the North coast of Groningen

The Groningen sea dike runs along the Waddenzee, the Eems and the Dollard. In 1959 a first dam partition was reinforced to Delta height. Since then 98 of the 101 km have been reinforced.

Along the Wadden coast the actual defense consists of three lines: the Wadden islands, the mudflats and then the sea dike itself. It was decided in 1967 not to polder in the marshes. The construction height of the dike comes to M.S.L. + 8,85 m. The reinforcement is all on the sea side and is made of sand obtained from the Waddenzee, covered with concrete blocks, water asphalt concrete and higher up with clay. Because of poor accessibility work began with the building of access roads; after this auxiliary dikes could be constructed between which the dike was pumped.

Vorderingen

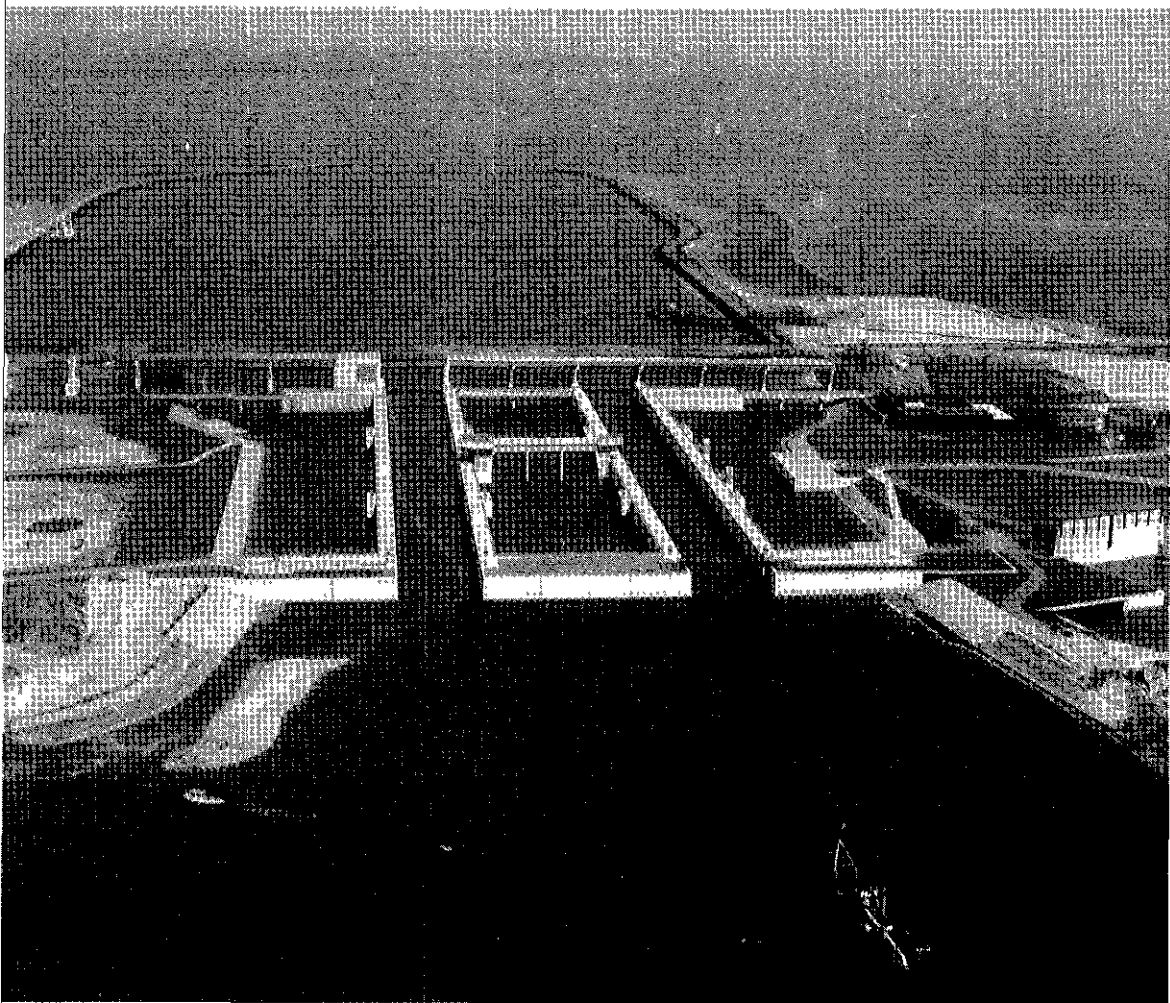
in de periode 1 juli-1 oktober 1985

Krammersluizen na het
doorgraven van de ringdijk

Philipsdam

Ook nu verliep de aanleg van de algemene elektrische installatie voor het sluisencomplex volgens schema; hetzelfde kan gezegd worden van het schrijven van programmatuur en de aanmaak van apparatuur voor de regelinstallatie. De betrouwbaarheidsanalyse van de installatie is in concept gereed. De technische uitwerking van de radarinstallatie kon nagenoeg worden afgerond. De roldeuren in de duwvaartsluizen zijn geplaatst en de

brugdekken gemonteerd; de bewegingswerken werden ingebouwd en de hydraulische installatie in gebruik gesteld. In de wandschuifgebouwen, het gemaal en de uitlaatwerken werden bovenloopkranen geïnstalleerd. De fabricage van wandschuiven voltrekt zich volgens de plannen. De eerste twaalf noodschuiven zijn gelast en geconserveerd. Bij de aanmaak van bewegingswerken voor de wandschuiven is enige achterstand opgelopen. Twaalf hoofdschuiven voor de in-, uit- en doorlaatwerken



Het inhangen van een roldeur in een duwvaartsluis

werden afgelast en geconserveerd. Van de twaalf bijbehorende machinewerken zijn er acht geplaatst.

De onderdelen voor de drie pompen van het gemaal van de duwvaartsluizen worden verder bewerkt. Het gietwerk is nu grotendeels achter de rug.

Het gemaal voor de jachten-sluis wordt thans technisch verder uitgewerkt. Er worden onderdelen gefabriceerd en samengesteld voor de remmingwerken en wacht-plaatsen in de voorhavens. De brandweerplateaus zijn gereed. Bij de doorgraving van de westelijke ringdijk tussen de duwvaartsluizen en de voorhaven ontstonden twee dijkkoppen; die zijn thans bekleed. Inmiddels werd ook de oostelijke ringdijk doorgraven.

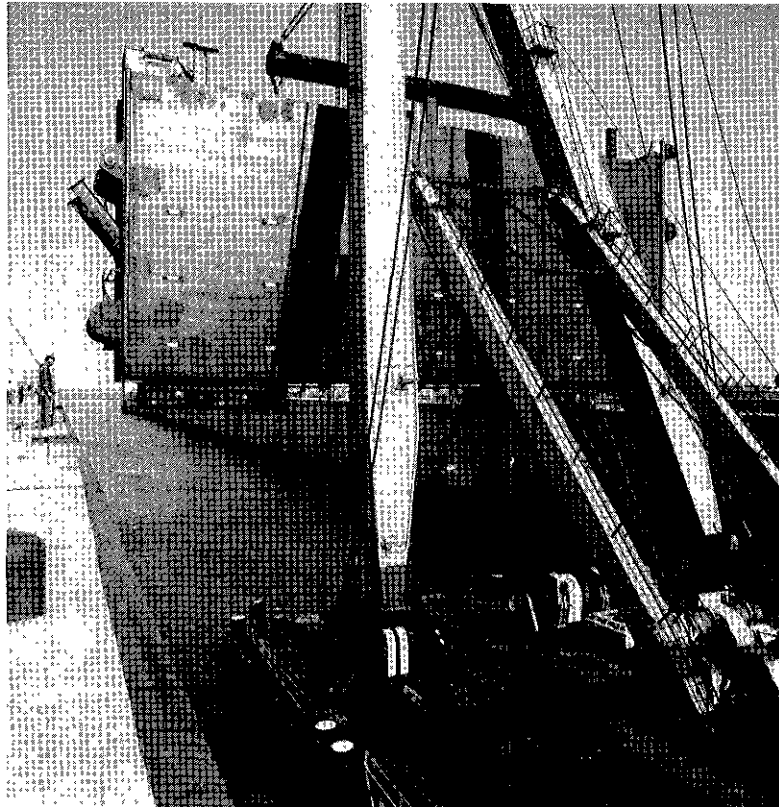
De aanleg van het damvak Slaak is zo goed als voltooid. Reeds werd begonnen met het aanbrengen van bekleding op de westzijde van dat damvak.

Oesterdam

De werken van het bestek 'Speelmansplaten I' werden volgens plan op 12 juli opgeleverd.

Op het dijkvak Speelmans-platen II/Marollegat werd een *koperslagvlooiing* aangebracht. De beton-blokkengvlooiing zal begin november gereed zijn, en de kleibekleding aan het einde van die maand.

Spoedig is nu de inundatie te verwachten van de bouwput van de Bergse-Diepsluis.



Opdracht werd gegeven voor de fabricage van deuren en bewegingswerken voor deze sluis. Op 6 september vond de aanbesteding plaats van de remmingwerken en aanlegsteigers. De opdracht tot uitvoering volgde op 16 september. Op 1 oktober werden de elektrische installatie en instrumentatie aanbesteed.

Bathse Spuikanaal

De natte ontgraving van het Bathse Spuikanaal werd ook in deze periode voortgezet. Het noordelijk gedeelte van het zuiderpand, dat gegraven werd door de cutterzuiger 'Rozenburg', is gereed. De cutterzuiger 'Utrecht' heeft in het zuidelijke pand tussen de noordelijke en de zuidelijke zinkerbundels de zandige specie ontgraven en gespoten in de landvorming vóór Bergen op Zoom. Momenteel wordt

zandige specie ontgraven ten zuiden van de Kreekkrakbruggen, en weggeperst naar de speciebergings in het Markiezaat. De droge ontgraving onder en naast de Kreekkrakbruggen is voltooid.

Stormvloedkering

Met de aannemers werd een deelcontract afgesloten waarin de verdere voltooiing van de stormvloedkering wordt geregeld. Daarin wordt voorzien dat de kering vóór het stormseizoen van 1986 zover zal zijn voltooid dat de veiligheid kan worden gewaarborgd. De officiële opening en ingebruikstelling op 4 oktober 1986 zal plaatsvinden onder Koninklijke belangstelling. Het zal na dat moment nog een klein jaar duren voordat van de weg over de kering gebruik kan worden gemaakt. De aanleg van breukstenen

dammen tussen de landhoofden en de eerste pijlers is nu in volle gang. De uitvoering geschiedt met conventioneel materieel, dat grotendeels al beschikbaar was op het werk. In maart 1986 zullen de zes dammen gereed zijn.

De drempel is thans bijna gereed, inclusief de toplaag. Vanwege de verfijning van de Zweedse breuksteen van 1 tot 3 ton wordt op enkele plaatsen niet voldaan aan de stroombestendigheidseisen voor de operationele fase. Op die locaties zal nog een aanvullende bestorting plaatsvinden.

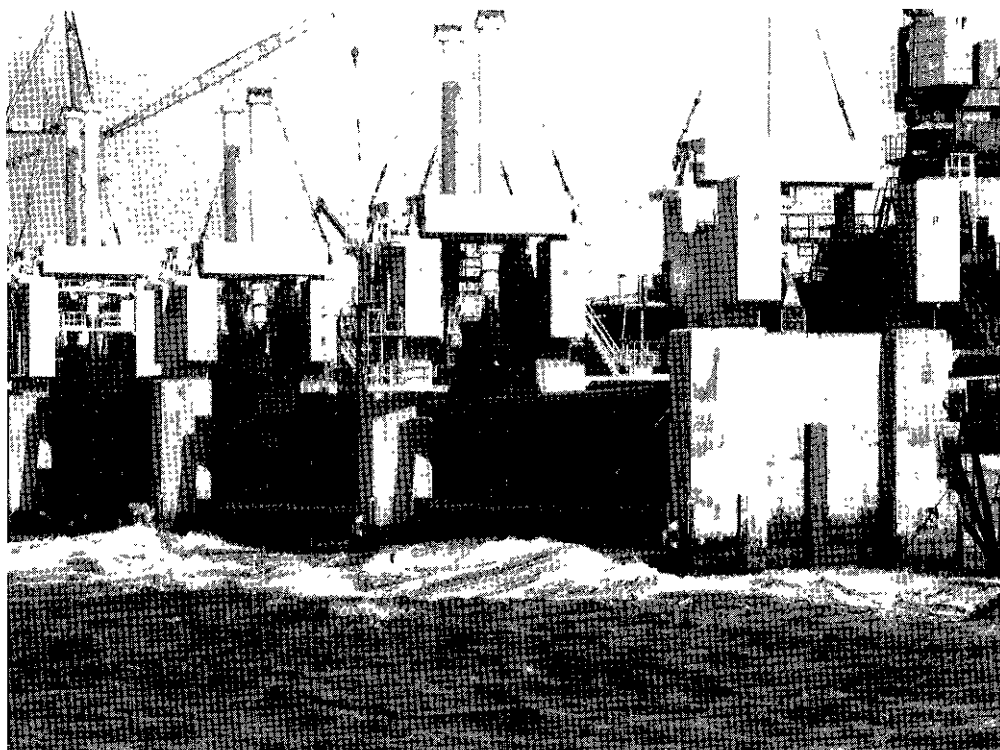
Omstreeks 1 november wordt de laatste verkeerskoker geplaatst, op locatie R31. Om de passage van de 'Trias' mogelijk te maken van zee naar de Oosterschelde zal verkeerskoker R1 enkele malen door de 'Taklift 4' worden verwijderd en weer teruggeplaatst.

Nadat de eerste dorpelbalk bij wijze van proef een aantal malen was geplaatst en weer opgepakt, is in juli begonnen met het definitief plaatsen van deze en andere dorpelbalken. De werkzaamheden verlopen boven verwachting vlot, stellig mede door de vroegtijdige proefperiode. In de Hammen en de Schaar zijn alle dorpelbalken geplaatst, in de Roompot de eerste van de serie. Het afmonteren van de dorpelbalken in de sluitgaten is thans in volle gang, evenals het ondervullen van pijlers met betonmortel, en het volspuiten van de pijlerlichamen met zand. Dezelfde handelingen worden vervolgens voltrokken aan de onderdorpelbalken. De 'Trias' is intussen begonnen de dorpelbalken aan te storten. Aan weerszijden wordt stroombestendig materiaal geplaatst tegen de balken.

De aanmaak van bovenbalken

op het werktterrein te Kats verloopt goed. De vorige keer vermelde onderzoeken naar materiaalfouten bij de schuiven zijn grotendeels afgerond. Midden oktober zal het plaatsen van schuiven worden hervat. De plaatsing van dorpelbalken zal hiertoe worden onderbroken, om toch tijdig klaar te komen met de afmontage van de geplaatste schuiven. Of en op welke wijze de al eerder geplaatste schuiven in de Hammen en de Schaar zullen worden gerepareerd, is nog in onderzoek. Deze schuiven zijn inmiddels al zover afgemonteerd en ingeregeld dat ze alle lokaal kunnen worden bediend.

Stormvloedkering



De computers voor de lokale bediening zijn nu allemaal geleverd en in de verkeerskokers geïnstalleerd. Tijdens het inregelen van de schuiven is gebleken dat deze installatie goed functioneert. Er wordt al regelmatig gebruik van gemaakt om de 'Trias' in de gelegenheid te stellen de dorpelbalken aan te storten in de luwte van gesloten schuiven.

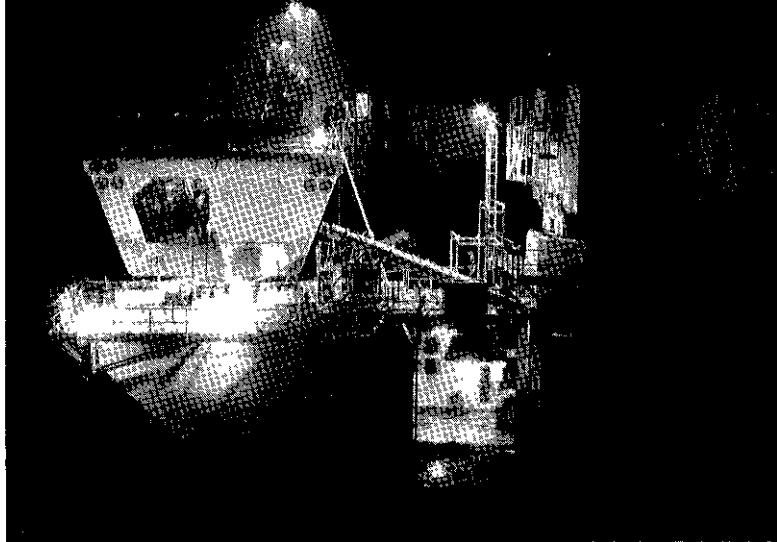
Behalve bij Noordland is de bouw van de dam aanzetten tot een einde gekomen. Het nog resterende werk verloopt volgens plan.

Er wordt hard gewerkt aan de inrichting van de bedieningsruimte en de bijbehorende elektrische installatie in het 'I.r. J.W. Topshuis'. Het eerste gedeelte van de dieselcentrale is nagenoeg gereed en ook al beproefd. Deze centrale zal de tijdelijke op Neeltje Jans uiteindelijk gaan vervangen. De tijdelijke centrale blijft echter nog in bedrijf tot aan de voltooiing van het werk.

Op de bodembescherming van blokkenmatten en steenasfaltmatten werden zogenoemde bouwfasestortingen aangebracht. Het gaat hier om dat gedeelte van de extra bestortingen dat al moest worden aangebracht voor met het plaatsen van dorpelbalken kon worden begonnen.

Tijdens het aanbrengen bleek dat er plaatselijk een aanzienlijke verfijning van de staalslakken was opgetreden; dit maakte extra bestortingen noodzakelijk.

Begonnen werd met een onderzoek naar de duurzaamheid van de textiele onderdelen van de blokkenmatten. In de verslagperiode werden namelijk enkele beschadigingen opgemerkt in de bodembescherming. Met behulp van lodingen, sonaropnamen en onderwaterinspecties werd de omvang ervan vastgesteld. De



De laatste verkeerskoker wordt geplaatst

oorzaken zijn veelal van mechanische aard; veelal is de beschadiging veroorzaakt door slepende ankerdraden. De beschadigde plekken werden afgedekt met 1 ton/m² fosforslak en 1000 stuks breuksteen 60/300 kg. Voor de uitvoering van deze bestortingen werd gebruik gemaakt van zelfpositionerende steenstorters en afvierpontons met splijtbak en steenstorter

De ontgrondingen als gevolg van de vernauwing van de sluitgaten blijven achter bij de voorspellingen op grond van modelproeven. Frequent wordt gepeild, om de ontwikkeling van de ontgrondingskuilen nauwlettend te volgen.

Het wegenplan over de kering en de aansluitingen op het lokale wegennet zullen worden uitgevoerd in de loop van het volgende jaar. Wel werd al een begin gemaakt met de bouw van enkele kunstwerken op Neeltje Jans: de vaste brug over de Roompotsluis, waarvan de onderkant komt te liggen op N.A.P. + 20 m,

tunneltjes, en een viaduct op damvak Geul.

De onderwaterinspecties werden ook in dit kwartaal voortgezet. Geassisteerd werd bij het vrij- en schoonmaken van dorpelbalksponningen, de ankerbehandeling en de inspectie van ankerpalen, bodembeschermingen en bestortingen, het gereedmaken van dorpelbalken in compartiment IV van het bouwdok Schaar, en tenslotte bij werkzaamheden voor het met zand vullen en met betonmortel ondersabelen van de pijlers.

In een vroeg stadium is onderkend dat met het toenemen van de stroomsnelheid en het kleiner worden van het kenteringsvenster ook het duiken vanaf vaartuigen tussen de pijlers problematisch zou worden. Onderzoek naar de mogelijkheden om te duiken vanaf een vaste opstelling op de kering, heeft geleid tot de bouw van zo'n 'keringseenheid', bestaande uit een bedienings- en controlekamer en een decompressietank. Vanuit deze eenheid, waarop ook een vaste hydraulische kraan is gemonteerd, worden de duikers in een kooi te water gelaten.

