

Driemaandelijks Bericht
nummer 118, november 1986

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 29,50 per jaar
of f 7,75 per nummer

Inhoud

De oplegconstructie van de dorpelbalken 391

Een milieumeetstation aan de stormvloedkering
in de Oosterschelde 401

Het onderzoeksvaartuig 'Argus' 409

IJsafvoer in het noordelijk Deltabekken 419

Een informatieverwerkend systeem voor de
scheepvaart in het zuidelijk Deltagebied 425

De toekomstige ontwikkeling van de schorge-
bieden in de Oosterschelde 433

Samenvattingen/Summaries 438

Vorderingen 442



zee
veel



De oplegconstructie van de dorpelbalken

De dorpelbalk vormt een belangrijk element in de stormvloedkering in de Oosterschelde. Enerzijds heeft de balk, opgelegd in de pijlers, een kerende functie, anderzijds vormt hij met zijn steenaanstortingen de overgangsconstructie naar de drempel. Dit artikel gaat in op het ontwerp en de uitvoering van de gecompliceerde oplegconstructie.

De 62 dorpelbalken zijn gebouwd in een bouwdok op N A P. -15 m. Allereerst is het rompgedeelte gebouwd, en na het inmeten van de geplaatste pijlers pas de koppen. De lengtevariatie, die volgt uit de plaatsingsafwijkingen van de pijlers, is verwerkt in de stortvoeg. De koppen van de balk zijn in hoogte en breedte aangepast aan de werkelijke hoogte en breedte van de sponning van de geplaatste pijlers. Zo kon de dorpelbalk precies op zijn plaats komen ten opzichte van de aansluitende schuif.

De complete balk is een element van 39 m lang, 8 m hoog en 5 tot 8,6 m breed. Het droge gewicht bedraagt ongeveer 2600 ton. Toen de bouw van de 62 dorpelbalken was voltooid, is het bouwdok geïnundeerd. Na doorbaggering van de dijken lag de weg naar het sluitgat open. De balken werden overge-

Op 4 oktober 1986 heeft H.M. Koningin Beatrix de Oosterscheldekering officieel in gebruik gesteld. Hoewel hiermee geen einde kwam aan de Deltawerken, werd er wel tastbaar het hoogtepunt van bereikt. De in de Deltawet voorziene veiligheid tegen stormvloeden was gerealiseerd. Op de bladzij hiertegenover, en verder op p. 400, 408, 418, 424, 441 en 443 indrukken van de feestelijke gebeurtenissen.

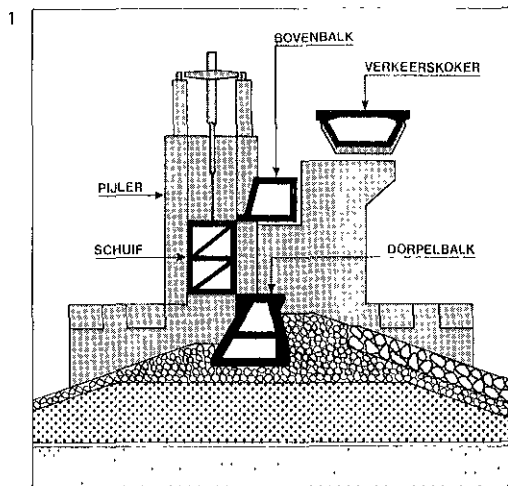
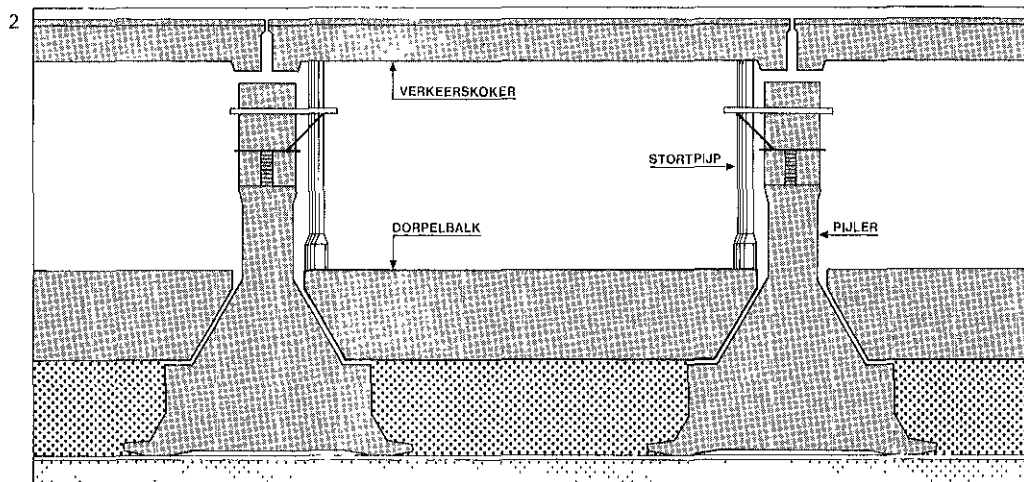


Fig. 1. Dwarsdoorsnede van de stormvloedkering

Fig. 2. Positie van de dorpelbalken in de kering

Fig. 3. Het statisch systeem van opleggingen

Rompgedeelten van de dorpelbalken in het bouwdoek



bracht met de 'Taklift 4', een speciaal voor het Oosterscheldeproject gebouwde bok, die ook belast was met het plaatsen van verkeerskokers, schuiven en bovenbalken.

De bok heeft een hijscapaciteit van 1600 ton in het A-frame aan de voorzijde, en is daarmee de zwaarste zelfvarende bok op het westelijk halfrond. Ten behoeve van het transport van de dorpelbalken is de 'Taklift 4' aan de achterzijde uitgerust met zogenaamde hijschors, waardoor aan de achterzijde een hijscapaciteit ontstaat van 2400 ton.

De bok plaatste de balken eerst op een tijdelijke parkeerplaats in het bouwdoek, deels boven water, om op comfortabele wijze enige afbouwwerkzaamheden te kunnen uitvoeren. Daarna werden de dorpelbalken hangend in het water getransporteerd naar de kering, met de bovenzijde maximaal 2 m boven water. Het onderste compartiment was dan gevuld met water, en het bovencompartiment leeg.

In een volgend nummer zal uitvoerig op het transport en de plaatsing ingegaan worden. Nu beperken we ons tot een bespreking van de oplegconstructie.

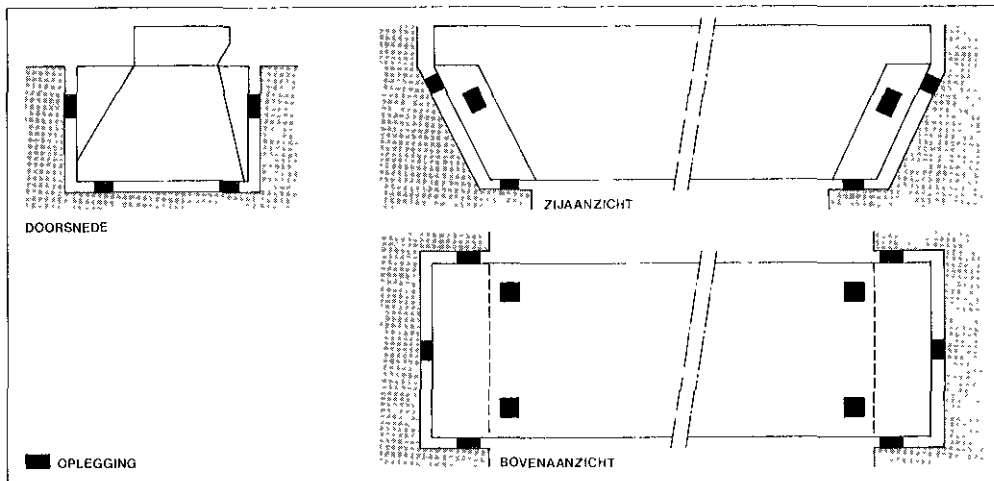
In figuur 3 is het statisch systeem van de opleggingen weergegeven. In het horizontale vlak zijn er vier opleggingen, dat wil zeggen dat het systeem eenvoudig statisch onbepaald is. Er is onderscheid gemaakt tussen de tijdelijke oplegconstructie waarop de balk in eerste instantie geplaatst wordt, en de in een latere fase te activeren definitieve oplegconstructie. Deze splitsing is aangebracht, omdat de eisen die aan de opleggingen worden gesteld tijdens het plaatsen van de balk moeilijk verenigbaar bleken te zijn met de eisen onder de uiteindelijke omstandigheden. Allereerst een overzicht van de functies van

de tijdelijke oplegconstructie. De massa van de balk met zijn watervulling en het aanhangende water komt met een bepaalde snelheid neer op de tijdelijke opleggingen, die in staat moeten zijn de hieruit voortvloeiende energie te absorberen.

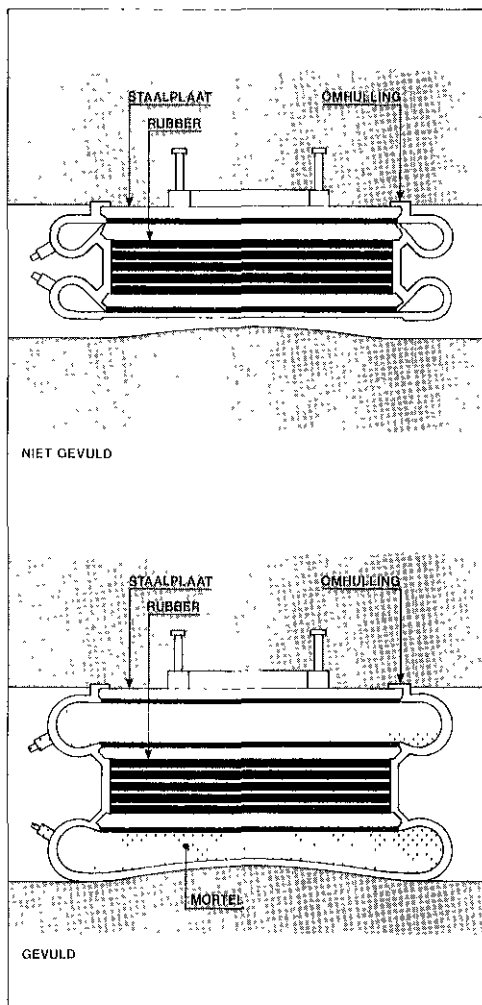
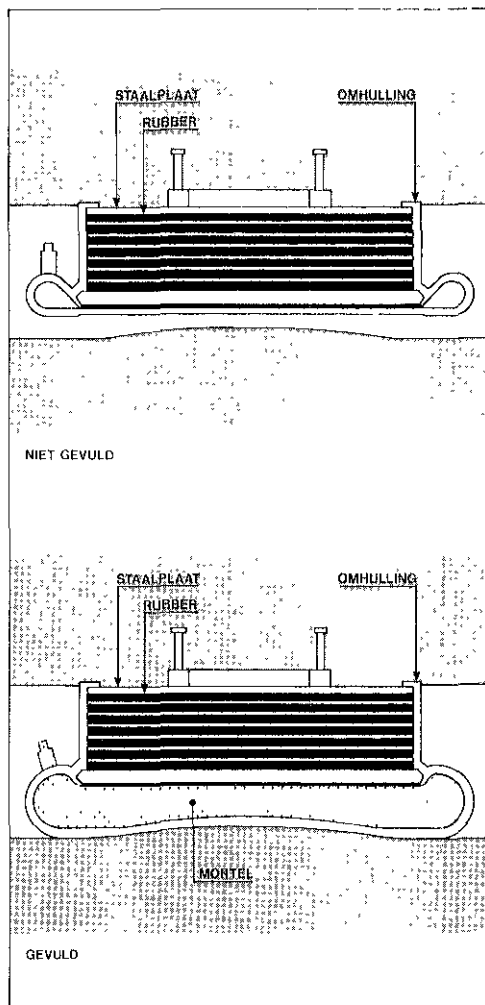
Tijdens het plaatsen van de dorpelbalk in de sponning aan de pijler moet er voldoende speelruimte zijn. Bij de entree van de balk in de sponning bedraagt de speling 45 cm, en tijdens het verdere afdaaltraject iets tussen 5 en 15 cm, als gevolg van maatafwijkingen. De dorpelbalk staat na het plaatsen met een rammelpassing in de sponning; hij moet daarna nog zowel in langs- als in dwarsrichting gefixeerd worden. Fixatie in langsrichting vindt plaats met behulp van houten blokken op de koppen van de balken. In dwarsrichting wordt de balk gefixeerd met behulp van een schroefspindel, die geactiveerd kan worden door middel van een trekkabel die reikt tot boven water.

Nadat de balk op de vier tijdelijke opleggingen is geplaatst, moeten de eraan bevestigde definitieve oplegconstructies nog in functie gebracht worden. In principe bestaat zo'n definitieve oplegconstructie uit een rubber oplegblok in combinatie met een plat stalen kraalvrijzel (figuur 4).

Het rubber oplegblok bestaat uit een stapel stroken van afwisselend rubber en staal, en is bij uitstek geschikt om op de balk werkende krachten van hydraulische en grondmechanische aard op te nemen; hetzelfde geldt voor de vervormingen die aan de balk worden opgelegd door de relatieve pijlerdeformaties. Het platte stalen vrijzel met zijn asymmetrische kraal is speciaal ontwikkeld voor het Oosterscheldeproject. Het bezit een aan- en een



4



5

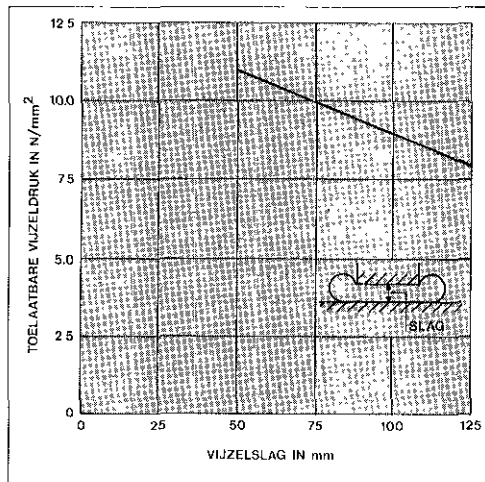


Fig 4 Oplegpakket met één (links) en twee kraalvizels

Fig 5 Toelaatbare vizeldruk als functie van de vizelslag

afvoeropening en kan in principe opgeblazen worden met een vloeistof onder een zekere druk. Door de hoge vervormingscapaciteit van de toegepaste staalsoort is het vijzel in staat oplegspleten uit te vullen door ze als het ware te contramallen. Niet vlakke oplegvlakken en rotaties vormen daarbij geen enkel probleem. Het vijzel is gemaakt van 3 mm dik plaatstaal. *De gelaste vijzels zijn alle onderworpen aan 100% Röntgencontrole en tevens aan een persproef bij een gefixeerde kraalvorm, waarbij het vijzel dan uiteraard niet werd opgeblazen.* Deze intensieve produktiecontrole was noodzakelijk om de kans op falen van de oplegconstructie in het werk, ten gevolge van het bezwijken van een vijzel, tot bijna nul te reduceren; immers, de gevolgschade bij falen is enorm! Prototypen van het vijzel zijn onder statische belasting tot breuk of tot vloeien beproefd.

Op basis van de bezwijkproeven is een maximaal toelaatbare werkdruk vastgesteld van 80 atmosfeer bij een slag van 125 mm. Figuur 5 toont het verband tussen slag en toelaatbare druk van het vijzel. Hierbij moet bedacht worden dat de toelaatbare druk globaal evenredig is aan de diameter van de vijzelkraal die zich ontwikkelt bij een bepaalde slag, en dus niet met de slag zelf.

Bestaat er behoefte aan een grotere slag dan 125 mm, dan is het mogelijk een vijzel toe te passen aan weerszijden van het oplegpakket, waarmee de toelaatbare slag in principe verdubbeld wordt. Bij een van de zijopleggingen is dit principe toegepast.

De beoogde levensduur van de stormvloedkering is 200 jaar. De onderhavige vitale oplegconstructies bevinden zich diep en schier onbereikbaar onder water; daarom dienen deze constructies eenzelfde levensduur te bezitten. *Bij het rubber moet onderscheid worden gemaakt tussen het rubber voor het oplegblok en dat voor de omhulling.*

Het rubber voor het oplegblok wordt langdurig onderworpen aan dynamische belastingen en vervormingen. Met het oog hierop is gekozen voor een hoogwaardige kwaliteit natuurrubber met optimale mechanische eigenschappen. Met natuurrubber zijn opvallend goede ervaringen opgedaan. Een bijna 100 jaar oude rubberen brugoplegging in Australië bleek na onderzoek slechts oppervlakkig te zijn aangetast.

Oplegblok en vijzel zijn omhuld met een 20 mm dikke laag hoogwaardige natuurrubber, die de stalen onderdelen van vijzel en platen tegen corrosie beschermt, en het rubber van het oplegblok tegen waterabsorptie.

Op de rechterfoto op bladzijde 396 is de

glijbaan ten behoeve van de opleggingen aan de Noordzeezijde te zien. Deze oplegging wordt in eerste instantie hoog in de glijbaan aangebracht, zodat er bij het plaatsen van de balk optimale speling is. Na plaatsing wordt de oplegging in de juiste positie afgelaten. De oplegconstructies van de balk bevinden zich diep onder de zeespiegel tot maximaal 20 m. *Het vullen van de vijzels werd uitgevoerd vanuit zogenaamde mortelcontainers op de verkeersbrug boven de kering, op N A P. + 12 m.* Een stortpijp gaf een droge toegang tot de bovenkant van de balk, waar zich de aansluitende mortelleidingen bevonden.

De procedure voor het vullen van de vijzels met een soort betonmortel kende vier fasen. Eerst werd de dorpelbalk door de bok 'Taklift 4' tegen de Oosterscheldezijde in de pijlersponning geplaatst op de voorlopige oplegging. De definitieve onderopleggingen R3 en R4 waren dan nog vrij van het sponningsvlak. De speling van de balk in de sponning bedroeg 5 tot 15 cm. In langsrchting was de balk gefixeerd door zachthout op de koppen. Het oplegblok R2 aan de Noordzeezijde bevond zich hoog in de glijbaan.

Vervolgens werd de dorpelbalk in dwarsrichting gefixeerd door het uitdraaien van de schroefspindel met behulp van de spindelkabel, die tot boven water reikt. Het oplegblok R2 werd dan in de glijbaan afgelaten tot in de definitieve positie.

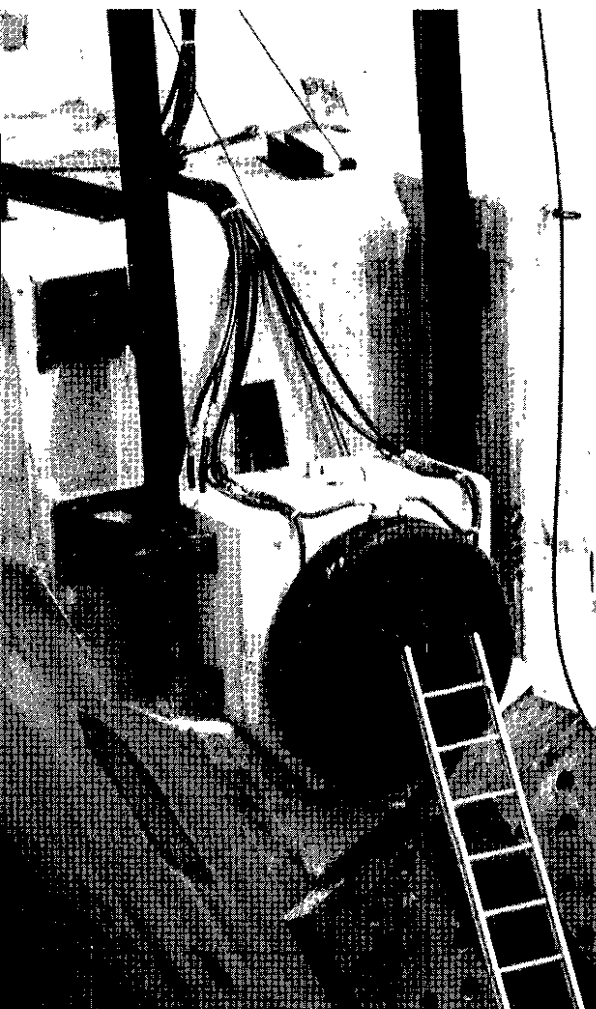
In de volgende fase werd een stortpijp op beide einden van de dorpelbalk geplaatst, die een droge toegang gaf tot de bovenkant van de dorpelbalk. Hier vond de doorkoppeling plaats tussen de in de balk ingestorte mortelleidingen en de mortelleidingen naar de containers op de verkeersbrug. Tevens werd een spuitleiding doorgesloten, die allereerst *de oplegvlakken R3 en R4 schoon spoot.* Daarna werden de vijzels van de opleggingen R3 en R4 met water gevuld, en werd het gehele vulsysteem onder waterdruk op lekkages gecontroleerd. Pas dan konden de vier vijzels R3 en R4 worden gevuld met betonmortel. Daarna werd de druk opgevoerd tot 35 atmosfeer, zodat de balk enkele centimeters opgetild werd. Dan konden de definitieve opleggingen R3 en R4 het natte balkgewicht van 1600 ton volledig overnemen. Zonodig werd in deze fase een te grote rotatie van de balk om zijn lengte-as gecorrigeerd. In de laatste fase werden de dubbelvijzels van oplegging R2 aan de Noordzeezijde onder druk met water gevuld, wat de beoogde positie van de balk tegen de Oosterscheldezijde waarborgt. Daarna werd het vijzel van oplegging R1 onder druk met water gevuld.

Vervolgens was fijnpositionering van de balk in dwarsrichting nodig om hem vrij te krijgen van de hardhouten aanslag aan de Oosterscheldezijde. Dan werd in de ene vizel na de andere de watervulling vervangen door betonmortel onder voorspanning. Hiermee werd bereikt dat de balk onder belastingen niet loskwam van de aanslagen. De dorpelbalk steunde nu in horizontale en verticale zin op de definitieve rubber oplegpakketten met als intermediair de met hoogwaardige betonmortel gevulde vizels.

Uitvoering

Vanuit het ontwerp zijn aan het vullen van de vizels allerlei eisen gesteld. De mortel moest voldoen aan hoge kwaliteitseisen, mocht niet krimpen en moest minstens één uur verwerk-

baar blijven. De duurzaamheid diende 200 jaren te bedragen. De druk en de slag van elke vizel moest afzonderlijk geregeld kunnen worden. De helling van de balk in dwarsrichting moest beheersbaar zijn. Verder waren er eisen ten aanzien van de registratie van de meetgegevens, de centrale controle en de bediening. De randvoorwaarden waaronder het proces uitgevoerd moest worden, waren niet licht. De vizels liggen tot 20 m onder water. Elke vizel moest worden voorzien van twee hogedrukslangen, met een totale lengte van 100 m en een inwendige diameter van 19 mm, overigens waren de slangen vanaf de vizels tot aan de bovenzijde van de dorpelbalk al in het bouwdok gemonteerd. De stroomsnelheden van het getijdewater liepen tijdens de operatie op tot 6 á 7 m per sec. Per week dienden drie dorpelbalken te worden gevuld met betonmor-



tel. De operatie moest in de winter doorgaan, zolang er balken geplaatst konden worden. Gelijktijdig met de ontwikkeling van de vijzels is in het laboratorium van Dosbouw een geschiktheidsonderzoek van mortels uitgevoerd. Zwetén, krimp, druksterkte en verpompbaarheid waren de eigenschappen die centraal stonden in het onderzoek. Na uitgebreide statistisch uitgevoerde proeven, zowel bij 5° als bij 20°C, is gekozen voor een gietmortel met geringe krimp en uitstekende verpompbaarheid (figuur 6 en 7). Het materieel waarmee de betonmortel werd aangebracht omvatte een aantal containers, een commandopost, en de stort- en doorvoerpipen met toebehoren. De mortel moest zo dicht mogelijk bij de dorpelbalk worden gemengd, en zo snel mogelijk daarna verpompt worden. Mengen en pompen gebeurde dus altijd op de kering, ongeacht de weersomstandigheden. De mengers en de pompen waren daarom opgesteld in een container. Voor elk uiteinde van de dorpelbalk, dat vijf vijzels bevatte, werd een container ingezet. Elke container was voorzien van twee dwangmengers met een horizontale as en een losklep aan de onderzijde, waterdoseringsapparatuur voor elke menger, een afzuiginstallatie en drie weegvaten waarmee de verpompte hoeveelheid water en mortel bepaald kon worden. Ook stonden in elke container drie mortelpompen, die traploos regelbaar waren en een druk van 0–150 atmosfeer konden leveren, deze pompen waren voorzien van een elektrische drukopnemer, voorts drie retourvaten, voor de controle op het ontluchten en voor het bepalen van de volumetrische massa van de retourspecie; in deze vaten was een volumemeter geplaatst. Dan waren er tien

kogelafsluiters, waarop de tien slangen vanuit de stortpijp werden aangesloten; naar keuze konden de slangen van de pompen of die naar de retourvaten hieraan worden gekoppeld; voor het bepalen van de druk in de vijf retourslangen waren onder de kogelafsluiters elektrische drukopnemers geplaatst. Tenslotte bevatte elke container een watervat, waarin het mengwater werd verwarmd tot 20°C. Via aansluitkabels naar de container konden de pompen worden bediend en de metingen geregistreerd in de centrale commandopost. Dit maakte het mogelijk de operatie aan beide zijden synchroon te laten verlopen. Tevens kwamen in deze container de meetgegevens van de hellingmeters en van de verticale verplaatsingopnemers binnen. Hiermee was een extra controle op het proces mogelijk. Alle metingen werden vastgelegd op een recorder. Om vergissingen te voorkomen werd de actuele situatie van de afsluiters bijgehouden op een legoplanbord. De stortpijpen waren bij elk uiteinde van de dorpelbalk gegroepeerd in een sparing. Vanaf deze plaats moesten ze worden verbonden met de container. Dat bleek alleen mogelijk door een pijp boven de sparing te plaatsen en de pijp droog te pompen, waarna de slangen konden worden aangesloten. De grote stroomkrachten maakten het niet mogelijk de slangen onbeschermd te houden. Het betekende natuurlijk wel, dat deze pijp ook die grote stroomkrachten op moest kunnen nemen. De pijp werd aan de bovenzijde gesteund door een uithouderframe aan de pijler. Aan de onderzijde was de pijp voorzien van een bolscharnier. Met een staalkabel werd de pijp op de dorpelbalk gespannen. Een speciaal ontwikkeld rubberprofiel aan de onderzijde van de pijp zorgde voor de afdichting. Na het plaatsen en spannen werd de pijp leeggepompt. De slangen in de pijp werden vervolgens doorgelukkig met die aan de balk, en de hellingmeter geplaatst. De bevestigingsplaats van de hellingmeter was van tevoren ingemeten, zodat de stand van de dorpelbalk bekend was. Tevens werd tussen de stortpijp en het uithouderframe een verticale verplaatsingsopnemer gemonteerd. De vijzels werden eerst met water gevuld en daarna met betonmortel. De vulling met water diende ter controle op verstoppingen en lekkage. Elke vijzel werd afzonderlijk getest op 10 atmosfeer. Eerst werden de onderste vijzels R3 en R4 gevuld, dan de verticale vijzels R1 en R2. Het vulsysteem was zo ontworpen dat het gehele proces vanuit de container bediend kon worden. Pas wanneer een vijzel gevuld

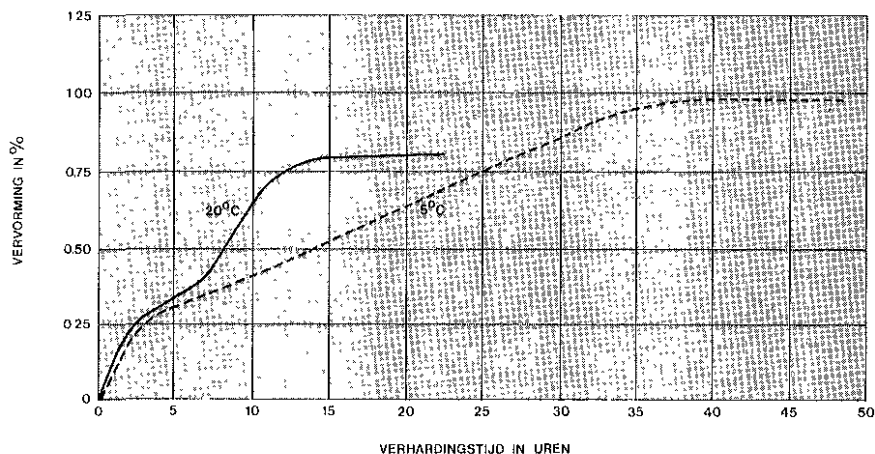


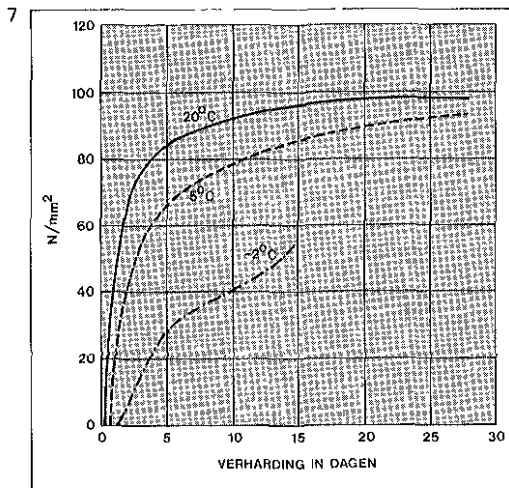
Fig. 6 Krimpvervorming van het betonmortel bij 45 bar druk

Fig 7 Sterkte-ontwikkeling van het mortel

Fig 8 Relatie tussen vijzel-inhoud en -afslag

Mengpaneel voor betonmortel

was en akkoord bevonden, werden de slangen onder in de stortpijp losgekoppeld om zo snel mogelijk weer schoon te kunnen spoelen. Aan de hand van de metingen van het weegvat en het retourvat kon de inhoud van de vijzel worden vastgesteld. Met behulp van een diagram (figuur 8) kon de slag van de vijzel worden bepaald. Als al het water uit het systeem was verdwenen kwam er natuurlijk ook mortel in het retourvat. Dit werd opgevangen, en de volumetrische massa ervan werd bepaald en vergeleken met die van de mortel direct na het mengen. Die controle was nodig, omdat onderweg ontmenging optrad in het grensgebied van water en mortel. De mortelinhoud moest in deze fase overeenkomen met de eerder vastgestelde waterinhoud. Daarna werd in alle vijzels gelijktijdig de druk opgevoerd en de dorpelbalk opgelicht. De



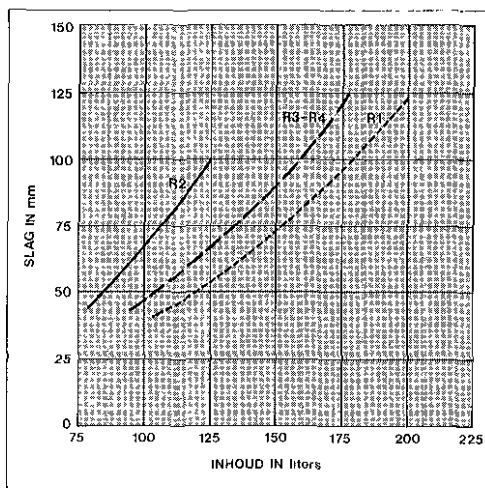
standaardmaat was 20 mm voor alle vijzels, maar hiervan kon worden afgeweken als een correctie nodig was. De druk liep in deze fase op tot ongeveer 35 atmosfeer. Zodra de vijzels gevuld waren en gecontroleerd, werden slangen, pompen en vaten schoongespoeld en weer met water gevuld voor de volgende fase. Ook de vijzels R1 en R2 werden eerst met water gevuld, waarbij de slag van de vijzels op identieke wijze werd gecontroleerd. Het verschil lag alleen in de volgorde van handelingen.

Eerst werd de balk met de beide gelijktijdig gevulde R2-vijzels met een druk van 40 atmosfeer tegen de houten opleggingen aan de Oosterscheldezijde gedrukt. Daarna vulde men vijzel R1 met water tot een druk van 25 atmosfeer. Bij deze druk was er evenwicht tussen de beide vijzels.

Vervolgens werd de inhoud van één van de R2-vijzels verminderd en de vijzel R1 bijgevuld, met als gevolg een horizontale verschuiving van 10 mm.

Van alle vijzels werden nu de kogelafsluiters in de containers dichtgedraaid, zodat de inhoud gefixeerd werd. De vijzels werden vervolgens één voor één volgepompt met mortel, door alleen de afsluiters behorende bij elke vijzel open te draaien. Controles op de inhoud en de druk gaven aan of dezelfde vullingsgraad weer werd bereikt.

Als alle vijzels gevuld waren, werden de kogelafsluiters op de dorpelbalk dichtgedraaid, de slangen afgekoppeld en het gehele systeem zorgvuldig schoongemaakt. Een werkcyclustijd nam ongeveer 24 uur in beslag. Bij drie dorpelbalken per week was dit



dus een twee-ploegendienst. Elke ploeg bestond uit een uitvoerder, twee operators en een schrijver in de commandopost, en in elke container: een molenbaas, een pompmachinist en een assistent; één man werkte boven en één beneden, en het geheel werd geleid door een voorman en de uitvoerder. De werkzaamheden konden verdeeld worden in 8 uur verplaatsen en voorbereiden, fase 1 van het vullen met betonmortel duurde 8 uur, en fase 2 nog eens 8 uur.

De beschrijving hierboven zou de indruk kunnen geven dat de gehele operatie probleemloos verliep. Dat is echter niet het geval geweest. De bekende kinderziekten moesten ook hier worden opgelost.

Het plaatsen van de dorpelbalken en het vullen van de vijzels is moeilijk werk geweest. Er gingen uitgebreide proefnemingen aan vooraf, waaronder proefplaatsing van een balk en proeven met het verpompen van mortel, ruim vooruitlopend op de geplande werkzaamheden. De belangrijkste problemen konden toen al worden ontdekt en hersteld.

Een groot voordeel van de werkzaamheden aan de stormvloedkering is het repetitieve-element geweest, waardoor ploegen de kans kregen zich in te werken.

Eind mei 1986 was het vullen van de vijzels met succes voltooid.



Het in 1986 in de Oosterscheldekering gebouwde milieumeetstation HISMIL moet dienen ter bewaking en verkenning van het milieu van de Oosterschelde, dat door de grootschalig uitgevoerde waterloopkundige werken zal veranderen, en daarbij door het beheer kan worden beïnvloed. Continu volgen van de waterkwaliteit, en bepaling van het verloop van de aantallen en soorten organismen in de tijd, moet inzicht geven in het functioneren van het ecosysteem in de Oosterschelde vanaf het moment dat de stormvloedkering operationeel is en de compartimenteringswerken zijn voltooid. Het milieumeetstation maakt deel uit van het project HISTOS: het Hydro-Meteo Informatie Systeem Oosterschelde.

Oorspronkelijk lag het in de bedoeling vier simultaan opererende meetstations op te nemen in het tracé van de stormvloedkering. Later werd besloten slechts één station te bouwen, en wel in de doorstroomopening R22 in de Rooppot. Deze locatie is voldoende representatief voor het in- en uitstromende water door de gehele stormvloedkering. Door het noordelijke deel van de Rooppotgeul stroomt namelijk ongeveer 28%, ofwel 240 miljoen van de 850 miljoen kubieke meter water die per getij door de mond van de Oosterschelde gaat.

De getijstroom verplaatsen de watermassa tot op grote afstand van de stormvloedkering. Door de continue metingen op de kering te koppelen aan waterloopkundige modelberekeningen is het mogelijk de waterkwaliteit, aan de hand van de metingen hier, ook te beoordelen op andere plaatsen in het Oosterscheldebekken of in de Voordelta. Het ene meetpunt wordt dus representatief voor een groot gebied. Om een idee te geven is in figuur 1 de weg weergegeven die het eb- en het vloedwater afleggen vanaf de meetlocatie. Deze afstanden werden bepaald aan de hand van drijvermetingen in maart 1986, toen het getijverschil gereduceerd was in verband met werkzaamheden aan de stormvloedkering. In de operationele fase van het milieumeetstation zal nog eens precies worden vastgesteld hoe groot de getijweg is geworden door de voltooiing van de kering en de compartimentering.

De bewaking van het milieu wordt voornamelijk uitgevoerd door het in- en uitstromende water van de Oosterschelde zowel kwantitatief als kwalitatief te beoordelen aan de hand van continu uitgevoerde metingen. Het gaat

Een milieumeetstation aan de stormvloedkering in de Oosterschelde

daarbij om de kwaliteitsparameters troebelheid, fluorescentie, zuurstofgehalte, zuurgraad, geleidendheid en temperatuur, de laatste twee geven samen een maat voor het zoutgehalte.

Met discontinu uitgevoerde zand- en slibconcentratie metingen kunnen de transporten van die stoffen berekend worden.

De verkenning van het milieu van de Oosterschelde is zoveel als het uit te voeren onderzoek, met het milieumeetstation als hulpmiddel. Dat onderzoek omvat allereerst – en dat is het project BALANS – de bepaling van stofstromen die van belang zijn voor de voedselketen in de Oosterschelde. Ook stofstromen van slib en zand zullen gekwantificeerd worden, voor de beoordeling van de geomorfologische ontwikkeling van het gebied, dat in het GEOMOR-project wordt onderzocht. De kwalitatieve beoordeling van biologische componenten zal, met het onderzoek aan chemische componenten, informatie verschaffen over de relatie tussen voedingsstoffen en biomassa; dat is het project EUZOUT.

Speciale bemonsteringsapparatuur in het station maakt het mogelijk, gedurende instelbare perioden biologische, chemische en geochemische bemonsteringen uit te voeren. Het meetstation werkt onbemand en is een volledig geautomatiseerde eenheid. Het heeft een waterinneemstelsel dat is samengesteld uit buizen in het midden van doorstroomopening R22. De pompen die het water opzuigen staan in de holle bovenbalk. Het monsterwater wordt vandaar doorgepompt naar een als laboratorium ingerichte container in de verkeerskoker.

Er zijn twee gescheiden pompsystemen. Ten

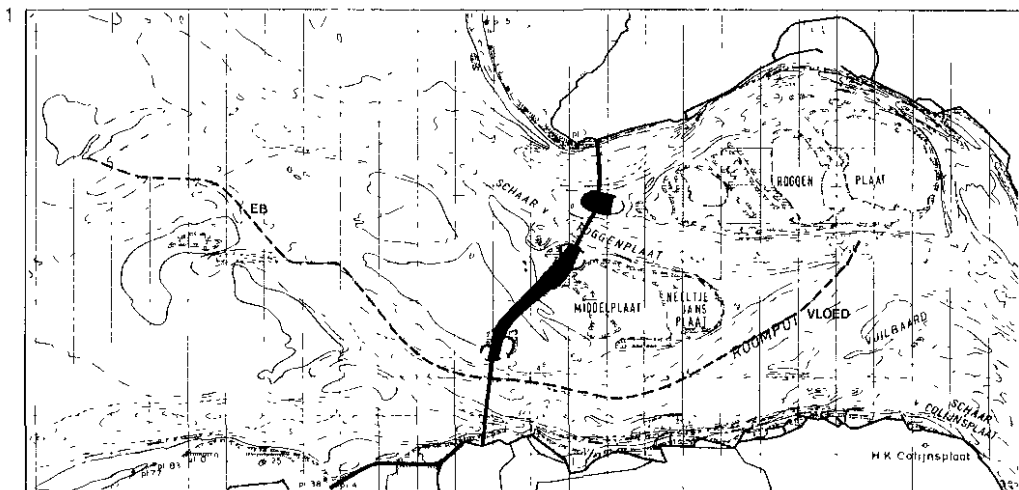


Fig 1 Stroomtrajecten bij eb en vloed, vanuit het milieu-meetpunt in de Oosterscheldedekering

eerste een systeem met zuigbuizen op drie diepten: 2 m, 5,7 m en 8,5 m beneden N.A.P. respectievelijk; de bovenkant van de dorpelbalk ligt op N.A.P. -9,5 m. Deze buizen dienen voor het oppompen van water waarvan de erin opgeloste stoffen moeten worden geanalyseerd. Het andere systeem heeft zuigbuizen op vier diepten - respectievelijk 1,5 m, 5,5 m, 8,25 m en 9,0 m beneden N.A.P. - voor de bemonstering van water waarin de zandfractie bepaald moet worden. Laatstgenoemde zuigbuizen hebben een kleinere diameter, zodat de watersnelheid er hoger is, ter voorkoming van sedimentatie van het zand. Iedere zuigbuis is in tweevoud uitgevoerd: één buis voor bemonstering tijdens ebstroom en één tijdens vloedstroom. De aanzuigopeningen van deze buizen staan in de richting van de stroom. De zuigbuizen zijn gemonteerd in een stalen vakwerkconstructie die in het midden van poort R22 wordt bevestigd aan de bovenbalk. In totaal komen 14 buizen van de vakwerkconstructie uit in de holle bovenbalk. Nu zal een belangstellende lezer zich afvragen waarom er gekozen is voor zoveel zuigleidingen en pompen, terwijl meetschepen slechts met één leiding en één pomp werken. Wel, dat is een gevolg van het feit dat het meetstation moest worden uitgevoerd als een stijve constructie. Een beweegbare constructie of een constructie met beweegbare onderdelen zou niet eenvoudig te realiseren en operationeel te houden zijn bij de maximale stroomsnelheden tot 7,5 meter per seconde, die onder extreme omstandigheden in de doorstroombopening zouden kunnen optreden. Mede om die reden zijn de pompen in de bovenbalk opgesteld.

Een andere reden is dat de leidingen mecha-

Fig 2 Doorsnede (links) en model van de vakwerkconstructie voor het meetstation

nisch gereinigd moeten kunnen worden ter bestrijding van aangroei door onder andere zeepokken. Dat gebeurt door twee- tot viermaal per maand kunststof propfen door de leidingen te pompen.

Computergestuurde kleppen zorgen dat juist dat water wordt geleverd waar het bemonsteringsprogramma om vraagt. De keuzemogelijkheden voor monsterfrequentie en monsterdiepte zijn ruim. De bemonstering van water voor de bepaling van opgeloste stoffen is volledig geautomatiseerd, de bemonstering van water speciaal voor zand of slib wordt met de hand uitgevoerd.

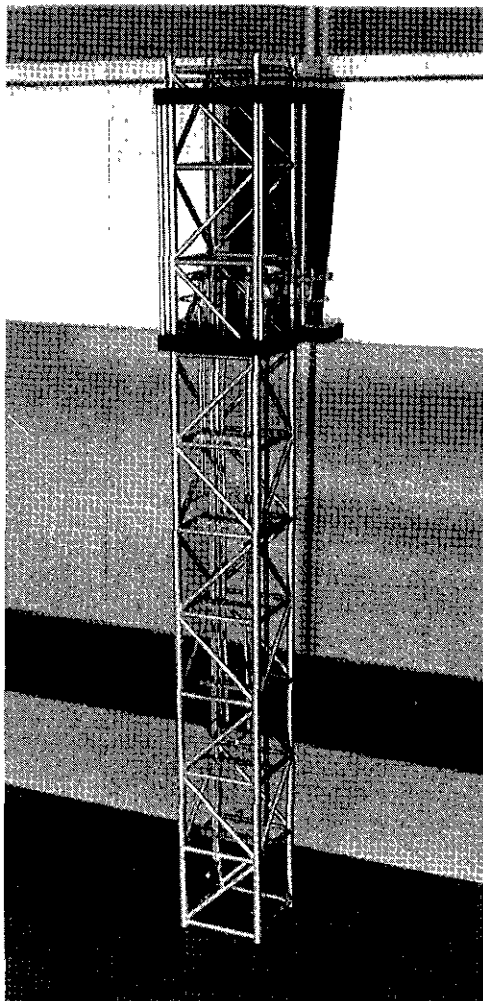
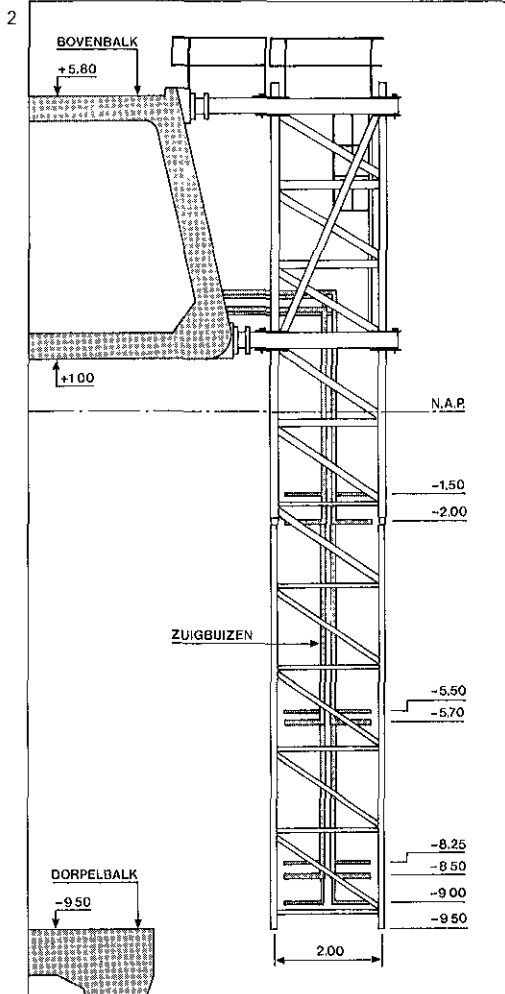
Het water voor de zand-bemonstering wordt door een van de vier zuigbuizen opgezogen, waarna het doorgeperst wordt naar de milieucontainer in de verkeerskoker. De persleiding is 70 meter lang. Regelapparatuur

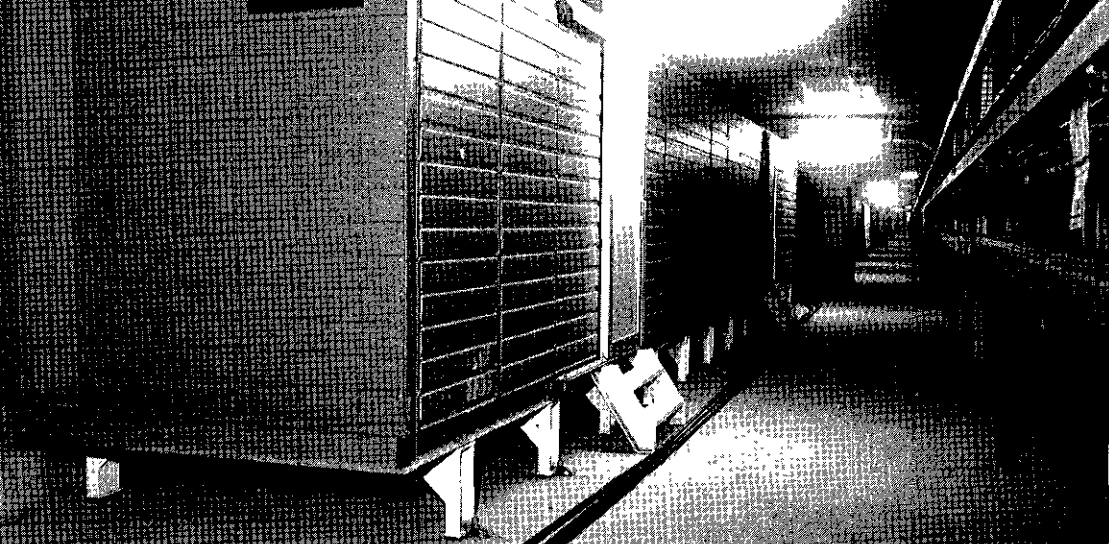
zorgt ervoor dat de stroomsnelheid van het water in het systeem constant blijft en nooit zakt beneden de 1,4 meter per seconde, zodat er geen zand kan sedimenteren. In de milieu-container kan voor bepaling van de zandconcentratie 60 liter water in een verzamelvat opgevangen worden. Dit water wordt vervolgens gefiltreerd met behulp van een zogenaamde pompfilterset, over een filterdoek met een doorlaat van 50 micron. In het laboratorium worden deze filters gedroogd en gewogen. Op interessante tijdstippen kunnen zo zandconcentraties bepaald worden op vier diepten in de doorstroomopening. Met behulp van de waterkwaliteitsschattingen van het HISTOS-metnet kunnen daaruit zandtransporten worden berekend.

Zwevend materiaal kleiner dan 50 micron wordt gedefinieerd als slib. Deze kleinste

deeltjes kunnen niet in grote hoeveelheden door filtreren worden bemonsterd. Daarom wordt slib bemonsterd met een doorstroomcentrifuge, waar het in de snel ronddraaiende trommel sedimenteert onder invloed van de grote centrifugale kracht. Op die manier kan bemonsterd worden in porties, met een maximum debiet van 1000 liter per uur. Dit type bemonstering levert dan bij één portie per uur ongeveer 20 tot 50 gram zwevende stof op. Dit resultaat is voldoende voor het uitvoeren van specifieke geochemische analyses en voor de berekening van de slibtransporten die in dat deel van de Oosterschelde optreden.

Voor de bepaling van opgeloste of zwevende stoffen stroomt monsterwater door sensoren die in de leiding zijn ingebouwd. De continue meting betekent in feite dat er afwisselend,





De laboratorium-container in de bovenbalk

gedurende korte perioden, water van een van de drie diepten wordt aangevoerd voor metingen

Eerst stroomt het water door een sensor waarmee de troebelheid wordt gemeten. Troebelheid is een maat voor het gehalte aan zwevende stof. Deze waterkwaliteitsparameter wordt voor een aantal watertypen en functies als norm gehanteerd. De zwevende stof in het water bestaat uit plankton en slib. Plankton bestaat uit plantaardige en dierlijke micro-organismen. De groei van plantaardige micro-organismen, het fytoplankton, wordt door zonlicht gestimuleerd. Dit fytoplankton staat aan de basis van een belangrijke voedselketen in de Oosterschelde en op de Voordelta. De volgende stap – of hap – in die voedselketen is het zoöplankton, dat van het fytoplankton leeft. De totale hoeveelheid

koolstof die per tijdseenheid in een watersysteem ontstaat door de groei van fytoplankton noemen we de primaire produktie.

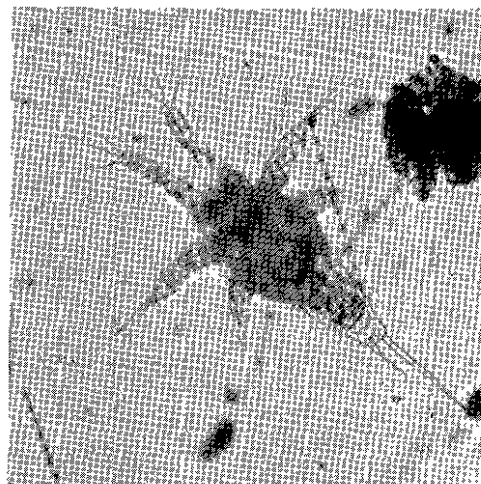
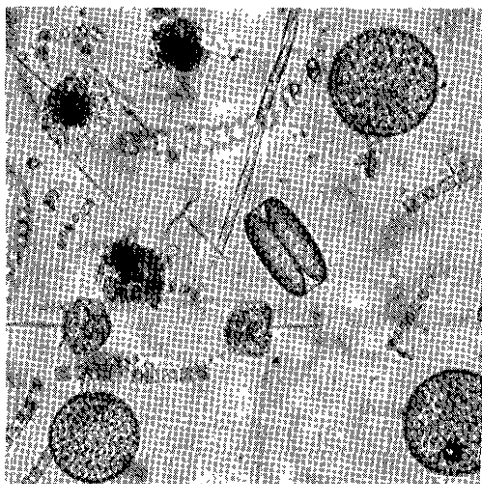
Het andere deel van de zwevende stof wordt gevormd door zand, slib, en detritus, dat zijn de afgestorven delen van plant en dier.

Detritus staat aan de basis van een andere voedselketen die in de Oosterschelde kan worden onderscheiden. Deze voedselketen begint bij de groep van organismen die met sediment-eters wordt aangeduid, en die onder andere leeft van detritus.

Zwevende stof is dus deels voedsel en deels onbruikbaar materiaal. Om het gehalte zwevende stof met voedingswaarde te bepalen wordt de fluorescentie van het water gemeten. Het chlorofyl of bladgroen in de cellen van het fytoplankton heeft de eigenschap zichtbaar licht te gaan uitstralen onder bestraling met ultraviolet licht. In de sensor van de fluorometer wordt het uitgestraalde zichtbare licht gemeten. Vergelijking en ijking van troebelheid en fluorescentie kan een indruk geven van de fractie plantaardig plankton in de totale hoeveelheid zwevende stof.

De groei van het fytoplankton, die ieder voorjaar opnieuw op gang komt, net zoals die van de landplanten op onze breedtegraad, heeft onmiddellijke gevolgen voor een aantal waterkwaliteitskenmerken: ten eerste het gehalte aan zuurstof, dat door de microscopisch kleine plantjes in ruime mate wordt geproduceerd, ten tweede de zuurgraad, die door het ademhalingsproces van het plankton wordt beïnvloed. Het water van het milieustation stroomt door sensoren die deze kenmerken kunnen meten.

Tenslotte stroomt het water door een sensor



die de geleidendheid en de temperatuur meet. Daaruit wordt het zoutgehalte van het water berekend. Hiermee wordt ook aanvullende informatie verkregen voor het HISTOS-systeem over de kwantitatieve verdeling van watermassa's over de Oosterschelde.

Naast deze continue metingen kunnen er per getij bemonsteringen worden uitgevoerd die bedoeld zijn om een nog groter aantal waterkwaliteitsparameters te meten, bij voorbeeld de nutriënten, ofwel voedingsstoffen, zowel in opgeloste als in particuliere vorm. Ook kunnen in deze monsters de concentraties van verontreinigingen worden bepaald; of ze dienen voor het uitvoeren van bijzondere metingen zoals de bepaling van de primaire productie.

Een ander belangrijk onderdeel van het semicontinu bemonsteren is de bemonstering van fytoplankton en zoöplankton. Bij die bemonsteringen wordt water gefiltreerd over plankton-gaas van verschillende maaswijdte. Het fytoplankton wordt zo verdeeld in de klassen 0 tot 20 micron, 20 tot 100 micron en 100 tot 500 micron. Het zoöplankton valt deels samen met de fytoplanktonklassen, het is alles tussen 50 micron en 2 mm.

De fytoplanktonbemonstering wordt uitgevoerd over een periode van vijf uur in respectievelijk een eb- en vloedcyclus. Daarna wachten de geconserveerde monsters tot het moment waarop ze voor determinatie naar het laboratorium worden afgevoerd. De bemonsteringsapparatuur wordt schoongemaakt, en er kan weer een nieuwe bemonstering worden uitgevoerd.

De zoöplanktonbemonstering wordt over de drie niveau's tot een mengmonster opgebouwd. Het monster wordt verzameld over

Links. Fytoplankton, diatomeen of kiezelwieren

Rechts. Zoöplankton: larve van een roeipootkreeftje

een aantal eb- en vloedperioden binnen enige getijdencycli. Ook deze monsters worden geconserveerd. Nadat de bemonsteringsperiode van bij voorbeeld een week is verstreken, wachten de monsters op transport en wordt de apparatuur weer gebruiksklaar gemaakt.

Automatisering

Het werk op het HISMIL-station is zeer arbeidsintensief; bemonsteringshandelingen moeten ingesteld worden; metingen en bemonsteringen moeten gestuurd worden; gegevens moeten worden ingewonnen, gecontroleerd, omgerekend, gereduceerd en opgeslagen, ijking, bewaking en alarmering moeten worden uitgevoerd. Zonder automatisering zou dit alles onuitvoerbaar zijn. In het milieumeetstation wordt voor de

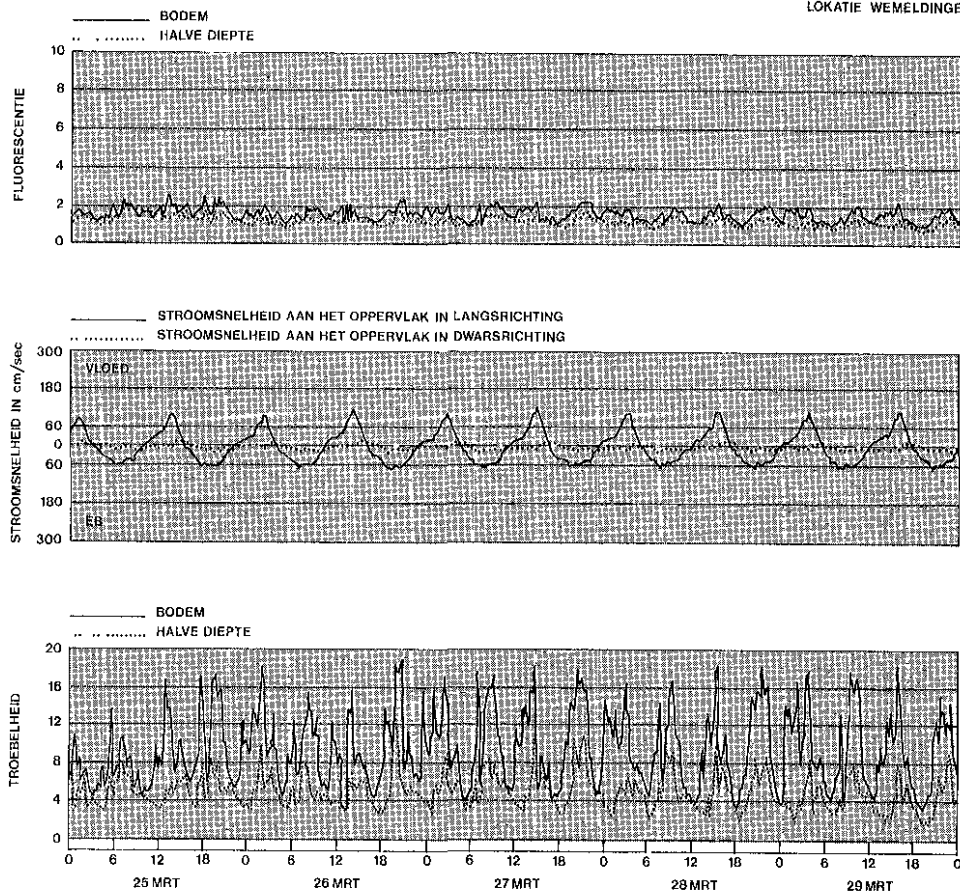


Fig 3 Meerdagsgoedverloop
van fluorescentie, stroomsnel-
heid en troebelheid op een
locatie bij Wemeldinge

automatisering van de werkzaamheden een half-afhankelijke computer geïnstalleerd; de daarin verzamelde gegevens komen uiteindelijk via een telefoonlijn terecht in de hoofdcomputer in het rekencentrum van de directie Zeeland.

De computer van het HISMIL-systeem is opgebouwd uit de gebruikelijke verbindingmodule en zeven inwinmodules, te weten een voor temperatuur en geleidendheid, een voor turbiditeit en fluorescentie en een voor chemische monstername; twee modules voor monstername van zoöplankton en fytoplankton, een geochemische module en een waterstroommodule.

Deze laatste module zorgt voor de instelling en controle van de waterstroom, en voorziet de overige zes modules van gegevens over het opgepompte niveau en de waterstroom-

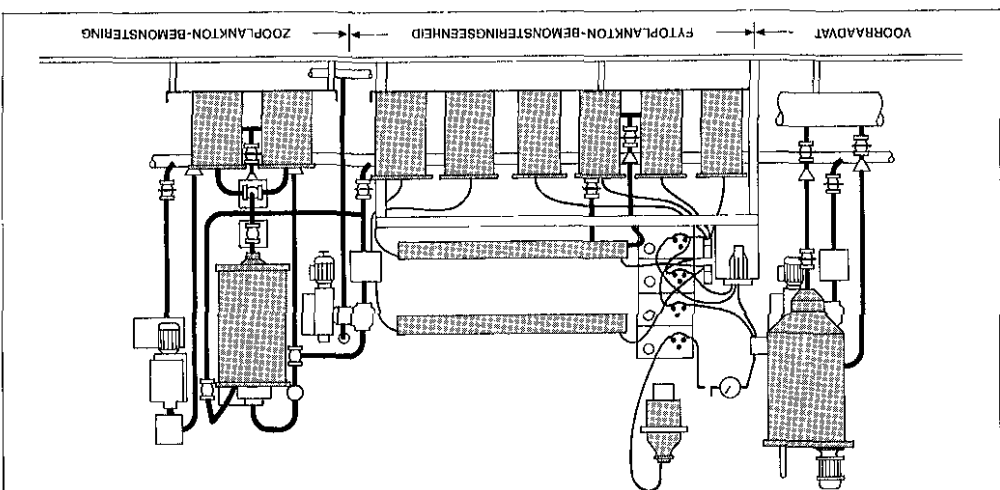
Fig 4 Opstelling voor fyto-
en zoöplanktonbemonstering.

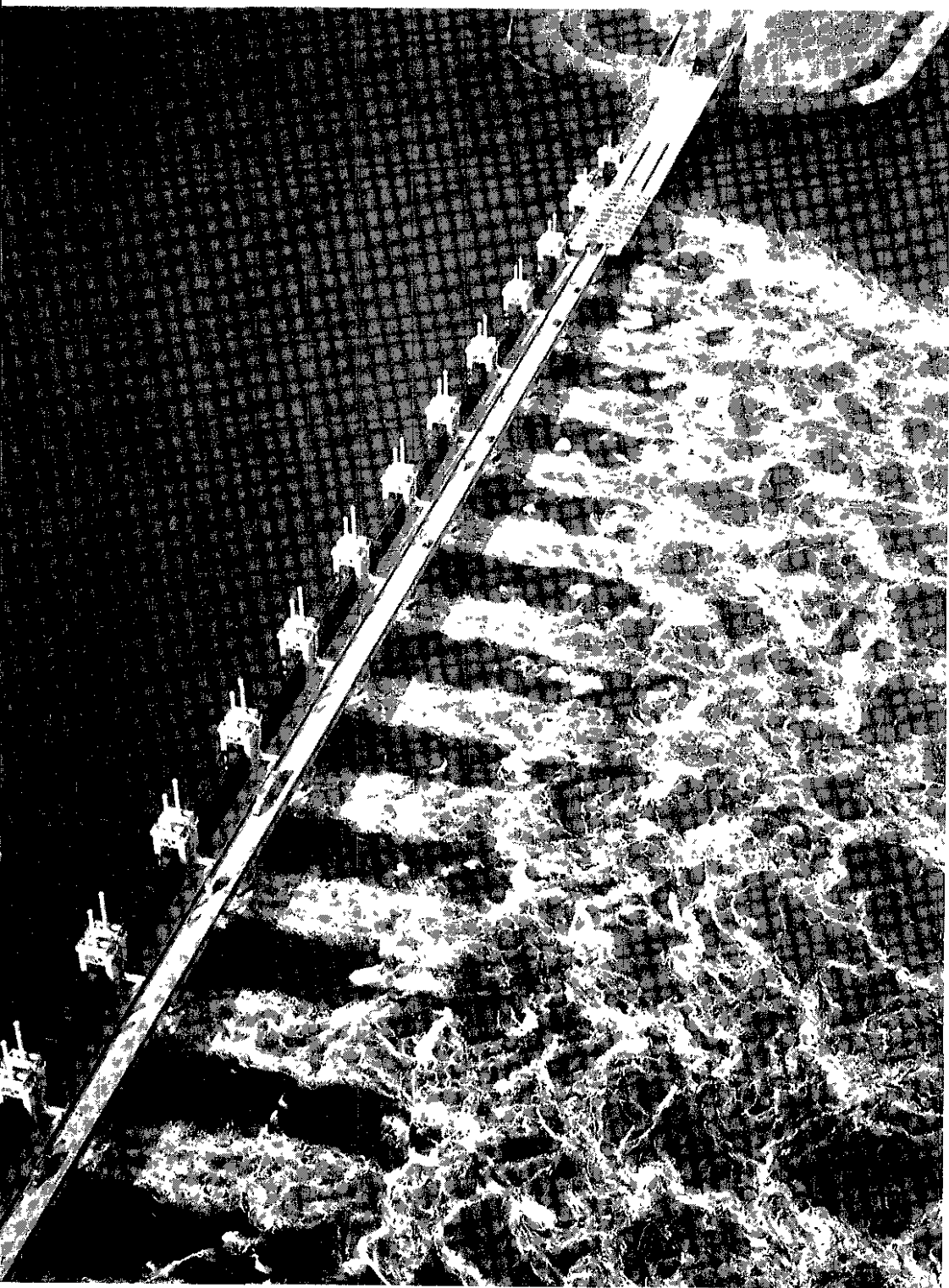
toestand in het milieustation. De zes eerste-
noemde modules zijn onafhankelijk van elkaar
werkende inwinnmodules; ze hebben tot taak
het meet- en monsternamenprogramma per
onderdeel te besturen en af te werken.
In de inwinnmodules worden statistieken
bijgehouden met betrekking tot fouten,
uitschieters en afwijkingen. Ook worden er
reeksen van bewerkte gemiddelde waarden
bijgehouden. Voorts worden in de inwinnmodu-
len administratieve gegevens over de monsternamen
opgeslagen. Tenslotte zorgt de computer
ervoor dat de buitenwereld wordt geïnformeerd
als de waterstroom, de monsternamen of de
metingen niet naar behoren functioneren.
Alle genoemde gegevens staan per inwinnmodule
in een bestand ter beschikking van de
gebruiker van het milieustation. Deze
bestanden worden regelmatig via een telefoon-
lijn overgebracht naar de centrale computer,
zodat de gebruiker over lange-termijngegevens
kan beschikken.

Met dezelfde telefoonlijn waarmee de

Het milieustation wordt in de tweede
half van 1986 gebouwd; het zal naar verwach-
ting in mei 1987 operationeel zijn. De conti-
nuit van het meetbedrijf en de inwinnings-
verwerking van de meetgegevens zullen
worden verzorgd door de directie Zeeland.
Gespecialiseerd onderzoek zal worden
gecoördineerd en uitgevoerd door de Dienst
Getijdewateren te Middelburg.

bestanden overgebracht worden, kan de
gebruiker op ieder moment de actuele
toestand in het meetstation opvragen, en
indien nodig de instelparameters wijzigen.
De computer van het milieustation kan
met nog maximaal acht modules uitgebreid
worden. In de toekomst zou bij voorbeeld de
alarmeringsfunctie van het station kunnen
worden uitgebreid, als er sensoren worden
ontwikkeld die reageren op die stoffen in het
water die alarmering rechtvaardigen, zoals
olie of gifstoffen.





Sedert de Deltadienst in de zeventiger jaren werd uitgebreid met een afdeling voor milieu-onderzoek, heeft het zwaartepunt van het onderzoek gelegen bij de waterkwaliteit, in de ruimste zin des woords. Zulk onderzoek was in de gehele zuidwestelijke regio van Nederland tot dan toe onbekend, afgezien van routine-bemonsteringen in de Westerschelde als uitvloeisel van internationale afspraken.

Het onderzoeksvaartuig 'Argus'

Een speciaal vaartuig om dat onderzoek uit te voeren was er niet, aangezien niet bekend was waaraan zo'n vaartuig zou moeten voldoen, en wat het pakket van werkzaamheden zou zijn dat moest worden uitgevoerd, kwantitatief zowel als kwalitatief. Maar na een periode van inventarisatie- en opbouwactiviteiten kreeg men inzicht in de problematiek. In die tijd kon de hand gelegd worden op een klein directievaartuig, het motorschip 'Ventjager', een bootje van 15 m lang, 4,5 m breed en 1,5 m diep.

Intussen werd ook de nodige infrastructuur opgebouwd: apparatuur voor plaatsbepaling, radar, lleren met davits en ook een spoelbak met afvoer buitenboord. De meetapparatuur was zeer primitief: hij bestond uit een draagbare lood-zink zuurstofmeter, een draagbare geleidendheidsmeter, een schijf voor het meten van de doorzichtbaarheid en een standaardthermometer. Ten behoeve van de bemonstering had men een waterhapper van drie liter ter beschikking. De monsters werden verzameld in melkflessen van glas, die werden opgeborgen in kratten van kunststof.

Het te onderzoeken gebied strekte zich toen uit tussen de Noordzee en de Westerschelde enerzijds, en de lijn Hoek van Holland-Gouda-'s-Hertogenbosch-Bergen op Zoom anderzijds. De te onderzoeken posities waren over dit gebied verspreid volgens geologische en hydraulische patronen.

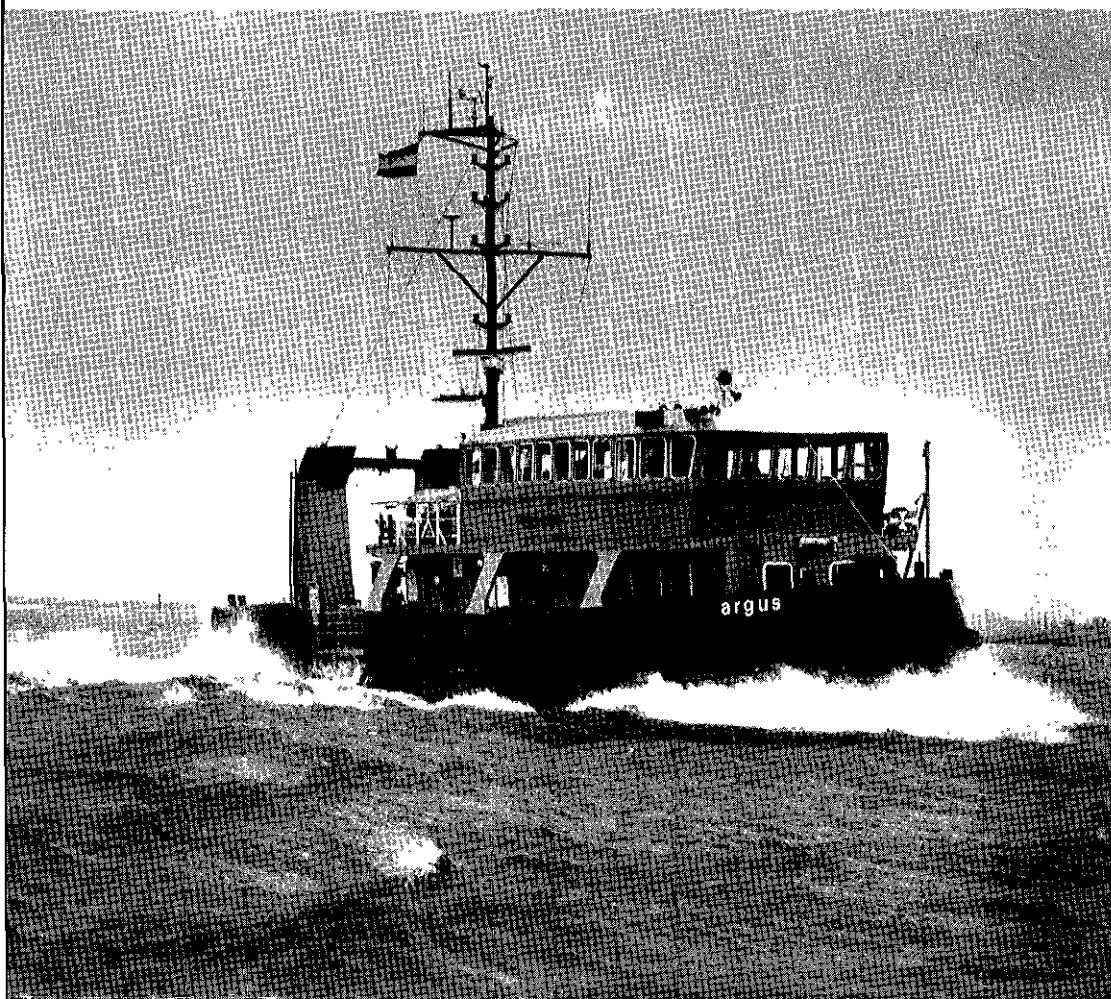
Tijdens het onderzoek op een willekeurig punt werd getracht het vaartuig zo stil mogelijk te houden ten opzichte van de waterkolom eronder, en dan werden de sensoren van de meetapparatuur buitenboord gehangen, waarna de waterhapper volgde. De sensoren en de happer voerden meestal op drie diepten

metingen en bemonsteringen uit: aan de oppervlakte, op halve diepte en 1 m boven de bodem.

Na dit enerverende werk op een klein slingerend schip was er een rustpauze tot het volgende meetpunt, waar alles zich herhaalde. Die rustpauzen hebben, hoe vreemd het klinken moge, aanleiding gegeven tot het systeem dat nu op het onderzoeksvaartuig 'Argus' professioneel is opgebouwd: de rustpauzen gaven de bemanning namelijk juist voldoende tijd om zich uit te leven op – in het begin eenvoudig – knutselwerk, dat gericht was op vergemakkelijking van de werkwijze.

Binnen één jaar was het zover dat de meetapparatuur, die ondertussen was uitgebreid met een pompje en een zuurgraadmeter, alleen nog 's morgens overboord diende te worden gezet, en pas 's avonds weer aan boord gehesen. Daarmee was het prototype van de zogenaamde meetvis geboren. Men ontwierp vervolgens een nieuw systeem, dat bestond uit twee gescheiden eenheden: een nat systeem – de pomp met slang, slanghaspel en verdeeleenheden –, en de meetvis met zijn sensoren. Het natte systeem bevatte twee, later vier membraanpompen met elk een enkelvoudige opbrengst van 1000 liter per uur. De voeding van deze pompen verliep via een gewapende kabel met twaalf aders van 70 m lang, die telkens met de hand moest worden uitgevierd en opgeschoten.

De meetvis bestond uit een frame van roestvrij staal, waarin de sensoren cirkelvormig waren gegroepeerd rondom de kern. Op een later tijdstip werd de meetvis van een Greveling voorzien; de zeegrasproductie in het Grevelingenmeer had dusdanige vormen aangenomen, en er traden ook regelmatig beschadigingen



op door aangevaren vissen en andere zwevende voorwerpen, dat deze maatregel onvermijdelijk werd. De signalen en voedingen van de meetvis werden gedragen door een 100 m lange kabel met 22 aders, die ook met de hand en op een speciale wijze werd uitgevierd en opgeschoten. Na veel kabelbreuken en evenveel overleg met de leveranciers werd tenslotte een uitstekende kabel ontdekt, die nog tot op heden wordt gebruikt; deze kabel gaat praktisch niet meer kapot. De presentatie van de signalen vond deels plaats op analoge, deels op digitale wijze, waarbij alle gegevens direct op een meervoudige recorder werden vastgelegd. Later werd ook een kleine computer aan boord geïnstalleerd.

In 1977 werd besloten tot een professionele verbouwing; in zes weken tijd kon een zeer

De Argus aan het werk op de Oosterschelde

Deel van het C14-isotopenlaboratorium

compact en handig werkbaar meetsysteem worden geïnstalleerd in het kleine onderzoeks-vaartuig 'Ventjager'.

Gedurende het verdere gebruik van dit systeem zijn tientallen veranderingen en verbeteringen aangebracht, deels in eigen beheer en deels door derden, totdat er een verbod kwam van hogerhand op het installeren van apparatuur in de 'Ventjager': de diepgang van het vaartuig was door een en ander met twintig centimeter toegenomen, en de zeewaardigheid en stabiliteit werden door deskundigen in twijfel getrokken.

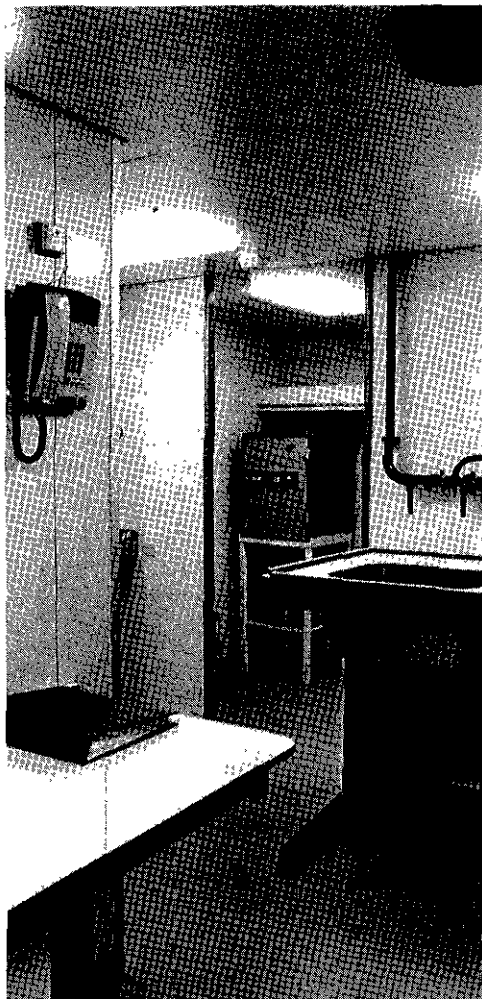
Een frappant verschijnsel bij het waterkwaliteitsonderzoek in die jaren was het feit dat al het gezwoeg om vragen te beantwoorden door intens onderzoekwerk, steeds weer nieuwe vragen opriep; intussen bracht het ons wel steeds dichterbij een compleet beeld van de situatie.

Er kwam nu een tweede onderzoeksvaartuig in dienst van het milieu-onderzoek, het motorschip 'Delta'. Dit schip werd ongeveer net zo ingericht als de 'Ventjager', maar toch bood het betere perspectieven voor onderzoek van zwevende stof in het water, en slib- en zandtransporten. Er werd op de 'Delta' een ander systeem gehanteerd voor het oppompen van watermonsters, en wel de roterende verdringingspomp. Ook kon de bodembemonstering worden aangepakt. Al met al was de 'Delta' completer dan de 'Ventjager', die ook al wat verouderde.

In 1979 werd besloten de 'Ventjager' te vervangen door een of meer speciaal uitgeruste vaartuigen. Het werd uiteindelijk één vaartuig van 28 m lang en 7 m breed, een diepgang van 1,60 tot 1,80 m, en een strijkhogte van 6,60 m. Dit vaartuig zou worden uitgerust met een C14-isotopenlaboratorium. Qua accommodatie zou het kunnen beschikken over zes slaapplekken, verdeeld over drie hutten, en een gecombineerde eet-/woon-/kookruimte. Dat schip kreeg de naam 'Argus', en daarover willen we het nu verder hebben.

Het oude en beproefde systeem van twee eenheden aan boord die gegevens en materiaal aandragen, is op de 'Argus' gehandhaafd gebleven. Er is onderscheid gemaakt tussen waterinname en -transport enerzijds, en anderzijds de geavanceerde elektronica die continue metingen in situ mogelijk maakt. De twee systemen ontmoeten elkaar op twee punten, namelijk aan het begin en aan het einde van de bewerking.

De 'Argus' beschikt nu over een meetvis van forse afmetingen – lengte 1,95 m, diameter 70 cm –, met een gewicht van 900 kg, zodat ook bij zware zee en hoge kruis-

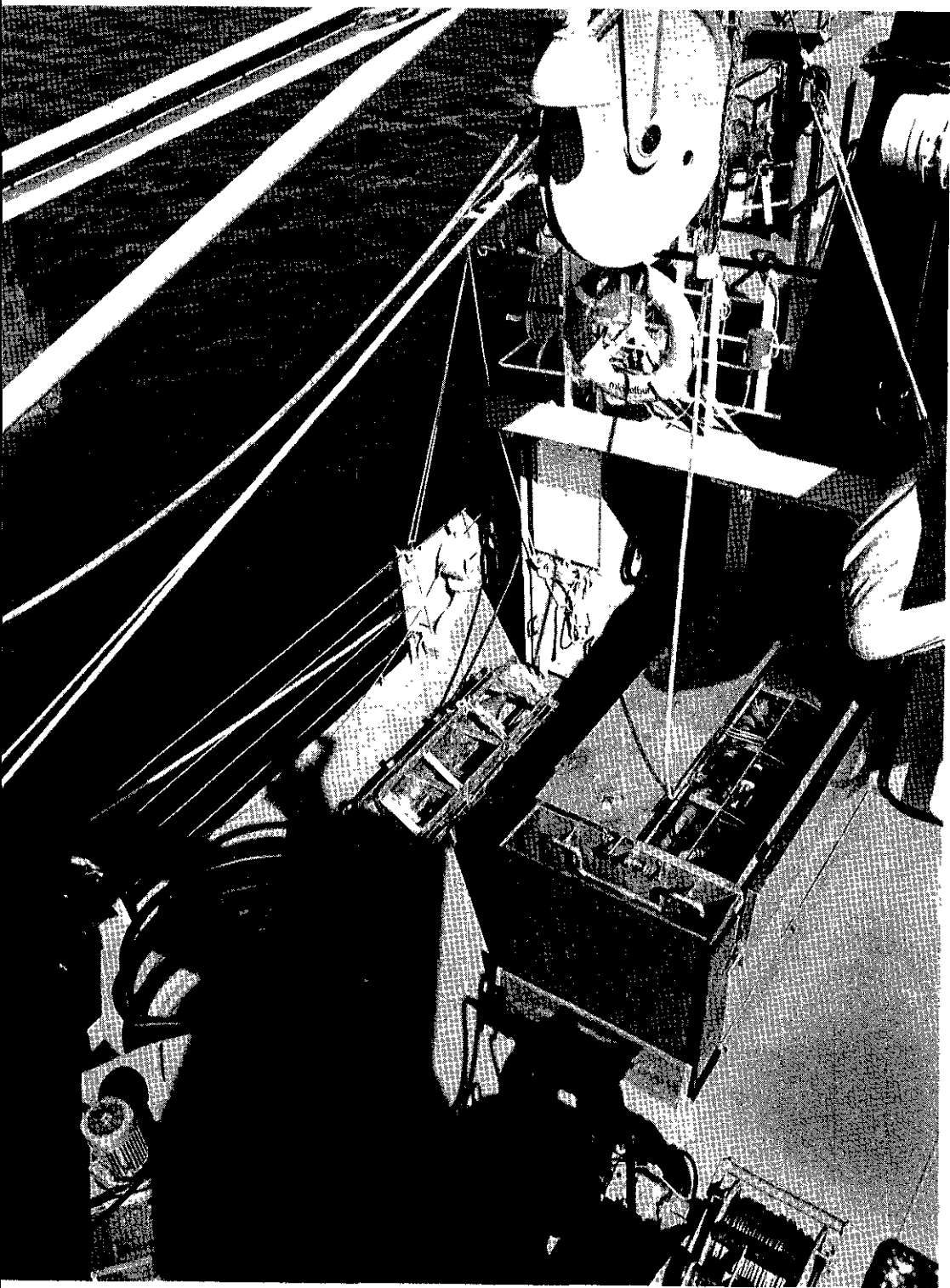


snelheid een stabiel geheel verkregen wordt.

Tevens kan op grotere diepte dan voorheen met hoge snelheid worden gemeten.

De waterinname verloopt isokinetisch, dat wil zeggen dat het water zo wordt ingenomen dat er niets aan de samenstelling verandert of verloren gaat ten gevolge van dichtheidsverschillen. Meteen daarna worden de systemen gescheiden.

De slang wordt via een speciale uithouderrol en slangenhaspel, die een constante spanning op de slang garanderen, traploos op lengte gehouden; het watertransport ondervindt geen hinder van al deze bewegingen, en gaat via een thermisch afgeschermd mantelbuis door de machinekamer naar de pompkamer, waar een verdringingspomp met een maximale capaciteit van 12 m³/uur het transport verzorgt. Het onderdrukgedeelte van dit



transport wordt nauwkeurig bewaakt en geregistreerd. De mogelijkheid is aanwezig om met de pomp een groot aantal debieten te produceren, afhankelijk van het soort onderzoek. De onderdruk kan variëren van $-1,5$ tot $-7,5$ m waterkolom, wat correspondeert met een pompdebiet van $7 \text{ m}^3/\text{uur}$ tot $10 \text{ m}^3/\text{uur}$, en een watertransportsnelheid van $2,5$ tot 4 m/s .

Het opgepompte water wordt naar keuze, ook weer isokinetisch, verder getransporteerd naar de ruimten waar het monster bewerkt, gemeten of getrokken wordt, respectievelijk in het C14-isotopenlaboratorium, het fysisch-chemisch lab en het geo-chemisch lab. Om gedurende dit transport een stabiel drukniveau te garanderen, wordt een deel van het water weer overboord gezet; een drukregelaar volgt een en ander nauwgezet, en stuurt waar nodig bij.

Van het totale debiet van 7 à 10 m^3 per uur wordt echter maar een fractie gebruikt voor bewerking of opslag. Het grootste deel wordt gebruikt om een omgeving te creëren die het eigenlijke monster zo min mogelijk verstoort of verandert.

Om uit dit monsterwater ook nog al het zwevende materiaal te halen, is een supercentrifuge geïnstalleerd, die een scheidingscapaciteit heeft van 500 tot 1600 liter water per uur, bij $16\,000$ omwentelingen per minuut en $1,1$ atmosfeer druk. Tijdens dit onderzoek, dat ongeacht de verdere activiteiten van het vaartuig door kan gaan, wordt het gecentrifugeerde en heel zuiver gemaakte water teruggepompt naar buiten; en passant draagt het onderzoeksvaartuig dus ook nog bij aan de waterzuivering. Het verzamelde slib of zwevend materiaal wordt verpakt en diepge-

vroren of bewerkt. Al deze handelingen vinden plaats in de pompkamer.

Volgen we de transportleiding verder, dan komen we als eerste ruimte onderdeks het C14-isotopenlaboratorium tegen. Dit laboratorium is een exclusief onderdeel van het vaartuig.

Hier bevindt zich een behandelruimte voor het monsterwater, en een zogenaamde incubatorruimte. Deze gehele ruimte is geïsoleerd ten opzichte van het vaartuig: de gehele thermoventilatie is een gescheiden deel van het ventilatiesysteem van het schip. In de ruimte heerst een constante onderdruk ten opzichte van de omgeving, om eventuele radioactieve besmetting van het schip te voorkomen. Valt deze ventilatie uit, dan komt het gehele ventilatiesysteem, dat ook nog vijf andere systemen omvat, tot stilstand, en is het vaartuig gedoemd de werkzaamheden op te schorten tot dit belangrijke systeem is gerepareerd.

De hier beschreven ruimte is brandvast gemaakt voor maximaal één uur. De afvoer van gebruikt monsterwater of spoelwater wordt opgevangen in mobiele containers die van niveau-alarmen zijn voorzien om te voorkomen dat het werkwater overstroomt. Na inspectie en controle van dat opvangwater wordt beslist of het terug de natuur in kan, dan wel verzonden moet worden naar Petten voor verdere verwerking.

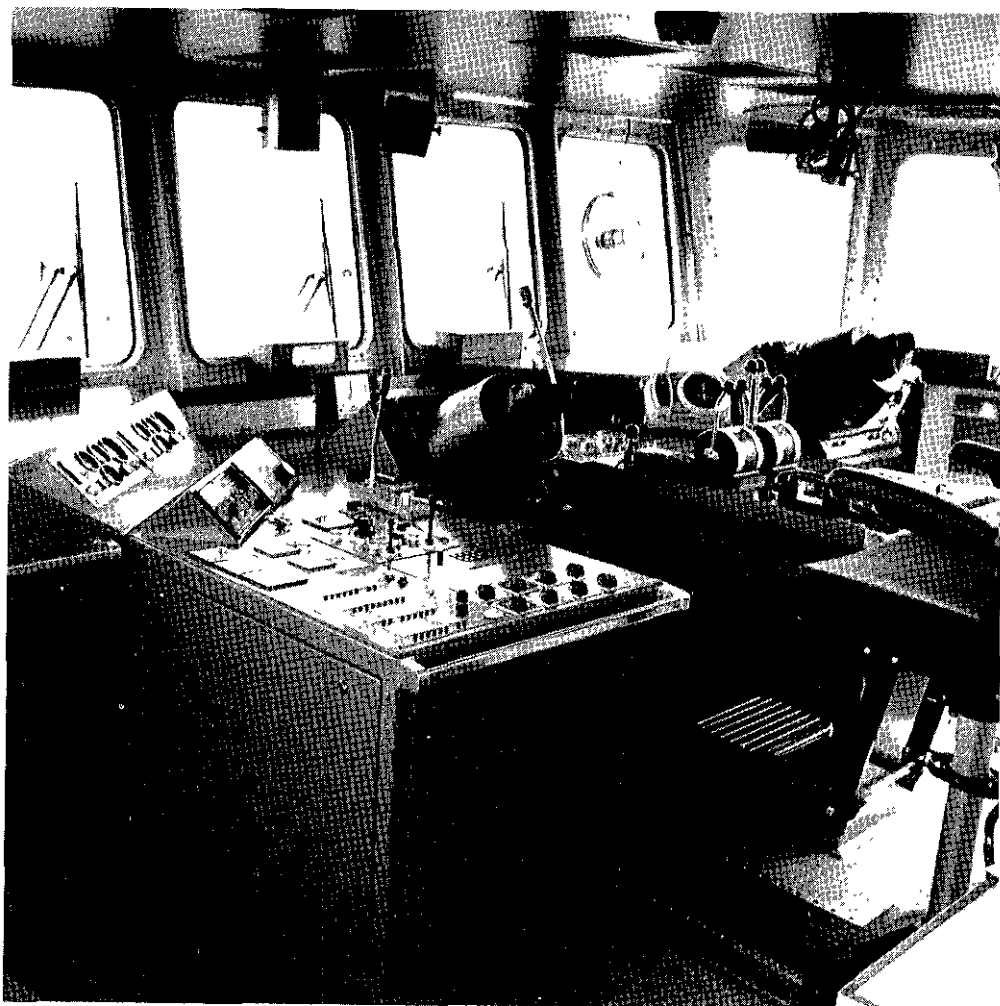
De naden in de wanden van de C14-ruimte zijn alle voorzien van een siliconenaafdichting, om ook daar geen besmetting te creëren. De vloer is van naadloze kunststof met een hoge slipvastheid en een zeer hoge dichtheid. Uiterste zorg is besteed aan de speciaal voor dit vaartuig ontworpen incubator en de ruimte waarin die staat.

De biologische micro-organismen in het omringende water zijn gevoelig voor licht, temperatuur en voedingsstoffen. Meting van veranderingen hierin is een zeer langdurige en bewerkelijke methode, die praktisch niet uitvoerbaar is in de natuurlijke omgeving, vanwege het mogelijke besmettingsgevaar vanuit de verklikker die gebruikt wordt, en die bestaat uit isotopen van Koolstof-14. Deze isotopen zijn gedurende een beperkte tijd te volgen met speciale meetapparatuur; de micro-organismen consumeren die stof als een soort voedsel. Door nu de omstandigheden die in het omringende water gemeten worden, na te bootsen in de zeer geavanceerde broedstoof, de incubator, en het monsterwater te voorzien van een dosis speciaal bewerkt C-14, is het mogelijk om na een incubatietijd van twee uur de populatievermeerdering te

tellen. De micro-organismen voelen zich namelijk heel lekker in een voedselrijk aangenaam milieu, en gaan spontaan over tot vermeerdering. Monsters die deze omstandigheden niet krijgen, worden meegenomen als nul-fase. Het verschil in aantallen organismen tussen de twee groepen geeft de groeisnelheid aan, en wordt gebruikt als informatiemateriaal voor wiskundige modellen en andere theoretische benaderingsmethoden

Gaan we verder langs het leidingnetwerk, dan komen we in het natte chemische laboratorium, dat boven het C 14-isotopenlaboratorium is gelegen, naast de pompkamer. In dit laboratorium vinden we werktafels voor de plaatsing van meetapparatuur, ijkingsapparatuur en bedieningseenheden voor de controle en sturing van het watertransport. Aan de wanden en onder deze tafels, die 65 procent

Het navigatiepaneel op de brug



van de ruimte innemen, is een groot aantal manometers, afsluiters, keuzekranen, drukregelaars en een groot model membraanfilter gemonteerd. Tevens vindt men hier de vier speciaal ontworpen aftapeenheden. Een zuurkast en een broedstof vullen de ruimte verder op, samen met een klein model koelkast onder een van de tafels, dat de reagentiekoeling verzorgt van de chemische apparatuur.

De op de tafels gemonteerde apparatuur is deels permanent aanwezig, deels uitwisselbaar, afhankelijk van het soort onderzoek dat wordt uitgevoerd. De permanent aanwezige apparatuur omvat een troebelheidsmeter en een fluorescentiemeter van het doorstroomtype, een mobiele zuurgraadmeter, een vierkanaals automatische analysator en een titratie-eenheid. De ruimte bevat verder een groot aantal componenten die gebruikt kunnen worden door onderzoekers van eigen diensten of door andere instituten. Zo is door de gehele ruimte overzichtelijk verspreid een 'schone' en een normale spanningsaansluiting van 220 volt, en ook een aantal aansluitpunten voor lagedruk-stikstof tot een druk van 6 atmosfeer, een aantal aansluitpunten voor vacuüm tot minimaal 0,2 atmosfeer, en voor schone en gedroogde perslucht tot maximaal 6 atmosfeer; voorts warm en koud stromend water, aangevuld met twee grote spoelbakken. De gehele ruimte is air-conditioned, en de ramen zijn voorzien van een warmtewerende en lichtdempende folie.

Voor de aan- en afvoer van gevuld en geleegd monstermateriaal in het vaartuig kan gebruik worden gemaakt van een vrachtlift, die toegang geeft tot de koelvriesruimte en het magazijn. In die lift zijn de deuren zo geplaatst dat tijdens een opgang of neergang vier ruimten moeiteloos te bereiken zijn. Het einde van de transportleiding is nog niet in zicht: eerst komen we nog door een derde laboratoriumruimte, die tevens is ingericht als reparatiewerkplaats. Dit vertrek wordt het *geo-laboratorium* genoemd, vanwege de werkzaamheden die er uitgevoerd kunnen worden. De 'Argus' voert immers ook bodembemonsteringen uit; om deze monsters te kunnen behandelen zijn in de laboratoriumruimte een grote spoelbak aanwezig, warm en koud stromend water, een hogedruk-stikstofaansluiting van 60 atmosfeer, en lagedruk-ijk-gasaansluitingen met 5, 10, 15 en 20 procent zuurstof. Verder vinden we er schone, droge, olievrije perslucht tot maximaal 6 atmosfeer, een vacuümaansluiting van minimaal 0,2 atmosfeer, een aftapeenheid voor de watervoeding van de test-centrifuge, een 'schone'

en een normale spanning van 220 volt, en een krachtstroomaansluiting met drie fasen.

De ruimte is gethermoventileerd en de ramen zijn voorzien van warmtewerende en lichtdempende folie.

In deze ruimte bevindt zich ook een buffertoren voor de centrale opvang en verwerking van het getransporteerde monsterwater; de toren is voorzien van een ontluchting en van bewakingsalarmen. Aan het plafond hangt een verrijdbare loopkatarm, die in staat is een defecte meetvis vanaf het achterdek hierheen te transporteren. Om deze handeling te kunnen uitvoeren is een dubbele deur in de opbouw aangebracht met voldoende doorrijhoogte en -breedte.

Na deze omzwerving langs de transportleiding van het monsterwater keren we terug naar ons uitgangspunt, de meetvis, om de tweede lijn te gaan volgen: die van de elektrische en elektronische weg vanuit de sensoren naar de uiteindelijke verwerking in de computers. De meetvis bevat een groot aantal specifieke sensoren, die oorspronkelijk voortkomen uit het oceanografisch onderzoek. Maar vanwege het verschil in toepassing is vrijwel alles eraan gewijzigd.

Er zijn sensoren aanwezig voor de bepaling van de diepte, de bodemligging, de temperatuur, de geleidbaarheid, het zuurstofgehalte en de zuurgraad, alsook de troebelheid en de lichtuitdoving. Er bestaan plannen om het meetapparaat nog uit te breiden met sensoren voor de stroomsnelheid en het bodemonderzoek.

Al deze sensoren worden gevoed door een 23 millimeter dikke meetkabel die is voorzien van 22 aders. Alle sensoren worden gekoppeld aan die voedingssignaaltransportkabel, die via grote schijven op een hydraulische en traploos bedienbare kabeltrommel wordt gespoeld. De hydraulische lier bevat een sleepringcontact van 24 eenheden, dat de overdracht van de signalen en voedingen mogelijk maakt van een roterende beweging naar een statische opbouw. Vanuit het sleepringcontact gaat een gewapende kabel door het schip naar de centrale verwerkingsruimte op het topdek. Het datatransport vindt deels plaats op analoge wijze, deels via frequentiesignalen die door een menginstallatie door elkaar heen op één ader worden gezet, en in de verwerkingsruimte weer feilloos gedecodeerd voor verder gebruik.

Onderweg komen nog tientallen signalen via kabels aan in het centrale verwerkingspaneel, ook uit het voorschip, waar eveneens een aantal sensoren is ingebouwd, om gegevens



te verkrijgen over de bodemsnelheid, de echolodging met penetratiefrequentie, de bodemvisdetectie en de vaarsnelheid. Er zitten ook nog detectoren hoog in de 16 m lange mast van het vaartuig. Zij melden gegevens over de windsnelheid, de luchttemperatuur, de energie-instraling en de plaatsbepaling. Op de mast zijn ook vijf antennes geplaatst voor marifoon, mobilfoon en semafoon; en dan was er nog ruimte voor een rondom ontvangende FM- en t.v.-antenne.

Zoals vermeld komen er tientallen signalen van vis en schip naar de centrale console voor controle en verwerking. Want alles wat te controleren en bewaken is, wordt ook bewaakt en gecontroleerd, of door de computer, of door afzonderlijke systemen.

De aanblik van deze console, die volledig in eigen beheer is ontworpen, zowel ergonomisch

Het meet-controlepaneel

als technisch, is waarlijk futuristisch. Een korte beschrijving en een opsomming van de instrumenten zal dat duidelijk maken. De console is een vrij massief ogend, zes meter lang hoefijzervormig paneel, groen-beige van kleur, dat is volgebouwd met schakelaars, meters, bedieningshandels, communicatie-apparatuur en informatieschermen. Centraal, met alles binnen handbereik, staat de bedieningsstoel van de operator. De sensorensignalen van de meetvis komen binnen via een processor, en worden vervolgens gesplitst door een verdeleenheid, die de koppeling garandeert met de computer en de bijbehorende randapparatuur. Het andere deel van de signalen gaat naar twee zes-kanaals recorders, die de sensorsignalen continu registreren,

zonder correctie. Er is nog een groot aantal andere registraties mogelijk, die niet voor alle metingen noodzakelijk zijn, maar desgewenst kunnen worden bijgeschakeld. Enkele van die signalen zijn: *barometerdruk, debiet van de aanvoerleidingen en druk in de systemen*. De meetcomputer kan met behulp van al deze signalen een goed en snel werkend database-stand opbouwen, dat flexibel te hanteren is. De rest van de console wordt ingenomen door onder andere een uitleesscherm van de navigatiecomputer, een plotter en bedienings-apparatuur voor de lieren.

De navigatie- en plaatsbepalingcomputer beschikt over gedigitaliseerde informatie van alle Rijkswateren en grote watergebieden in Nederland, inclusief de kustwateren. Deze informatie kan ogenblikkelijk op de schermen zichtbaar worden gemaakt en geeft dan tevens instructie omtrent de wijze waarop gevaren moet worden, in vergelijking met de feitelijke koers.

Er worden inlichtingen verstrekt omtrent de huidige koers en de koers naar een gegeven meetpunt, de afstand tot dat meetpunt en de drift; er komt links/rechts-informatie op het scherm, alsook de positie van de boeien op de route. Het systeem geeft, middels een puntenwaardering, een indicatie omtrent zijn eigen betrouwbaarheid.

Alle genoemde mogelijkheden en presentatie van posities, koersen, snelheden, gehalten en zo meer zijn waardeloos als ze niet op de goede plaatsen beschikbaar komen. De navigatiebrug is een van de belangrijke plaatsen waar deze informatie vertoond wordt. Ook het paneel op de brug is ergonomisch en technisch in eigen beheer ontworpen, in nauwe samenwerking met de bemanning. Het omsluit de gezagvoerder als een goed zittend kostuum, zodat alles binnen handbereik te bedienen is, zonder dat hij zich behoeft te verplaatsen.

Het systeem, dat DEPKAL wordt genoemd, zal in de loop der jaren vermoedelijk bredere toepassing vinden bij de Rijkswaterstaat, al dan niet in vereenvoudigde vorm. De ervaringen tot op heden hebben uitgewezen dat het een goed hulpmiddel vormt bij de navigatie en andere onderzoeken.

Maar nu genoeg over signaal- en watertransportsystemen. Hoe meten we nu in dat grote gebied, bijna 20 procent van Nederland, dat onder water ligt?

Als er niet wordt gemeten bevindt de meetvis zich in een waterdichte afgesloten tank aan dek. Die tank bevat 1200 liter schoon zoet drinkwater, dat door middel van schone

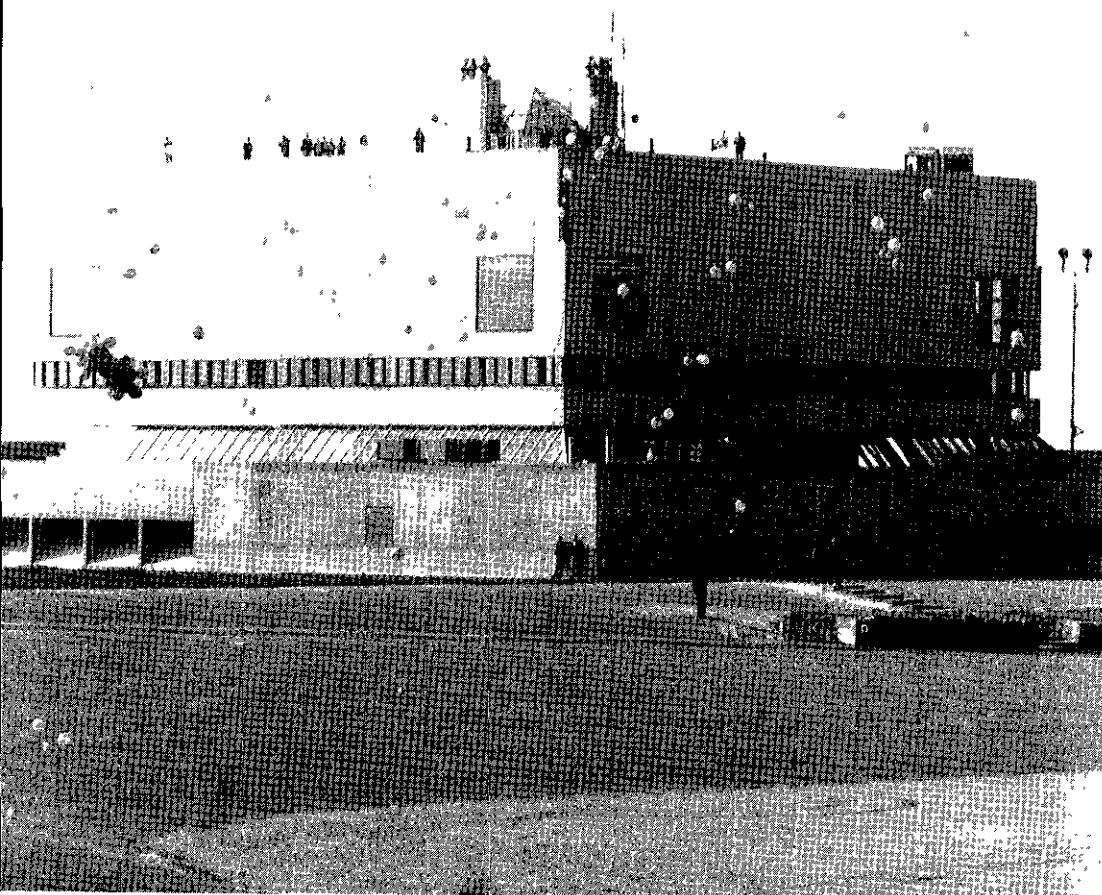
perslucht permanent wordt verzadigd tot 100 procent zuurstofgehalte. De buitenwatertemperatuur wordt gevolgd tot een minimum van 10°C, en verder door verwarming op deze temperatuur gehouden.

De meetvis is echter wel zeven dagen in de week 24 uur in bedrijf. In de tank worden ijkingen uitgevoerd, om aan de gebruikers van de meetgegevens kwaliteit te kunnen garanderen.

Na de dagelijkse ijkingsprocedure gaat de vis overboord met behulp van een zware meetvis-giek, en wordt de zogenaamde sleeplijn gemonteerd. Deze lijn wordt bediend door een hydraulisch aangedreven lier op het voorschip, die de meetvis via een zogenaamde uithouder in de zijde van het schip op ruime afstand houdt van de scheepshuid en de schroeven. Vanuit deze positie kan de meetvis door manipulaties met beide hydraulische lieren zowel in verticale als horizontale richting zo worden bewogen als nodig is om hem continu op dezelfde plaats over een verticaal naar de bodem te brengen, of in de nabijheid daarvan. De meetvis volgt de 'Argus' in al zijn bewegingen, en kan tot op zekere diepte met hoge snelheid door het water gesleept worden. Als er echter gemeten moet worden op grote diepte, wordt het vaartuig praktisch stil gelegd.

Na zo'n zogenaamde verticaalmeting wordt de meetvis weer opgehesen tot de kruissnelheid-diepte, en vertrekt het vaartuig al metende naar zijn volgende positie. Dit slepend meten – op het werk 'scannen' genoemd – levert in korte tijd een enorm aantal gegevens op, die zeer snel een overzicht geven van de waterkwaliteit van een rivier, een kanaal of een meer. Maximaal kan een traject worden afgelegd van 150 km per dag, waarbij om de 100 meter een volledig pakket gegevens of monsters wordt geproduceerd. Ook bestaat de mogelijkheid om naar bepaalde parametergrenzen te speuren, of via verkliekers zoals Rhodamine lozingspatronen vast te leggen. Er wordt dan een zig-zagpatroon gevaren volgens een vooraf bepaalde route.

De opgesomde mogelijkheden vormen nog maar een greep uit de verschillende onderzoeken die kunnen worden verricht. Wetenschappers, beheerders en onderzoekers tonen een grote belangstelling in het gebruik van de faciliteiten. De kans is reëel dat omstreeks 1990 het oude onderzoeksvaartuig 'Delta', dat dan een diensttijd achter de rug zal hebben van 45 jaren, vervangen wordt door een nieuw vaartuig, dat ongetwijfeld een verbeterde versie zal zijn van de 'Argus'.



Een vaste ijsbedekking op een rivier heeft bij hoge afvoeren een aantal nadelige effecten. De belangrijkste is dat de waterstand als gevolg van de weerstand van het vaste ijsdek fors gaat stijgen, vooral als er in de rivier een ijsdam ontstaat. Als het vaste ijsdek of de ijsdam in de dooifase nog in de rivier aanwezig is, kunnen hoge afvoeren leiden tot zo'n hoge waterstandstijging dat er gevaar voor overstroming optreedt. Soms ook kan de doorweekte rivierdijk door kruisend ijs worden beschadigd – met kans op hetzelfde resultaat.

Ijsafvoer in het noordelijk Deltabekken

Met name op de Boven-Rijn en de IJssel kunnen zulke gevaarlijke situaties voorkomen; het meest wel op de IJssel. Afhankelijk van de duur en de strengheid van een vorstperiode kan zich daar vast ijs vormen; de wind kan drijfijz ophopen voor de uitmonding van de IJssel in het Ketelmeer/IJsselmeer. Het ijs op de Beneden-IJssel zal zich dan gaan zetten omdat het dan niet meer afgevoerd kan worden. Tijdens dooi en bij een wassende rivier ontstaat er dan overstromingsgevaar, mede omdat de ijsbezetting op het IJsselmeer nog een lange tijd stand houdt.

Om deze reden is het van essentieel belang dat de afvoer langs de IJssel bij stijgende afvoeren in de dooifase zo laag mogelijk wordt gehouden. Dit kan door de stuwen in de Neder-Rijn te openen en door te voorkomen dat er op dat moment op de Boven-Waal nog een forse ijsbezetting aanwezig is. Door deze ijsbezetting wordt de afvoerverdeling aan de Pannerdense Kop namelijk zodanig beïnvloed dat de afvoer van het Pannerdens Kanaal en de IJssel toenemen.

Om een vaste ijsbezetting van de Boven-Waal tegen te gaan kan het nodig zijn het ijs te breken. Dit is pas zinvol als het ijs door de stroom afgevoerd kan worden. Vandaar dat een rivier vanaf benedenstrooms wordt gebroken. Het gebroken ijs zal, voor zover het niet reeds is gesmolten, via het noordelijk Deltabekken naar zee moeten worden afgevoerd.

Sinds de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet, in respectievelijk 1969 en 1970, is het waterloopkundig regime in het noordelijk Deltabekken drastisch gewijzigd. Dit heeft niet alleen consequenties voor de afvoer van

water, maar ook voor die van ijs. Vóór de afsluiting van genoemde zeearmen werden tijdens ijswinters grote hoeveelheden ijs afgevoerd naar zee via het Volkerak-Krammer, en in mindere mate via het Haringvliet.

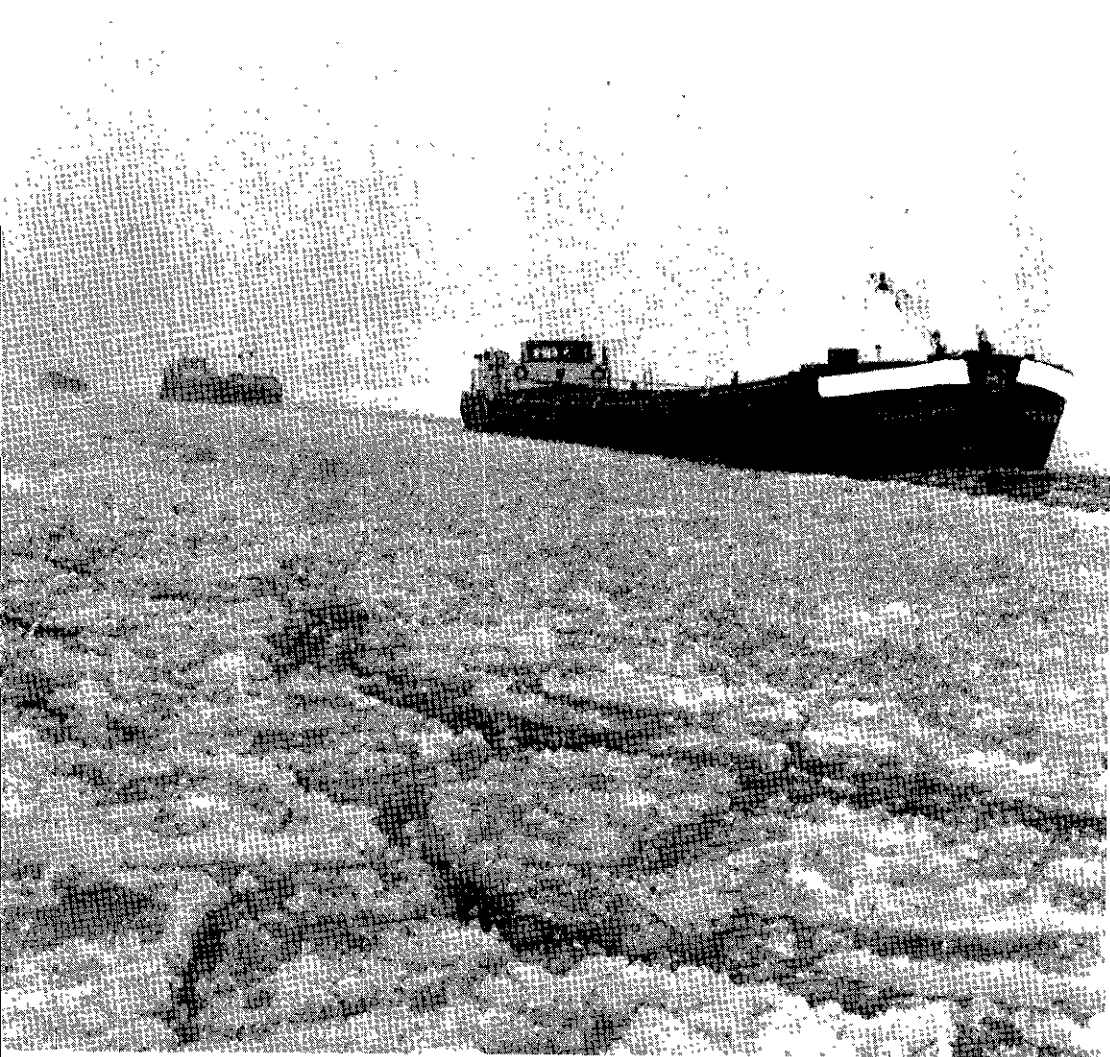
Momenteel is de belangrijkste ijsafvoerroute door de afsluiting van het Volkerak vervallen, terwijl er op het Haringvliet nu, in tegenstelling tot vóór 1970, met name bij lage afvoeren nauwelijks sprake meer is van getijstroming. Daarentegen bestaat er wel een mogelijkheid om met de Haringvlietssluisen afwijkende manipulaties uit te voeren, zoals volledige opening van de sluisen over het gehele getij of een gedeelte daarvan, waardoor zowel de stroming als de zoutindringing kan worden beïnvloed. Hierdoor is er in feite een instrument bijgekomen voor de ijsbeheersing.

Voor we nader ingaan op de ijsafvoer via het noordelijk Deltabekken zullen eerst een aantal essentiële zaken worden genoemd als achtergrondinformatie.

De vorst in Nederland is meestal licht en matig, zodat in vrijwel alle winters de grote rivieren verschoond blijven van ijs. Slechts de semi-stagnante zoete wateren zullen, afhankelijk van de vorst, in meer of mindere mate ijsbezetting kennen.

De ijsvorming en de latere degeneratie van het ijs tijdens een strenge winter verloopt als volgt:

Als eerste vriezen de semi-stagnante wateren dicht; daaronder ook het Haringvliet en een deel van het Hollands Diep. De maximale ijsdikte op het Haringvliet bedraagt 35 cm. Bij doorgaande of toenemende vorst koelt het water op de grote rivieren verder af tot 0°C. Dan vormen zich ijsschotsen over de gehele rivier. Neemt het aantal ijsschotsen per



oppervlak toe, dan lopen ze vast; zo ontstaat het begin van het vaste ijsdek. Dit gebeurt als eerste op de Beneden-IJssel, daarna op de Beneden-Lek en daarna op de Nieuwe of Oude Maas

Als het ijs ter plaatse van Dordrecht eenmaal is vastgelopen zit de Waal/Boven-Rijn in vier tot zes dagen tot Lobith vast.

Bij invallende dooi zal in het algemeen eerst de Waal zijn vaste ijsdek kwijt zijn, daarna de Neder-Rijn/Lek en als laatste de IJssel. De ijsdegeneratie op de Waal vangt tegenwoordig al aan als de gemiddelde etmaaltemperatuur boven de -8°C komt.

De beneden-rivieren zijn door hun aard ongeschikt om grote hoeveelheden ijs op natuurlijke manier af te voeren. De noordrand van het bekken, gevormd door de Beneden-Merwede, de Noord en de Oude Maas, is te

Konvoovaart door de vaargeul van het Hollands Diep

Fig 1 Riviertakken behorend tot het noordelijk Deltabekken

smal, te bochtig en heeft veel obstakels: kribben, bruggen en scherpe bochten. Aan de zuidrand zijn de stroomsnelheden erg laag en ook hier zit een flink obstakel: het eiland Tiengemeten.

Met behulp van manipulaties met de Haringvlietsluizen is het soms mogelijk de stroomsnelheden op de verschillende riviertakken gunstig te beïnvloeden.

De windkracht en de windrichting hebben een grote invloed in het verloop van de ijsafvoer. De aard van de problemen van de afvoer van ijs en water hangt samen met de grootte van de Rijnaivoer. De Maas en de Amer kennen minder problemen. In een vorstperiode is de afvoer van de Boven-Rijn relatief laag: doorgaans minder dan 2000 m³/s. In dooiperioden kan de afvoer oplopen tot waarden rond de 7000 m³/s. Bij lage tot gemiddelde Rijnaivoer bestaat er weinig directe kans op overstroming. Elke riviertak afzonderlijk is in staat de totale Rijnaivoer te verwerken.

Gevaar voor overstroming treedt pas op bij een forse afvoergolf van 8000 m³/s of meer, terwijl er op de Waal nog een vast ijsdek ligt. Gevaren doen zich dan met name voor op de Boven-Rijn en de IJssel.

De koelwaterlozingen op de Rijn hebben in tweeërlei opzicht een gunstige uitwerking: het moet aanzienlijk *stronger vriezen om eenzelfde ijsbezetting te verkrijgen*, en de ijsdegeneratie vangt eerder aan, zodat de tijd tussen het begin van ijsdegeneratie en de komst van een afvoergolf wordt vergroot.

Fasen in een ijsperiode

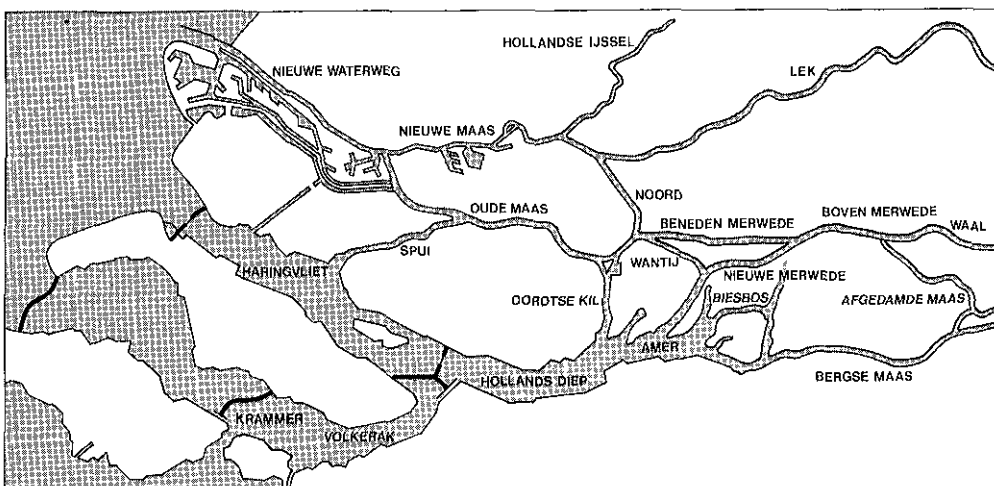
Het verloop van de ijsvorming is sterk afhankelijk van het type water: meer, rivier of zee.

In het noordelijk Deltabekken kunnen drie typen onderscheiden worden. Het belangrijkste hiervan is snelstromend zoet water: de grote naar zee doorgaande rivieren zoals de Waal, de Boven- en Beneden-Merwede, de Noord en de Oude Maas. Een ander type is het semi-stagnant zoet water: de afgedamde Maas, het Haringvliet en het Hollands Diep.

Van minder belang voor de ijsafvoer in het benedenrivierengebied is het zoute water aan de zeezijde van de Haringvlietsluizen en in het Calandkanaal, het Beerkanaal en de Edisonbaai. Een tussenvorm treft men aan op de Nieuwe Waterweg, die ten dele brak is.

Ijsvorming treedt in semi-stagnant zoetwater aanzienlijk sneller op dan in turbulent zoetwater, omdat daar alleen het water aan de oppervlakte het vriespunt behoeft te bereiken om ijsvorming te doen optreden, terwijl een rivier over de gehele diepte afgekoeld moet zijn tot het vriespunt voordat er ijsvorming plaatsvindt. Zoals bekend heeft water bij 4°C zijn grootste dichtheid. Bij afkoeling tot beneden 4°C komt het koudste water daardoor bovendrijven. In rustig water vormt zich al ijs aan de oppervlakte terwijl de temperatuur aan de bodem nog 4°C kan zijn. In turbulente stromen daarentegen is de temperatuur over de gehele verticaal gelijk; de ijsvorming begint pas wanneer die zakt tot 0°C.

Heeft het wateroppervlak het vriespunt bereikt, dan zullen in semi-stagnant water in eerste instantie ijskristallen ontstaan, daarna ijsnaalden en tenslotte een vast ijsdek. De dikte van het ijslaagje neemt daarna voortdurend toe, omdat er warmte door het ijslaagje aan het water onttrokken wordt. Maar doordat de ijslaag dikker wordt zal de warmte-onttrekking aan het water eronder steeds langzamer



verlopen, en dus neemt de ijsdikte steeds langzamer toe.

Wateren met geringe doorstroming, zoals de Afgedamde Maas, het westelijk Haringvliet, het Wantij en de Biesbos, zullen dus eerst dichtvriezen; daarna het overige deel van het Haringvliet, het Hollands Diep, de Hollandse IJssel en – bij lagere afvoeren – de Nieuwe Merwede.

Externe factoren zijn sterk van invloed op de ijsvorming in dergelijke wateren, juist door de geringe doorstroming. Zo zal een koelwaterlozing een bepaald gebied ijsvrij kunnen houden, en daaromheen een aanzienlijk dunner ijslaag veroorzaken. In een semi-stagnant bekken zal het koelwater als gevolg van dichtheidsverschillen als een warme waterlaag kruipen tussen het ijs aan de oppervlakte en het water van 4°C nabij de bodem. In de winter van 1984 op 1985 is dat ook geconstateerd ter plaatse van de warmtelozing van het Industrie- en Havenschap Moerdijk. Doordat het koelwater onder het ijs terechtkomt wordt de warmte-afgifte aan de lucht bemoeilijkt. Dit betekent dat de invloed van het koelwater onder het ijsdek zal bewerkstelligen dat de ijsdikte veel minder snel toeneemt, en ook dat de uiteindelijke ijsdikte geringer blijft.

Ook de scheepvaart heeft invloed op het dichtvriezen van een water. De scheepsbeweging, met name de schroefstraal, zorgt dat het water over de verticaal meer wordt gemengd. Warmer water wordt naar de oppervlakte gevoerd, zodat het ijsdek zich pas later kan vormen. Dit geldt vrijwel uitsluitend in vaargeulen, daar de schroefstraal alleen plaatselijk invloed heeft. Het resultaat is dat de vaargeul nog vrij van ijs kan zijn, terwijl het water daarnaast al een vast ijsdek bezit. Maar daar komt nog iets bij. Als de rivier in de vaargeul tot 0°C is afgekoeld en er ijs ontstaat, zal dit bij doorgaande scheepvaart onregelmatig vastvriezen en weer worden losgevaan. Indien de vorst zo sterk toeneemt dat scheepvaart onmogelijk wordt, dan vriezen de schotsen zeer onregelmatig aan elkaar vast, wat het eventuele breken later sterk bemoeilijkt. Ook de ijsdikte zal sneller toenemen vergeleken met het ijs buiten de vaargeul, omdat er minder warmte is geborgen in de verticaal. Beide zaken kunnen van belang zijn als in een later stadium een grote breeksnelheid wordt verlangd.

De hierboven beschreven situatie – het dichtvriezen van semi-stagnante wateren – noemen we fase 1 in een ijsperiode.

Bij doorgaande of toenemende strenge vorst – fase 2 – zal het water op de grote rivieren steeds verder afkoelen, tot de watertempera-

tuur op een gegeven moment 0°C bedraagt. Door de grote turbulentie zal het water deze temperatuur dan hebben over de gehele diepte.

Bij een geringe onderkoeling van 0,01 tot 0,1°C zal vervolgens een ijsbrij ontstaan, het zogenaamde frazil-ijs. Bij voldoende frazil-ijs en afnemende stroomsnelheden op de rivier kan die brij-achtige massa aan de oppervlakte tot schotsen aaneenvriezen. Op dat moment wordt er gesproken van drijfijls op de rivieren. Uit de praktijk blijkt dat het drijfijls als eerste ontstaat op de Oude en de Nieuwe Maas. Bij toenemende ijsbezetting zullen de ijsafvoeromglijkheden slechter worden. Bij aanhoudende strenge vorst, met een gemiddelde etmaaltemperatuur lager dan -9 à -10°C, zal dan vanuit de toestand blank water over vrijwel het gehele traject Merwede-Lobith in één à twee dagen drijfijls ontstaan. Dit drijfijls wordt, voor zover het nog mogelijk is, via de Noord en via de Oude Maas afgevoerd naar zee.

Bij doorgaande vorst zal de ijsbezettingsgraad, dus het aantal ijschollen per oppervlak, steeds toenemen. Op een gegeven moment zijn er zoveel schollen per oppervlak dat de rivier ze niet meer kan afvoeren, mede omdat ze vastlopen op ondiepten of obstakels. Bij rivieren waar de afvoeren gedurende een lange tijd zeer laag of vanwege de vloedstroom zelfs negatief zijn – met name de Oude en de Nieuwe Maas – vindt opeenhoping plaats tijdens deze fase van het getij. Deze opeenhopingen verhogen het gevaar dat het ijs vastraakt, de schollen kunnen gedurende deze tijd aaneenvriezen. Vroeger gebeurde dat stevast op een van de Merwedes, meestal het eerst op de Beneden-Merwede, met alle gevolgen bovenstrooms. Na de afsluiting van Volkerak en Haringvliet zal nu de Oude Maas doorgaans het eerst dichtvriezen, met name op het traject tussen de splitsingen met Noord en Spui.

Als het ijs eenmaal is vastgeraakt zullen de van boven aangevoerde schollen daar weer op vastlopen, zodat een ijsveld van schollen gaat ontstaan, of mogelijk een ijsdam, afhankelijk van de hydraulische en geometrische situatie. Als het ijs bij voorbeeld vastraakt bij de benedenstroomse mond van de Beneden-Merwede, bezit deze rivier binnen een halve dag een volledig vast ijsdek. Omdat ook de Nieuwe Merwede al dichtzit groeit dat vaste ijsdek snel aan door de schollen die van bovenstrooms worden aangevoerd. In 4 à 6 dagen zit dan de Waal tot Lobith vast. Dan zullen ook de Noord, de Dordtse Kil, de Lek en het Spui en zelfs mogelijk de Nieuwe Maas al een vast ijsdek bezitten.

De Nieuwe Waterweg is in voorgaande ijswinters nog nooit dichtgevroren; hooguit kwam er zwaar drijfs op de rivier. Dat zal nu niet veel anders zijn. In het verleden werd, *zodra deze fase bereikt was*, met het breken begonnen. De activiteiten concentreerden zich meestal rond het eiland van Dordrecht. De Dordtse Kil, de Oude Maas en de Noord waren van belang in de ogen van de IJscómités, terwijl de Merwedes en in een later stadium de Waal uit oogpunt van een vlotte ijsafvoer en dus voor de veiligheid zover mogelijk werden gebroken.

Ervaringen

Bij de ijsafvoer in het noordelijk Deltabekken dient een aantal keuzes te worden gemaakt, zowel wat betreft de doelen, de middelen als de routes. Voor de doelen is het uitgangspunt dat de Rijkswaterstaat verantwoordelijk is voor een vlotte en veilige afvoer van water en ijs, in verband met de veiligheid en het overstromingsgevaar en in verband met de bescherming en bediening van bepaalde objecten. IJsbreken ten behoeve van de scheepvaart wordt – zonodig – door het zogenaamde ijscomité georganiseerd, mits dat niet strijdig is met het ijsafvoerbeleid van de Rijkswaterstaat.

Bij de middelen moet gedacht worden aan een vaarverbod teneinde een meer egaal, makkelijker te breken ijsdek te verkrijgen, het ijsbreken zelf, een afwijkend spui-regime met de Haringvlietsluizen om de ijsafvoer op bepaalde trajecten te bevorderen, en eventueel het permanent openzetten van de Haringvliet-sluizen om op het Haringvliet weer een grotere getijwerking te realiseren.

Wat de ijsafvoerroutes betreft gaat het om een keuze tussen de zogenaamde Noordrand: via de Beneden-Merwede, en dan ofwel langs Noord en Nieuwe Maas dan wel via de Oude Maas naar de Nieuwe Waterweg, of de Zuidrand: langs de Nieuwe Merwede naar het Hollands Diep en het Haringvliet.

De ervaring met ijsafvoer in het noordelijk Deltabekken beperkt zich sinds de afsluiting van Volkerak en Haringvliet tot fase 1, zowel in de winter van '84 op '85 als in de winter '85/'86.

Omdat het breken en afvoeren van ijs op semi-stagnante wateren tot zowel extra afkoeling leidt als tot extra ijsproductie, laat men het Haringvliet en Hollands Diep bewust dichtvriezen. Ja, men bevordert dit proces door het instellen van een vaarverbod op beide wateren, met uitzondering van de vaarroutes Dordtse Kil – Volkerak en Amer. In

de winter van '84 op '85 werd het vaarverbod uitgebreid tot de Nieuwe Merwede. Hiermee werd impliciet gekozen voor ijsafvoer via de Noordrand tijdens fase 1.

Omdat ook via het bevroren Haringvliet nog ruime waterafvoermogelijkheden aanwezig zijn, behelst deze keuze in fase 1 geen extra risico's. Door de vaarverboden werd in de winter '84/'85 de scheepvaart meer geconcentreerd op de Noordrand. Als de strenge vorst had voortgeduurd zou het dichtvriezen van de Beneden-Merwede daardoor zijn vertraagd. IJsbrekers zijn toen alleen ingezet om het schutbedrijf bij de Volkeraksluizen voort te kunnen zetten. Omdat de patrouillevaartuigen de vaarroute op het Hollands Diep wegens het soms zware drijfs niet konden bevaren, is wel een zwaardere boot gehuurd, van waaraf de scheepvaart op deze route werd begeleid. De bebakening en betoning was op dit traject namelijk weggehaald.

Omdat in beide winters geen fase 2 is opgetreden, is een afwijkend spuieregime met de Haringvlietsluizen, met de mogelijke verzilttingseffecten daarvan, niet overwogen – laat staan het permanent openzetten van de Haringvlietsluizen.

Geconstateerd werd dat fase 2 minder snel optreedt dan vroeger. In de winter '84/'85 bleef de ijsituatie op de Boven- en Nieuwe Merwede stabiel, terwijl gedurende een week de gemiddelde etmaaltemperatuur zich rond de -8°C bewoog en de watertemperatuur 0°C was. Tijdens een uitschieter van de gemiddelde etmaaltemperatuur naar -10°C ontstond ijs, terwijl een stijging naar -7°C al een verhoging van de watertemperatuur opleverde.

Deze daling in het warmte-omslagpunt is niet volledig te verklaren. Belangrijkste factoren zijn wel de warmtelozingen en de scheepvaart. De verlaging van het warmte-omslagpunt heeft wel positieve gevolgen voor de risico's van een ijsbezetting. Enerzijds zal fase 2 minder snel en dus minder vaak optreden, anderzijds zal bij fase 2 de ijsdegeneratie eerder aanvangen dan vroeger. Het ijs zal dan al in de eindfase van de vorstperiode beginnen te smelten. Bij het invallen van de dooi is het daardoor makkelijker het ijs te breken en af te voeren. De kans dat de Waal bij een als gevolg van de dooi optredende hoge afvoer nog met ijs is bezet, is daardoor afgenomen.



Schepen die door het zuidelijk Deltagebied varen, moeten allerlei sluizen passeren. Voorheen moesten de schippers bij elke sluis zo'n vijftien gegevens doorgeven betreffende het schip en zijn lading. Dit gebeurde veelal per marifoon, en dat bracht zowel voor het sluispersoneel als voor de schipper veel ongemak met zich mee.

Een informatieverwerkend systeem voor de scheepvaart in het zuidelijk Deltagebied

Door de invoering van een regionaal Informatie Verwerkend Systeem per 1 februari 1984 is dit ongemak voor een groot deel weggenomen. Er is nu een systeem in gebruik gesteld dat het marifoonverkeer ontlast, de efficiëntie van het schutbedrijf sterk verhoogt, en bovendien door de altijd actuele informatie die het biedt van de verblijfplaats en de lading van binnenschepen, in voorkomende gevallen van onschatbare waarde kan zijn bij de bestrijding van calamiteiten.

Tussen een aantal sluizen in het Deltagebied is namelijk een datanetwerk gevormd voor het overdragen van scheepsgegevens. De gegevens van een schip worden opgenomen bij de eerste sluis die aangesloten is op het IVS. Na de schutting van het schip worden de gegevens, via het datanetwerk, doorgegeven aan de volgende sluis op zijn reis.

Op dit moment zijn er in Zuidwest Nederland vijf grote sluizen aangesloten op het IVS, te weten: de Volkeraksluizen, de Kreekraksluizen, de sluizen te Wemeldinge en te Hansweert en het sluizencomplex te Terneuzen (figuur 1). Als in het begin van 1987 de Krammersluizen gereed zijn, zal ook dit complex aansluiting krijgen op het IVS.

Verder zijn de verkeersposten Vlissingen, Terneuzen en Hansweert van DGSM in het Westerscheldegebied en de verkeerspost Dordrecht van de Rijkswaterstaat aangesloten op het IVS. Verdere uitbreiding van het systeem ligt in het verschiet. Najaar 1986 komt het sluizencomplex te IJmuiden erbij, en ook de verkeersposten te Tiel, Nijmegen en Lobith die betrokken zijn bij een Meld-Volg-Systeem op de grote rivieren. Dit systeem is sinds kort in bedrijf en zal nog in 1986 aan het IVS worden gekoppeld, evenals het haven-

coördinatiecentrum Rotterdam.

In een later stadium volgt dan eventueel nog aansluiting met de havens van Antwerpen en Gent, de sluizen in en langs de Maas en de hoofdvaarroute naar het noorden van Nederland.

Het gemeentelijk havenbedrijf van Antwerpen ontvangt momenteel ook al dagelijks gegevens van de Kreekraksluizen. Dit gebeurde overigens ook al vóór de invoering van het IVS.

In de nabije toekomst wordt ook het IVS van de Walradarketen Westerschelde van DGSM aan het IVS van de Rijkswaterstaat gekoppeld, zodat DGSM en de Rijkswaterstaat kunnen beschikken over een optimale actuele kennis van de zee- en binnenscheepvaart in het zuidelijk Deltagebied.

Het centrale computersysteem van het IVS, dat op het Kreekraksluizencomplex staat opgesteld, is dubbel uitgevoerd, want het IVS mag met zijn aansluiting op een aantal sluizencomplexen slechts een zeer geringe uitvalskans hebben. Bij alle op het IVS aangesloten sluizen staan op een aantal werkplekken beeldschermen en toetsenborden. Via deze eindstations worden de ingewonnen scheepvaartgegevens ingevoerd. De scheepvaartgegevens kunnen op diverse lijsten worden gepresenteerd.

Elke dag gaan alle gegevens vanuit het centrum op de Kreekraksluizen naar de grote Rijkswaterstaatscomputer in Rijswijk, waar ze worden opgeslagen op een magneetband. Eenmaal per maand wordt een kopie van deze band doorgestuurd naar het Centraal Bureau voor de Statistiek. De overige gebruikers van dit bestand, zoals de betrokken Rijkswaterstaatsdiensten zelf, krijgen anoniem gemaakte gegevens.

A map of the Rotterdam area showing the location of the Vliessing, Wemeldinge, Hansweert, Krammer-Sluisen, Volkerak-Sluisen, and Kreekrak-Sluisen. The map shows the city of Rotterdam at the top right, with the Vliessing area to the west. The Wemeldinge and Hansweert areas are in the center. The Krammer-Sluisen, Volkerak-Sluisen, and Kreekrak-Sluisen are shown as waterways or sluisen. The map is labeled with the names of these areas and sluisen.

Fig 2, 3 Scheepsdetail en
schutbrief zoals ze op het
scherm verschijnen

MEER LADING	schip n vooraan	schip n aanbod	toer beurt	24 1	80	TERUG LIJST	leeg scherm	TABEL KEUZE	andere keuze
----------------	--------------------	-------------------	---------------	---------	----	----------------	----------------	----------------	-----------------

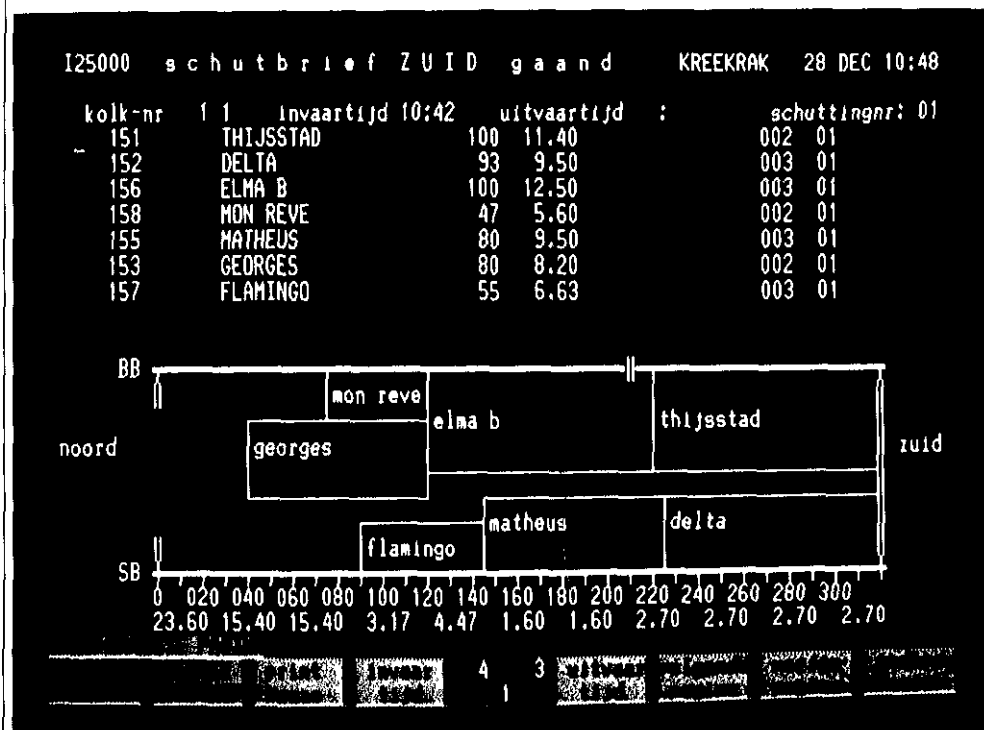
Op elke sluis is één van de sluiswachters – men noemt hem 'de centralist' – belast met de inwinning en invoering van de scheepsgegevens. Voor het inwinnen van de gegevens beschikt hij over de marifoon, of hij voert de communicatie via praatpalen. Voor het invoeren van de scheepsgegevens gebruikt hij op zijn beeldscherm een 'invalmenu', verder in dit verhaal het 'scheepsdetail' genoemd. Er is voor het IVS gezocht naar een gebruiksvriendelijk programma, omdat het sluispersoneel geen computer gewend was. Onderaan op het beeldscherm leest de centralist verschillende functies met een Nederlandse tekst, verdeeld over 8 hokjes, die corresponderen met de functietoetsen. De tekst wisselt zodra de betekenis van een functietoets verandert. Door middel van deze functietoetsen verschijnt een scheepsdetail op het beeld-

scherm in een vorm zoals aangegeven in figuur 2.

Met het oog op het bedieningsgemak is het systeem zo ingericht dat naar behoefte snel gegevens van de ene naar de andere lijst kunnen worden overgebracht. Ook hiervoor worden de functietoetsen gebruikt. We kennen bij het IVS de volgende lijsten: een vooraanmeldingslijst, een aanbodlijst, een schutlijst en een schutbrief, een gevaarlijke stoffenlijst en een daglijst.

Wanneer een schip zich bij de eerste IVS-sluis op zijn reis heeft gemeld, voert de centralist eerst de naam en het laadvermogen van het schip in. Het systeem gaat dan na of het schip bekend is. De computer onthoudt namelijk de vaste gegevens van alle schepen die de afgelopen drie maanden zijn gepasseerd. Vaste gegevens zijn onder meer lengte,

3





breedte, laadvermogen, schepstype, nationaliteit en dergelijke.

Is het schip bekend, dan worden alleen de variabele, per reis verschillende gegevens ingewonnen, zoals de diepgang, de soort lading, het gewicht van de lading, de plaats van herkomst en de plaats van bestemming. Is het schip in het systeem niet bekend, dan wordt ook de rest van de gegevens gevraagd. De centralist kan bij het invoeren codes of namen intypen. Het computersysteem controleert de ingevoerde gegevens, en vertaalt ze in codes. Er worden codes gebruikt voor het schepstype, de soort lading, de plaats van herkomst of bestemming, de nationaliteit, de vorige en de volgende sluis op de route. Een en ander blijkt zeer handig bij de controle van de ingevoerde gegevens. Ook vóór vertrek van het schip bij de laadplaats

Het bedieningscentrum bij de Kreekraksluizen

kunnen al gegevens worden doorgegeven aan de eerste IVS-sluis die men op zijn route zal passeren. Schepen die dat doen komen op de vooraanmeldingslijst. Deze lijst vermeldt de schepen die voor een bepaalde IVS-sluis bestemd zijn, maar nog niet in de onmiddellijke nabijheid van die sluis zijn gearriveerd.

De schepen komen op de vooraanmeldingslijst terecht hetzij via het scheepsdetail, of automatisch bij het uitvaren van een voorgaande IVS-sluis. Er bestaan voor zeevaart en binnenvaart afzonderlijke lijsten. De schepen op de lijst zijn naar vaarrichting gesplitst. De aanbodlijst geeft een overzicht van die schepen, die zich bij het naderen van een IVS-sluis hebben gemeld en door de centralist zijn ingevoerd. Een schip komt op deze lijst terecht, hetzij rechtstreeks via het scheepsdetail, of door te worden overgebracht van de vooraanmeldingslijst naar de aanbodlijst, ook weer door middel van functietoetsen.

Door een selectie-opdracht kan de aanbodlijst per vaarrichting dan wel volledig worden opgevraagd. Op de sluis kan met behulp van deze lijst aan het schip een toerbeurtnummer worden toegekend. Met uitzondering van de naam van het schip en van de eigenaar worden alle gegevens op het scherm in de vorm van codes gepresenteerd.

De schutlijst is een verkorte weergave van de aanbodlijst. Schepen die al in een kolk ingedeeld zijn, staan echter niet meer op deze lijst. Op het scherm staan dus alle nog in te delen schepen die bij de sluis liggen of op weg zijn naar de sluis.

In de lijst worden alleen die gegevens gepresenteerd, die van belang zijn voor het sluisbedrijf. Door middel van functietoetsen kan de schutlijst per vaarrichting dan wel volledig worden opgevraagd.

De schutlijst geeft een overzicht van een groep schepen die gezamenlijk in één kolk zullen worden op- of afgeschut. Op de lijst worden, naast de relevante gegevens van de ingedeelde schepen, de invaartijd, de uitvaartijd, en het kolkcodenummer vermeld.

In de schutbrief, figuur 3, die een momentopname geeft tijdens het indelen van een schutkolk van de Kreekraksluizen om 10.48 uur, is de invaartijd 10.42 uur; de uitvaartijd wordt ingetikt zodra de schepen de kolk uitvaren.

Het kolk-codenummer is als volgt samengesteld. Het eerste cijfer geeft aan de sluis waarmee wordt geschut: 1 is de oostsluis, 2 de middensluis en 3 de westsluis. Het tweede cijfer geeft aan met welke kolk wordt geschut: 1 is de gehele sluis, 2 is de grote deelkolk en 3 is de kleine deelkolk.

Volgen we nu op de schutbrief, die de zuidgaande vaart op de Kreekraksluizen aangeeft, het eerst geschutte schip, dan zien we in volgorde het toerbeurtnummer (151), de scheepsnaam (Thijsstad), de scheepslengte (100 m), de breedte (11,40 m), de nationaliteit (België) in code 002, en het scheepstype (motorvrachtschip) in code 01.

Op deze schutbrief is door middel van een grafische voorstelling de kolkindeling zichtbaar gemaakt. De grafische voorstelling ontstaat door op het beeldscherm eerst een in te delen schip aan te wijzen, en daarna de geplande plaats in de geschematiseerde tekening van de sluis. Vervolgens tekent de computer op schaal het aangewezen schip op basis van grootste lengte en breedte – geschematiseerd tot een rechthoek – op de aangewezen plaats in de kolk. Ook is af te lezen hoeveel ruimte er na de indeling van de kolk nog over is, naast, vóór of achter het ingedeelde schip.

Wanneer bij het indelen op het schema de nuttige kolkmaten worden overschreden, waarschuwt de computer: de naam van het laatst ingedeelde schip op het scherm begint te knipperen. De computer is echter alleen een administratief hulpmiddel bij het indelen van de kolk; het personeel blijft verantwoordelijk, ook voor het in de praktijk innemen van de geplande ligplaatsen. Het sluispersoneel kan de computerwaarschuwing negeren als het gebruik wil maken van de ruimte binnen de rechthoeken, die voor de computer niet zichtbaar zijn. Oplettendheid van het bedienend personeel blijft dus geboden.

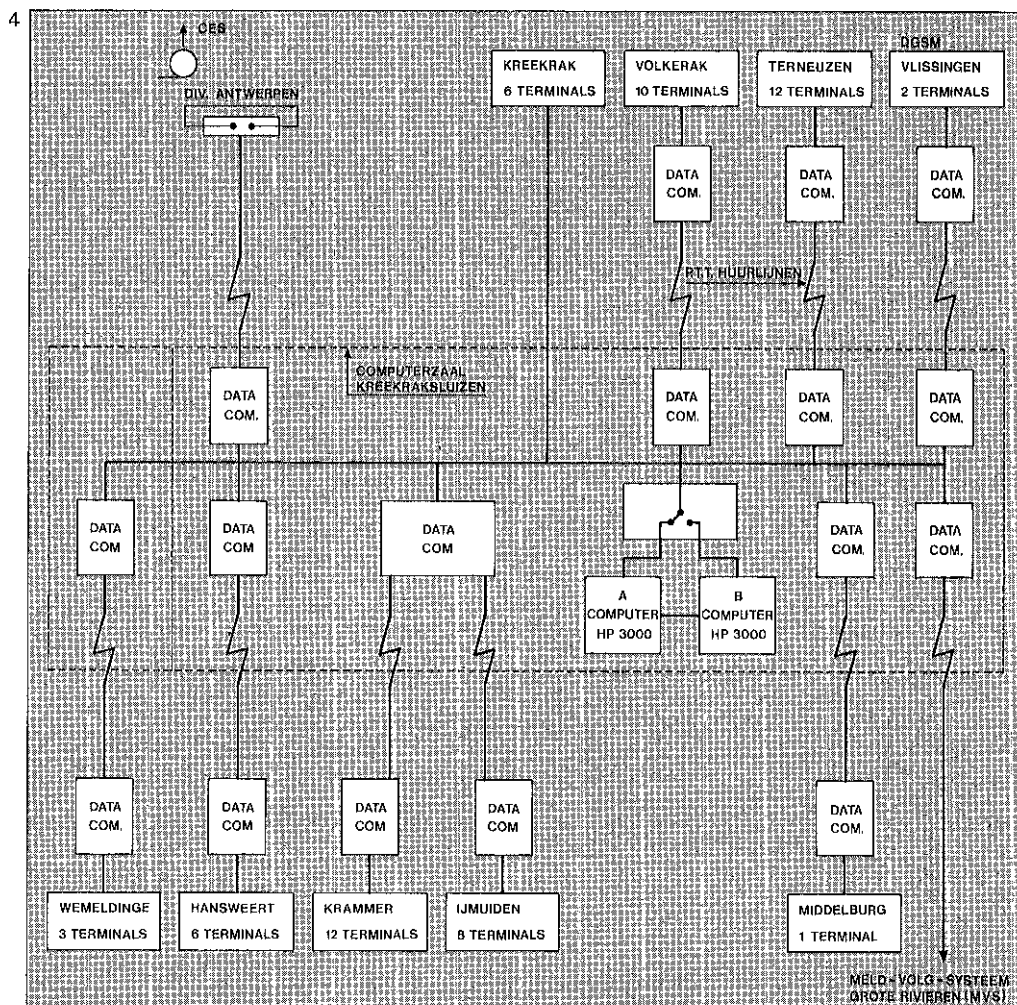
Bij het uitvaren van de sluis worden de gegevens van het schip met de uitvaartijd doorgegeven aan de volgende IVS-sluis op de route die wordt gevaren. De uitvarende schepen worden op de vooraanmeldingslijst van die volgende IVS-sluis gezet. Deze gang van zaken beperkt het marifoontverkeer aanzienlijk.

Omdat de gegevens bij de volgende IVS-sluis al zeer vroeg bekend zijn, kan voor deze sluis een goede planning worden gemaakt en eventueel zelfs een voorlopige kolkindeling worden vastgesteld. Met name voor de Kreekrak- en de Krammersluizen, die een zout/zoet-scheidingssysteem hebben en met een minimum aan waterverlies moeten werken, kan op deze manier een doelmatiger schutprogramma worden opgesteld. Dit levert ook een positieve bijdrage aan de vlotte verkeersafwikkeling door de sluis.

De gevaarlijke-stoffenlijst is een selectie uit de vooraanmeldingslijst en de aanbodlijst; die schepen worden erop vermeld die met gevaarlijke stoffen zijn geladen, en ook

schepen die gevaarlijke stoffen hebben vervoerd maar nog niet zijn ontgast. De schepen zijn ingedeeld naar vaarrichting. De lijst kan voor een bepaald traject worden opgevraagd, bij voorbeeld het traject Volkerak-Kreekrak. Dat heet dan de trajectlijst. Op de trajectlijst is ook de uitvaartijd van de laatst gepasseerde sluis vermeld; dit is van belang voor de begeleiding van het scheepvaartverkeer. Maar het is ook mogelijk een lijst op te vragen van alle schepen met gevaarlijke stoffen die bij een bepaald sluisencomplex zijn aangemeld, of al in de voorhaven of zelfs in de kolk liggen. Dit noemen we de objectlijst. Voor het gemakkelijk en juist invullen van de gevaarlijke lading kan, behalve de moeilijke chemische benaming of de handelsnaam, ook de 4-cijferige code van de Verenigde Naties worden opgegeven. De VN-code is namelijk

Fig 4 Configuratie van de centrale computer



meestal uniek voor een bepaalde stof, in tegenstelling tot andere coderingsystemen waarbij groepen van stoffen worden samengenomen. De VN-code heeft bovendien als voordeel dat hij internationaal bekend is bij zeevaart, wegvervoer en vervoer per trein en vliegtuig. De binnenscheepvaart in West-Europa heeft de VN-codering nog niet ingevoerd. In het IVS is een rekenprogramma opgenomen dat, op basis van verschillende regelingen voor zee- en binnenvaart en de soort en de hoeveelheid gevaarlijke lading aan boord van het schip, de verplichte seinvoering uitrekent. In het systeem is tevens het volledige pakket gevarenkaarten opgenomen. Op deze gevarenkaarten, die identiek zijn aan de kaart die de verlader aan de schipper meegeeft, staan de eigenschappen van de stof, de eraan verbonden gevaren, en instructies hoe te handelen als er iets mis gaat. Verscheidene overheidsinstanties hebben taken ten aanzien van het bestrijden van ongevallen of de gevolgen ervan, zoals brand of verontreiniging van het oppervlaktewater. Deze instanties zijn bijzonder gediend bij een snelle en juiste verstrekking van gegevens, met name over het vervoer van gevaarlijke lading.

In geval van een calamiteit kan het betrokken schip met behulp van de gevaarlijke-stoffenlijst worden gelokaliseerd en geïdentificeerd. Is de naam van het schip bekend, dan kunnen alle gegevens van dit schip via het scheepsdetail op het scherm zichtbaar worden gemaakt. Men weet dan snel en precies met welke stof men te maken heeft, en kan snel beslissen hoe de bestrijding moet worden aangepakt. Van de per dag passerende schepen wordt een daglijst samengesteld, waarop alle gegevens van de schepen zijn vermeld. Ook welke schepen bij elkaar in een sluisolk hebben gelegen is hierop terug te vinden, omdat ze vlak bij elkaar in de lijst staan en tevens hetzelfde kolknummer en dezelfde uitvaartijd hebben. De daglijsten vormen op hun beurt de basis voor statistische bewerkingen. Per sluisencomplex kunnen zowel maand- als jaaroverzichten worden samengesteld.

Technische configuratie en kosten

Het hart van het systeem bestaat uit 2 computers van Hewlett Packard, type HP 3000/58, die op de Kreekraksluizen staan opgesteld. Elk systeem beschikt over een intern geheugen van 4 megabit, een extern geheugen op magneetschijven – twee eenheden van respectievelijk 120 en 132 megabit – en een magneetbandeenheid.

De hiervoor genoemde sluisencomplexen zijn door middel van datacommunicatie-apparatuur en enkel of dubbel uitgevoerde telefoonhuurlijnen op beide computers aangesloten. Wanneer een huurlijn niet beschikbaar zou zijn, kan alsnog een gewone kieslijnverbinding tot stand worden gebracht.

De twee computers kunnen elkaar volledig vervangen. Dat wil zeggen dat de gegevensbestanden in de beide computers gelijk gehouden worden. Als één van beide uitvalt, kunnen de eindstations overgeschakeld worden op de andere machine.

Bij een storing in de datacommunicatie kan in geval van een dubbele huurlijn, zoals tussen de Kreekrak-, de Krammer- en de IJmuiden-sluizen, op de werkende huurlijn worden overgeschakeld.

Nieuw is een driehoeksnet, waarbij door de datacommunicatie-apparatuur op de werkende verbinding automatisch alle gegevens worden overgenomen, en in geval van een storing een andere verbinding tot stand wordt gebracht. De programmatuur van de eindstations is geënt op het gebruik van de acht beschikbare functietoetsen. Omdat dikwijls in schemerachtige omstandigheden moet worden gewerkt, zijn de nieuwste eindstations voorzien van een amberkleurig beeldscherm en een regelbare lichtsterkte van de beeldbuis. De overige terminals hebben een zwart/wit-beeldscherm. Op elke sluis staat een printer waarop schutbrieven en dagoverzichten worden afgedrukt.

De totale investeringskosten aan apparatuur en programmatuur voor het IVS in het Deltagebied zullen, inclusief vijf jaar exploitatie, f 5 miljoen bedragen, exclusief BTW. Het systeembeheer berust bij de sluismeester van de Kreekraksluizen.

Met de invoering van het Informatie Verwerkend Systeem voor de scheepvaart in het zuidelijk Deltagebied zijn in velerlei opzicht verbeteringen bereikt.

Voor het schutbedrijf zijn vooral de beperking in het marifooverkeer van belang, en de volledige en betrouwbare beschikbaarheid van scheepvaartgegevens. Het sluisgebruik wordt doelmatiger doordat het scheepsaanbod vroegtijdig bekend is. De communicatie tussen de sluisen onderling is verbeterd, en er is eenheid gekomen in de manier van verzamelen en vastleggen van scheepvaartgegevens. Voor de schipper is het comfortabel dat hem slechts één keer volledig de scheepsgegevens per reis worden gevraagd. En het sluispersoneel hoeft niet meer om schutbriefjes te vragen.



Deel van het bedieningscentrum op de Middelsluis bij Terneuzen

De inwinning en verwerking van gegevens is met het nieuwe systeem enorm vooruitgegaan. De Rijkswaterstaat beschikt nu steeds over recente eenduidige scheepvaartgegevens. Dat is voor de beheerder van de hoofdvaarwegen in dit gebied in verband met beleidsvoorbereiding van eminent belang. Het Centraal Bureau voor de Statistiek kan voor het samenstellen van statistieken beschikken over uitgebreide informatie over scheepvaarbewegingen en goederenvervoer.

Een stroom van scheepvaartgegevens komt nu voorhanden om te gebruiken bij allerlei studies en onderzoeken op het gebied van de scheepvaart door de Dienst Verkeerskunde van de Rijkswaterstaat.

Voor de begeleiding van het scheepvaartverkeer is het gemakkelijk dat de sluisen onderling snel informatie kunnen uitwisselen over

onderhoudswerkzaamheden, of stremmingen en mogelijke ongevallen op de vaarweg.

In 1986 zal ook op de overige sluisen in het zuidelijk Deltagebied, met name bij de sluisen van Vlissingen, Veere, de Zandkreek, de Roompot en de Grevelingen, een geautomatiseerd systeem voor gegevensinwinning worden ingevoerd, dat geënt is op het IVS. Het verschil met het IVS is, dat elk van de sluisen de beschikking krijgt over een eigen personal computer, waarop de programmatuur werkt. Er vindt in tegenstelling tot het IVS geen overdracht van gegevens plaats tussen de sluisen onderling.

Deze opzet is ontwikkeld in het project 'Sluisbedrijf-inwinning en Tijdelijke Opslag van Scheepvaartgegevens' (SITOS).

Niet alleen de overheid, maar ook het bedrijfsleven heeft belangstelling voor de ingewonnen gegevens. Om daaraan tegemoet te komen was het nodig bepaalde gegevens met betrekking tot de lading en de reis uit privacy-overwegingen af te schermen. Ingebouwde codes zorgen ervoor dat derden dan ook slechts die gegevens te zien krijgen die ook visueel vanaf de kolkwand zijn waar te nemen. Het IVS is voor de scheepvaart een uniek systeem, het werkt sinds 1 februari 1984. De ervaringen tot nu toe geven aan dat het systeem behoorlijk aan de verwachtingen beantwoordt. Het staat model voor toepassing in andere regio's in ons land, en in de toekomst mogelijk daarbuiten. In België en Duitsland bestaat reeds belangstelling voor het IVS, een systeem dat effectief bijdraagt aan het doelmatig en veilig gebruik van onze vaarwegen en aan een snelle statistische verwerking van het transport.

De veranderingen die na het gereedkomen van de stormvloedkering en de compartimenteringswerken zullen gaan optreden in het hydro-dynamische milieu van de Oosterschelde, hebben gevolgen voor de morfologische ontwikkeling van de schorgebieden. Om deze gevolgen te kwantificeren is een uitgebreid procesonderzoek verricht. Daarover werd eerder gerapporteerd in Bericht 95 (februari 1981), 105 (augustus 1983) en 117 (augustus 1986). In dit artikel worden het resterende onderzoek en de afrondende conclusies van het onderzoek gepresenteerd.

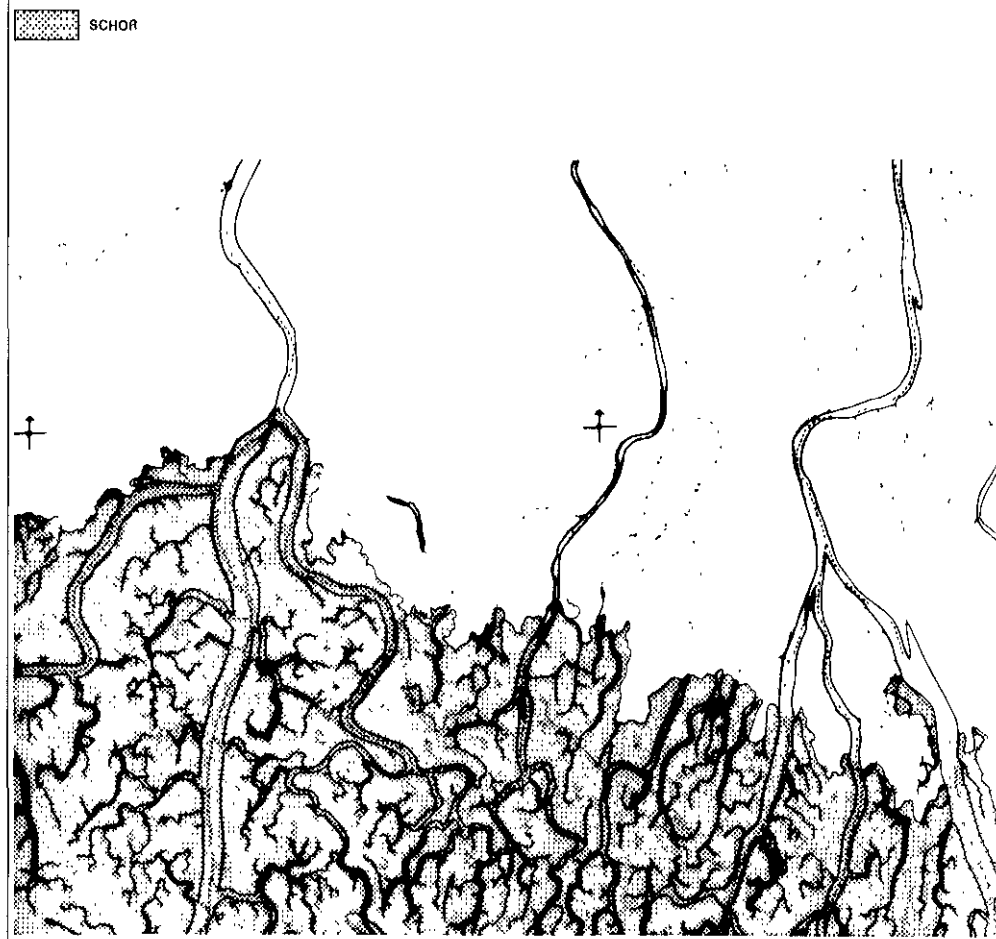
De toekomstige ontwikkeling van de schorgebieden in de Oosterschelde

Schorren in een zee-arm of estuarium kunnen ontstaan op plaatsen waar de aanvoer van zand en slib de afvoer ervan overtreft. Noodzakelijk is een beschutte ligging ten opzichte van de belangrijkste waterstromingen en de overheersende harde winden. Op zulke beschutte plaatsen, heel vaak tegen dijken aan, maar ook in de binnenbochten van geulen, kan het oppervlak geleidelijk door sedimentatie worden opgehoogd. Maar hoe hoger een schor komt te liggen, hoe minder vaak het nog overstroomd wordt bij hoog water. Een kritisch punt is bereikt wanneer de overstromingsduur zo kort wordt dat zoutverdragende pionierplanten er zich kunnen vestigen. Afhankelijk van het zoutgehalte van het water ligt dit kritische punt bij een overstromingsduur van zo'n 50 procent. Eigenlijk wordt pas vanaf het moment dat zich vegetatie vestigt, gesproken van een schor. Door de begroeiing wordt de snelheid van het water geremd en neemt de sedimentatie toe. Het ontstaan van een schor betekent daarom een versnelling van het ophogingsproces. De snelheid van opslibbing is behalve van de stroomsnelheid afhankelijk van de hoeveelheid sediment in het water. Dit sediment wordt hoofdzakelijk naar het schor aangevoerd vanuit de geulen op het aangrenzende slik. Wanneer zo'n geul buiten zijn oevers treedt, bezinkt het meeste materiaal vlak naast de geul, als gevolg van verminderde stroomsnelheid. Daar ontstaan dan zogenaamde oeverwallen, die zich van de verder afgelegen kommen onderscheiden door een grotere opslibbingssnelheid, een hogere ligging van het maaiveld, een grovere, meer zandige sedimentsamenstelling en een andere vegetatie. De hogere opslibbingssnelheid

langs de geuloevers verklaart dat het schor zich hier het snelst kan uitbreiden: de overgangszone van het schor naar het onbegroeide slik krijgt daardoor een getand verloop (figuur 1).

De gebondenheid van schorren aan een beschutte ligging komt ook tot uiting bij de schorgebieden in de tegenwoordige Oosterschelde. Allemaal bevinden ze zich aan de oostzijde van een dijk of dam, of in een luwe hoek tussen twee dijken (figuur 2). Een uitzondering vormen de schorren van Rattekaai-West en Anna-Jacobapolder, de overblijfselen van veel grotere schorgebieden, die in het verleden grotendeels zijn ingepolderd. De historische ontwikkeling van het schorren-areaal in het Oosterschelde-gebied is overigens nauw verbonden met de inpolderingen en landaanwinningswerken (figuur 3). Nadat een lange reeks schorgebieden in het midden van de overige eeuw was ingepolderd, vond tot 1950 op veel punten weer uitbreiding van de schorren plaats tegen de nieuwe dijken. Vaak werd die aangroei gestimuleerd door de aanplant van met name Engels slijkgras.

Na 1950 is de aangroei van schorren gering gebleven als gevolg van verminderde landaanwinningsactiviteiten en de versterkte erosie die het gevolg was van het toenemende getijvolume van de Oosterschelde. Alleen in het oostelijk deel van de Krabbenkreek en nabij Rattekaai-Oost is in de laatste periode nog schoruitbreiding opgetreden. Het onderzoek naar de processen die optreden bij schorsystemen in de Oosterschelde wijst er op dat bij 84 procent van de schorgrenzen afbraak plaatsvindt, in de vorm van kliferosie. Slechts 16 procent van de overgangen van



schor naar slik verloopt in de huidige situatie geleidelijk

Als gedeeltelijke eindconclusie van het onderzoek is in Bericht 117 (augustus 1986) geformuleerd dat de schorkliffen in het Oosterscheldebekken ook in de toekomst, na de voltooiing van de stormvloedkering, zullen eroderen; echter in een geringer tempo, namelijk met 60 tot 90 procent van de huidige snelheid.

Betekent die vermindering van de erosiesnelheid bij de schorkliffen nu ook dat, als gevolg van de verminderde milieudynamiek, bij de geleidelijke schor-slikovergangen in de toekomst uitbreiding van de schorren verwacht kan worden? Bij de eerste voorlopige schattingen van Bericht 95 (februari 1981) is hier wel van uitgegaan. Het recentelijk afgesloten onderzoek heeft getracht deze vraag meer

Fig. 1. Het getand verloop van de begrenzing van schor en slik bij Rettekaai-west

Fig. 2 Schorgebieden in de Oosterschelde na de voltooiing van de compartimenteringswerken

gefundeerd te beantwoorden.

Metingen hebben de verwachting bevestigd dat er tijdens rustige hydro-dynamische omstandigheden sprake is van een netto-aanvoer van sediment in de richting van het schor, maar tijdens storm van een netto-afvoer, als gevolg van erosie. De erosie treedt op onder invloed van golven die aan de bodem een sterke waterbeweging veroorzaken, die tot uitdrukking komt in grote zogenaamde orbitaalsnelheden. De snelheid van de getijstrooming in de schorgebieden is over het algemeen te laag om een eroderende werking te hebben.

Behalve de netto sedimentatie of erosie is de omwerkingsdiepte van de toplaag van het sediment tijdens een getij ook een bepalende factor voor eventuele uitbreiding van de schorren. Die zogenaamde sedimentmobiliteit is bepalend voor de mogelijkheid tot vestiging van vegetatie via zaaillingen. Om een indicatie te krijgen van de orde van grootte van de sedimentmobiliteit is gebruik gemaakt van metingen met zogenaamde sedimentatie/erosie-tafels. Als maat voor de mobiliteit is de standaardafwijking gebruikt van de gemiddelde maaiveldverhoging en -verlaging.

De ruimtelijke variatie in gemeten sedimentmobiliteit blijkt zeer groot. Voornamelijk om deze reden is het niet gelukt een kwantitatief verband op te stellen tussen de mate van sedimentmobiliteit en de waterbeweging aan de bodem. Dat er een duidelijke samenhang bestaat tussen beide factoren is op theoretische gronden wel aannemelijk.

Uit inzaaiproeven is de invloed van de sedimentmobiliteit op de generatieve vestiging van vegetatie bepaald (figuur 4): voor Engels slijkgras blijkt dat alleen mogelijk wanneer er

kiemachtige zaden aanwezig zijn op 1,5 tot 3 cm beneden het oppervlak; bovendien moet de variatie in maaiveldhoogte in de kiemperiode beperkt blijven tot 2,5 mm.

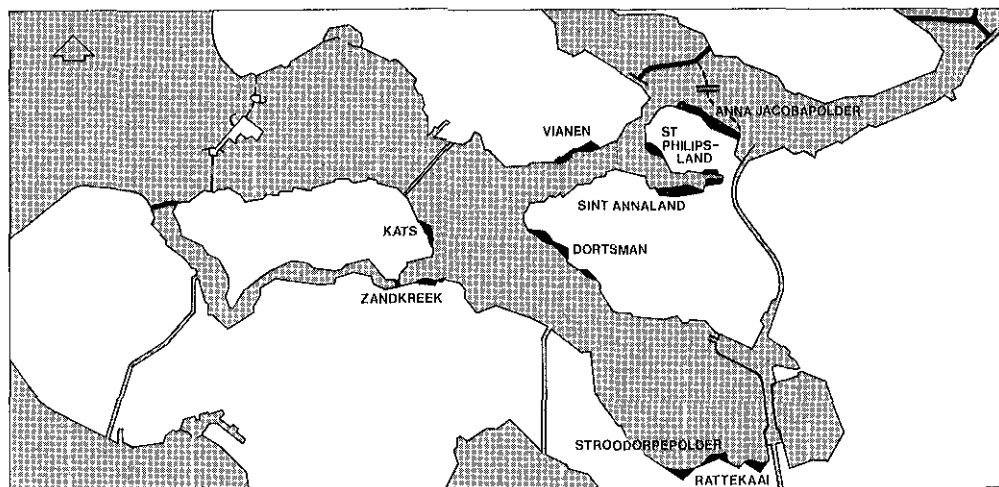
Om te komen tot een voorspelling van de ontwikkelingen bij een gedempt getij na het gereedkomen van de stormvloedkering, is een empirisch verband opgesteld tussen de golfhoogte, de waterdiepte en de gemiddelde orbitaalsnelheid. Uit berekeningen blijkt dat het snelheidsniveau van de waterbeweging aan de bodem bij de geleidelijke slik-schor-overgangen in de toekomstige situatie in het algemeen iets hoger komt te liggen.

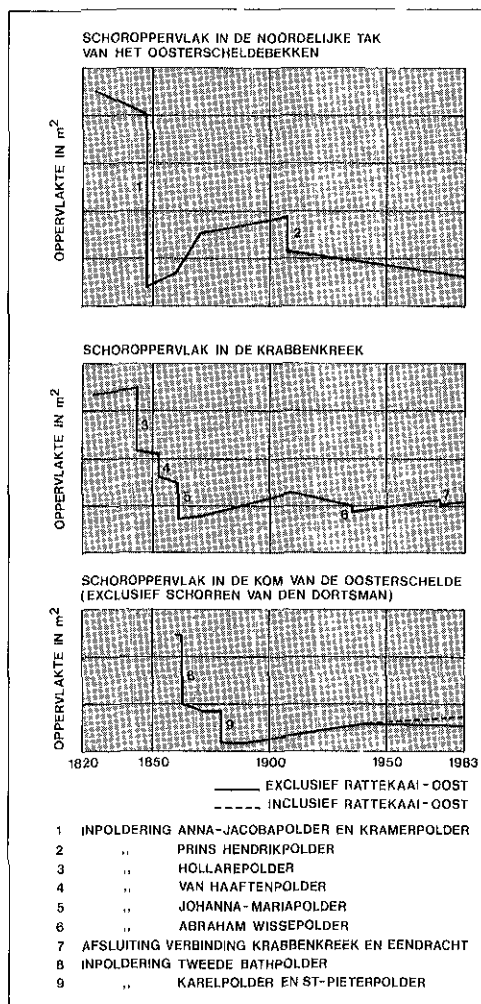
De dynamiek neemt dus, in tegenstelling tot eerdere verwachtingen, lichtelijk toe. De omstandigheden voor uitbreiding van de vegetatie worden nauwelijks gunstiger, zodat in deze gebieden sprake zal blijven van een niet helemaal stabiele schorgrens. Slechts in gebieden waar het hydro-dynamische milieu ingrijpend gewijzigd wordt, zoals in de directe nabijheid van de compartimenteringswerken, bestaat kans op enige schoruitbreiding. Ook door de afname van de sedimentaanvoer neemt de opbouwsnelheid van het schor af.

Invloed van de stormvloedkering

In de eindrapportage van het onderzoek is ook aandacht besteed aan de invloed van de sluitingsstrategie van de stormvloedkering. Natuurlijk moeten er randvoorwaarden worden gesteld aan het gebruik van de stormvloedkering met betrekking tot de sluitmanoeuvre, de sluitingsduur en de waterstanden tijdens een sluiting. Aan het milieu van de Oosterschelde moet immers zo min mogelijk schade worden toegebracht.

2





Studies hiertoe worden uitgevoerd in het kader van het project BARCON.

Vanuit het schorrenonderzoek is daarbij aangegeven in welke gevallen er door sluiting van de stormvloedkering tijdens zware storm situaties kunnen ontstaan met schadelijke gevolgen voor de schorren. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen onomkeerbare schadelijke effecten en effecten met een tijdelijke schade. Onomkeerbare schadelijke effecten zijn bij voorbeeld een toename van de klifafslag en vegetatieafslag aan de bovenzijde van schorkliffen, zodat versneld afstorting plaatsvindt. Tijdelijke schade wordt veroorzaakt door verhoogde opwerveling van sediment, en door vegetatieafslag op de geleidelijke overgang tussen schorren en slikken. Bij de afweging voor de keuze van sluitingsstrategieën wordt aan beperking van eerstgenoemde gevolgen een zwaarder gewicht toegekend. Met betrekking tot de schorkliferosie is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor het effect van stagnante waterpeilen op de erosie van schorkliffen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een sluitingsduur van de stormvloedkering van 6, 18 en 24 uur. Bij een sluitingsduur van 6 uur is de schorkliferosie gelijk aan de erosie bij geopende stormvloedkering in het oostelijk deel van het bekken treedt dan nog geen stagnantie op. Een sluiting van 18 uur bij een middelzware storm met windsnelheden van 15 m/s geeft bij elk stagnantieniveau een verhoogde klifafslag te zien: uiteraard niet daar waar de klifbasis boven het stagnantieniveau ligt. Bij een stagnantie van 24 uur, in een met de februaristorm van 1953 vergelijkbare situatie, geldt dat het schadelijk effect voor de hooggelegen kliffen het grootst is.

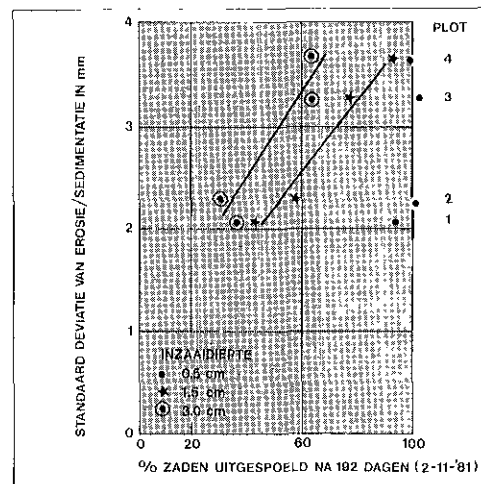


Fig. 3 Veranderingen in het schoroppervlak 1824-heden

Fig. 4 Percentage uitgespoelde zaden van *Spartina anglica* in relatie tot de inzaaidiepte

Fig. 5 Snelheid aan de bodem bij verschillende niveaus van stagnantie

De totale schadelijke effecten zijn bij de keuze van een juiste sluitingsstrategie echter kleiner dan bij open stormvloedkering. Handhaving van een binnenpeil tussen N.A.P. + 1,00 en 2,00 m bij Stavenisse, of de instelling van een binnenpeil dat tussen deze waarden schommelt, levert de minste erosie op van zowel de middelhoge als de hoogstgelegen schorkliffen. Ten gevolge van de abrupte sprong in het terrein die een schorklif vormt, zullen er ook golven breken op de bovenzijde van het schorklif. Als gevolg daarvan kunnen zich versneld scheuren vormen in het klifpakket. Bovendien kan de begroeiing beschadigd worden, waardoor de vitaliteit van de planten afneemt. De stabiliteit van het klif kan op die manier afnemen. Op langere termijn kan dat zich uiten in toenemend snelle afslag.

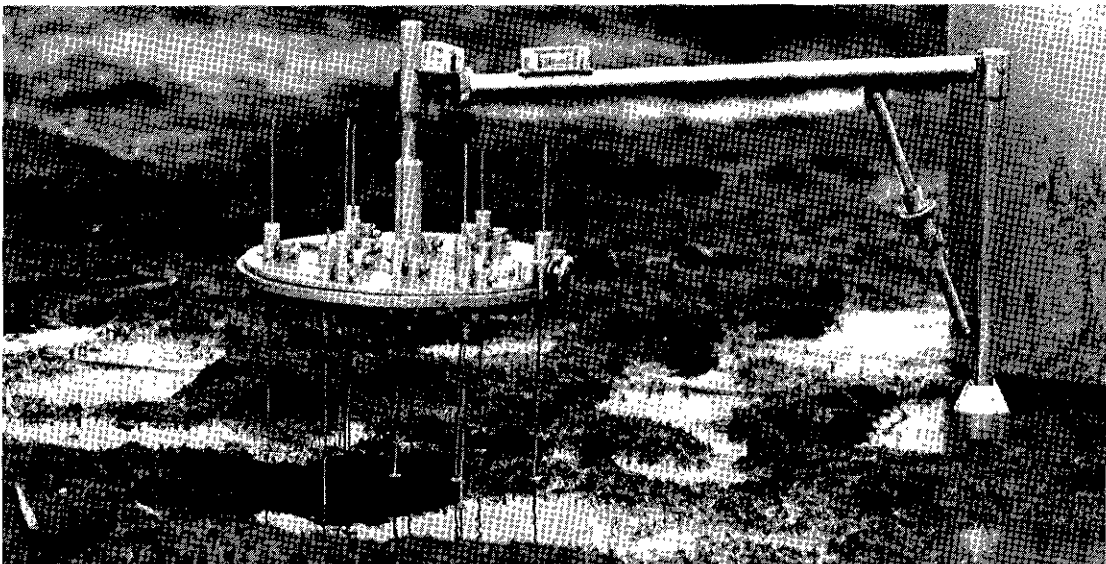
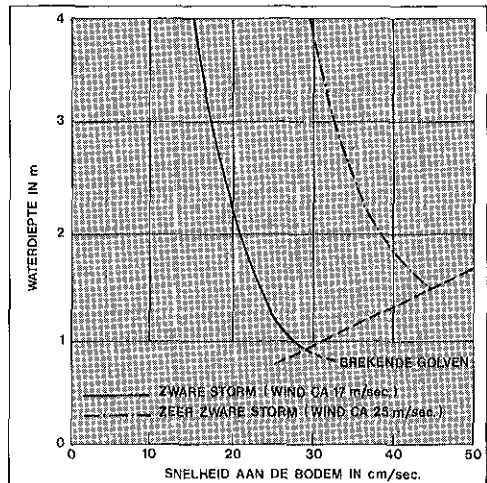
In het algemeen zullen de golven op de bovenzijde van het klif gaan breken vanaf het moment dat de waterspiegel ongeveer ligt op het niveau van de bovenzijde van het klif, totdat het peil 0,50 tot 0,75 meter boven de bovenzijde van het klif staat. De stagnantieneveaus bij Stavenisse waarbij golfbreking op de bovenzijde van het klif kan optreden, liggen tussen N.A.P. + 0,20 en 2,25 m. Verhoogde opwerveling van sediment en vegetatieafslag op de geleidelijke overgang tussen schor en slik vormen een schadelijk effect van beperkte duur. Als dit zich echter herhaaldelijk voordoet, bestaat het risico dat het schadelijke gevolg onherstelbaar en permanent wordt.

Opwerveling van de slibbodem aan de schorgrens tot een diepte van enkele centimeters houdt in dat de kiemkrachtige zaden in deze laag worden uitgespoeld, zodat de vegetatieontwikkeling in het groeiseizoen achterblijft. Deze opwerveling is maximaal als

de bodem in de brekerszone ligt. Bij toenemen de waterdiepte nemen de orbitaalsnelheden aan de bodem af, en wordt de sedimentopwerveling minder (figuur 5).

Gesteld kan worden dat bij een stagnant peil van N.A.P. + 0,50 tot 1,00 m bij Stavenisse de situatie ten aanzien van vegetatieafslag aan de schorrand en opwerveling van de slibbodem het meest ongunstig is.

Sluiting van de stormvloedkering bij storm leidt in de meeste gevallen tot verhoogde erosie van schorren. Bij langdurige sluitingen, van 24 uur en meer onder zeer zware stormomstandigheden, kunnen de schadelijke effecten worden verkleind ten opzichte van de situatie met geopende kering door het instellen van een semi-stagnant peil.



Samenvattingen

De oplegconstructie van de dorpelbalken

De dorpelbalken in de Oosterscheldekering vormen de onderaanslag van de schuiven, en vormen tegelijk de overgang naar de drempel. De balken werden gebouwd in een dok op N.A.P. - 15 m, en na voltooiing uitgevaren door de 'Taklift 4'.

Bij hun plaatsing kwamen ze eerst op tijdelijke oplegconstructies terecht, en vervolgens op definitieve. Bij de entree van de sponning bedroeg de speling 45 cm, maar al afdalend verminderde die tot 5 à 10 cm.

De definitieve oplegging bestond uit een rubber oplegblok in combinatie met een stalen vizel. De vizels zijn vooraf zwaar beproefd, omdat het rampzalige gevolgen zou hebben als zij onder water faalden.

Er is verder veel gewerkt met natuurlijk rubber, omdat dat lang meegaat. De oplegconstructies moeten, evenals de kering zelf, tweehonderd jaar blijven functioneren.

De vizels werden in twee groepen volgespoten, eerst met water en daarna met betonmortel, zodat de dorpelbalken op hun plaats werden gefixeerd. De gehele operatie werd uitgevoerd vanuit containers op de verkeersbrug, op N.A.P. + 12 m.

Een milieumeetstation aan de stormvloedkering in de Oosterschelde

Ter bewaking en bestudering van het natuurlijk milieu in de periode na de voltooiing van de stormvloedkering wordt een meetstation gebouwd in een doorstroombuiging in de Roompot. Er wordt voor gezorgd dat dit ene meetpunt representatief is voor een groot

gebied. Continu zullen er metingen worden verricht van waterkwaliteitsparameters, aangevuld met discontinue metingen van de zandconcentratie.

De meetgegevens vormen onder andere de grondslag voor lopend onderzoek naar de voedselketen, naar de geomorfologie en naar de samenhang tussen voedingsstoffen en biomassa.

Het artikel geeft een beschrijving van het volledig geautomatiseerde meetstation.

Het onderzoeksvaartuig 'Argus'

Sinds haar oprichting in de jaren zeventig doet de Milieu-afdeling van de Deltadienst onderzoek naar de waterkwaliteit in de kustwateren en de bekkens van de benedenrivieren. De metingen worden voornamelijk verricht vanaf speciaal uitgeruste meetschepen.

Achtereenvolgens kwamen de 'Ventjager', de 'Delta' en de 'Argus' in dienst. Dit artikel gaat voornamelijk over de 'Argus'. Dit schip verricht zijn metingen met behulp van een meetvis die in het water wordt afgevierd en ook tijdens de vaart blijft doormeten. De signalen van de sensoren worden ingevoerd in een computer aan boord. Daarnaast bevat het schip drie laboratoria voor het verwerken van water- en bodemonsters, waaronder een C14-isotopenlaboratorium dat zorgvuldig van de buitenwereld wordt geïsoleerd.

De 'Argus' werkt met een zeer geavanceerde navigatiecomputer, waarin onder andere nautische gegevens zijn opgeslagen van het hele onderzoeksgebied.

Er is grote vraag naar de faciliteiten die de 'Argus' te bieden heeft.

Ijsafvoer in het noordelijk Deltabekken

Door de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet zijn er grote veranderingen opgetreden in het waterloopkundig regime van het noordelijk Deltabekken; ook in de afvoer van ijs in de winter en het voorjaar. Maar ook de vorming van ijs op het water gaat anders verlopen wanneer een stromende rivier, zoals het Haringvliet, verandert in een semi-stagnant bekken door de geringe menging over de waterdiepte vriest het oppervlak nu veel sneller dicht. Anderzijds is het effect van koelwaterlozingen merkbaar, waardoor zich pas bij lage luchttemperaturen ijs vormt, dat ook weer snel degenereert. De beslissing om het ijs te breken berust in

eerste instantie bij de Rijkswaterstaat. Verder kunnen er maatregelen genomen worden om het af te voeren ijs langs bepaalde riviertakken te sturen, en om eventueel te manipuleren met de Haringvlietsluizen.

Een informatieverwerkend systeem voor de scheepvaart in het zuidelijk Deltagebied

Met de invoering van een informatieverwerkend systeem voor de grote sluizen in het zuidelijk Deltagebied zijn de procedures voor het passeren van een sluis sterk vereenvoudigd. Ook *verscheidene posten voor de regeling van het verkeer te water zijn aangesloten. Later zullen sluizen langs de hoofdroute naar het noorden van Nederland, naar België en langs de Maas deel gaan uitmaken van het systeem. Als centraal computercentrum fungeren de Kreekraksluizen. Gegevens omtrent een schip – naam, laadvermogen, type, diepgang, lading en plaats van herkomst en bestemming – worden nu nog maar één keer opgevraagd. Ze kunnen worden gepresenteerd op lijsten die van sluis tot sluis worden doorgeseind. Zo kunnen de waterautoriteiten zich een beeld vormen van het verkeersaanbod op de verschillende routes. Er kunnen gevaarlijke-stoffenlijsten gemaakt worden, en statistische gegevens worden verkregen. De installatiekosten en vijf jaar exploitatie bedragen ongeveer 5 miljoen gulden exclusief BTW.*

De toekomstige ontwikkeling van de schorgebieden in de Oosterschelde

Er is uitgebreid onderzoek verricht naar de morfologische processen die het ontstaan en de afbraak begeleiden van schorren in een intergetijdegebied. Dit artikel geeft van dat onderzoek de slotconclusies weer. *Schorren vormen zich doorgaans in de luwte van dijken of dammen. Na 1950 is de vorming van nieuwe schorren gering gebleven, omdat de landaanwinningswerken praktisch tot stilstand kwamen. Thans vindt er vooral afbraak van de schorren plaats, een verschijnsel dat na de ingebruikneming van de stormvloedkering zal blijven optreden, zij het in verminderde mate. Alleen in de buurt van de compartimenteringsdammen wordt nog enige aangroei verwacht. In het BARCON-project wordt onder meer bestudeerd hoe schadelijk de gevolgen voor de schorren zullen zijn van tijdelijke sluiting van de kering.*

Summaries

The construction of the bearing points of the sill beams

In the Oosterschelde barrier the sill beams act both as the bottom seating of the gates and as the transition to the sill. The beams were built in a dock at M.S.L. – 15 m, and upon completion were transported by the lifting vessel 'Taklift 4'. The sill beams were placed first on temporary bearing constructions and afterwards on the final structures. There was a tolerance of 45 cm at the entrance of the locating groove, but this decreased to 5 to 10 cm at the bottom. The final bearing points consisted of a rubber support in combination with a steel jack. The jacks undergo rigorous testing beforehand as the consequences would be disastrous should they fail under water.

Much use is also made of natural rubber because of its great durability. Both the bearing constructions and the barrier have to be able to function for two hundred years. The jacks were placed in two groups under water and grouted with concrete mortar. The sill beams were then fixed in place. The whole operation was carried out from equipment located on the road bridge at M.S.L. + 12 m.

An environmental measuring station at the storm surge barrier in the Oosterschelde

A measuring station is being built in one of the gates in the Roompot for the safeguarding and study of the natural environment in the period subsequent to the completion of the storm surge barrier. This particular station will be representative of a large area. Measurements will be carried out continuously on the

water quality parameters, supplemented by intermittent measurements of the sand concentration.

The data collected will form the basis for the current research into the food chain, geomorphology and the connection between nutritious substances and biomass. This article describes the operation of the fully automated measuring station.

The research vessel 'Argus'

Ever since the department of Environment was set up in the seventies as part of the Delta Service, research had been carried out into the water quality of the coastal waters and of the lower river estuaries. These measurements are conducted mainly from specially equipped measuring vessels. The 'Ventjager', de 'Delta' and the 'Argus' followed in succession. This article is mainly concerned with the 'Argus'. This ship carries out its measurements by using a water sampler which is lowered into the water and which measures while the ship is in motion. The signals are entered into an on board computer. The ship is also equipped with three laboratories for processing water and bed samples. The equipment includes a C14 isotope laboratory which is kept carefully isolated.

The 'Argus' has an extremely advanced navigation computer at its disposal, which can store the nautical data on the entire research area. There is a great demand for the facilities which the 'Argus' has to offer.

Removal of ice in the northern Delta estuaries

Considerable changes have occurred in the hydraulic regime of the northern Delta estuaries as well as in the formation and removal of ice in winter and spring as a result of the closure of the Volkerak and the Haringvliet. The process of ice formation is occurring more rapidly when, for example, a running river like the Haringvliet becomes a semistagnant body of water due to reduced water flows across its depth. This causes the water surface to freeze much quicker. On the other hand the effect of the dumping of cooling water into the estuaries is noticeable, as ice formation only occurs at low air temperatures and rapidly disintegrates.

The decision as to whether to break the ice is, in the first instance, in the hands of the Rijkswaterstaat. Beyond this measures may be taken for the removal of ice along certain river

branches and as a last resort by making use of the Haringvliet sluices

An information processing system for shipping in the southern Delta area

The procedures involved in passing through a lock have been greatly simplified with the introduction of an information processing system for the large locks in the southern Delta area. Several stations for the regulation of water traffic have also been included in the system.

The Kreekrak locks serve as the central computer centre. Data on a ship passing through the system are required only once, and include name, loading capacity, type, depth, load, origin and destination of the vessel. These data can be stored and signalled through from lock to lock. In this way the lock master can make the necessary arrangements for the lock chamber in advance of the ship's arrival. Similarly the water authorities can estimate the traffic load on the different routes. Lists of dangerous pollutants can be made and statistical data obtained. The costs of installing the system and of five years operation amount to around 5 million guilders including V.A.T.

Future development of the mud flat areas of the Oosterschelde

Extensive research has been carried out into the morphological processes associated with the development and breakup of mud flats in an intertidal area. This article presents the final conclusions of this research. Generally speaking mud flats build up in the lee of the dykes or dams. Since 1950 there had been little new formation of mud flats as land reclamation works have practically reached a standstill. At present the mud flats are more often being broken up, and this phenomenon will continue after the storm surge barrier has come into use although to a lesser extent. However, some increase in the mud flat formation is expected in the neighbourhood of the compartment dams.

A study of the extent of the damage caused by the temporary closure of the barrier to the mud flats will be included in the BARCON project.



Vorderingen

in de periode
1 juli-1 september 1986

Philipsdam

Van 27 augustus tot en met 6 september werd zand gespoten in het damvak Slaak vanuit zowel het hoge bekken van de sluizen als het Kanaal Slaak. Toen was het sluitgat dicht. Onmiddellijk werd een aanvang gemaakt met het afwerken en bekleden van het damvak, het zuidelijke sluitstuk van de Philipsdam.

De sluisdeuren van de duwvaartsluizen zijn in bedrijf gesteld. De bewegingswerken in de in-, uit- en doorlaatwerken werden gemonteerd en elektrisch aangesloten; men is nu doende de schuiven ervan in bedrijf te stellen. Voor de kolkwandriolen werden de schuiven en bewegingswerken geleverd. Deze onderdelen worden nu op hun plaats gemonteerd. Besloten is, de contragewichten aan te passen.

De drie pompen voor het gemaal van de duwvaartsluizen werden bedrijfsklaar gemaakt. Met de fabricage en montage van de debietapparatuur is men zover gevorderd dat de installatie kan worden beproefd. De installatie en aansluiting van het bedieningsinstrumentarium werd voortgezet. Nu de regelcomputer van de sluizen gereed is en de programmatuur geschreven, kan de hele installatie worden beproefd.

De bouw van de radarinstallatie en de aanleg van elektronische voorzieningen verlopen volgens plan.

Remmingwerken en wachtplaatsen naderen hun voltooiing.

Wat de jachtensluis betreft kan het volgende worden bericht. De deuren met bewegingswerken zijn gemonteerd, elektrisch aangesloten en in bedrijf gesteld. Vanaf 1 september kan de werkvaart voor het aanbrengen van remmingwerken in de oostelijke voorhaven provisorisch worden gesloten. Begonnen werd met de montage van de wandschuiven. In de fabriek verloopt de assemblage van de pompen voor het gemaal volgens schema. De schuiven en bewegingswerken voor het uitlaatwerk van het gemaal zijn vervaardigd en gemonteerd.

De westelijke voorhaven van de jachtensluis werd verder afgewerkt.

Oosterdam

Het 9,5 km lange zuidelijke deel van de Oosterdam, tussen Zuid-Beveland en het sluseiland, is geheel voltooid. Te maken blijft nu nog over een damgedeelte van 400 m tussen het sluseiland en Tholen, het zogenaamde Tholense Gat. Dit damgedeelte wordt aangelegd zodra de Bergse-Diepsluis in gebruik genomen is, op 1 oktober. Van deze sluis is de elektronische instrumentatie op 1 september operationeel geworden, na een periode van technische beproevingen in augustus.

De aanpassingswerken op het sluseiland waren op 1 september voltooid.

Bathse Spuikanaal

Op 1 juli werd begonnen met het doorgraven van de ringdijk aan de Westerscheldezijde. De elektrische installatie en

instrumentatie van de Bathse Spuisluis was op 3 september klaar. De integrale beproeving van de bewegingswerken, de elektriek en de instrumentatie is in volle gang.

Stormvloedkering

In de verslagperiode kwam de kering zo goed als gereed, in zijn functie als waterkering. De officiële ingebruikstelling valt weliswaar net buiten de verslagperiode, maar nagenoeg de hele voorbereiding valt erin.

Begin juli plaatste de 'Taklift 4' de laatste schuif met bewegingswerken in poortje R1. Daarna is deze drijvende bok nog gebruikt om een aantal bouwkransen van de kering te tillen. Vervolgens werd de 'Taklift 4' in de buitenhaven van Noordland zelf voor een deel ontmanteld, en voor vertrek gereed gemaakt. Op 4 juli nam de 'Taklift 4' afscheid van de Oosterschelde, na een verblijf van 29 maanden, en het hijsen van 550 000 ton aan elementen voor de kering. Het plaatsen van voorgefabriceerde elementen, een van de omvangrijkste karweien van het hele project, was tot een goed einde gebracht. Afgezien van enkele reparatiestoringen heeft de 'Trias' geen moeilijkheden ondervonden bij het aanbrengen van de toplaag in de omkegeling van de breukstenen dammen en het aanstorten van de dorpelbalken aan de Oosterscheldezijde in de Roompot. Enige tijd ging heen met het afstellen van de bewegingswerken van de schuiven; na een aantal proefnemingen werd de werking akkoord bevonden. Voor de levering van energie voor het bewegen van de schuiven werd inmiddels de definitieve elektriciteitscentrale in het Topshuis

in gebruik genomen. Men is begonnen met de ontmanteling van de tijdelijke centrale. Schuiven, bewegingswerken en het hekwerk eromheen werden nagelopen in een laatste conserveringsronde. Als verkeersverbinding is de kering nog lang niet klaar. Er werd een begin gemaakt met de verdere uitbouw van de verkeerskokers tot dragers van de toekomstige verkeersweg. Aan weerszijden worden verbredingen aangebracht met een breedte van ongeveer vijf meter, zogenaamde uitkragingen of flappen. Ook bij deze elementen is het

principe van de prefabricage gevolgd. De flappen worden gegoten op het werkterrein bij Kats. Er zullen in totaal 724 elementen nodig zijn. In de verslagperiode werden er 62 aangebracht in de Hammen en in de Roompot. Het hele karwei moet klaar zijn in de zomer van 1987. Ter verhoging van de stabiliteit en bij wijze van reparatie van een enkele mechanische beschadiging zijn bestortingen uitgevoerd op de bodembescherming. Op Neeltje Jans ligt nu een hoofdrijbaan met op- en afritten, terwijl de parallelweg

is aangepast. De bermen en taluds werden afgedekt met klei.

Een groot aantal terreinen kon definitief worden opgeruimd en afgewerkt: havenplateaus, de damaanzetten Schouwen, Roggenplaat en Neeltje Jans en het damvak Geul. Ook is er opgeruimd in de Jacoba- en de Sophia-haven. Daar werden loodsen, keten, verblijven, funderingen, steigers en dukdalven verwijderd. Ook werden er heel wat werkzaamheden verricht ter voorbereiding op de feestelijke opening van de stormvloedkering op 4 oktober.



