

Driemaandelijks Bericht
nummer 115, februari 1986

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadeaan 400
2597 AT 's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

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

De prijs bedraagt f 29,50 per jaar
of f 7,75 per nummer

Inhoud

Evaluatie van de pijlerplaatsingen 229

De bronbemaling van de bouwput
Schaar 235

IJsvorming en ijsbewegingen in het
Oosterscheldebekken gedurende de winter
van 1984 op 1985 241

Onderloopsheid 248

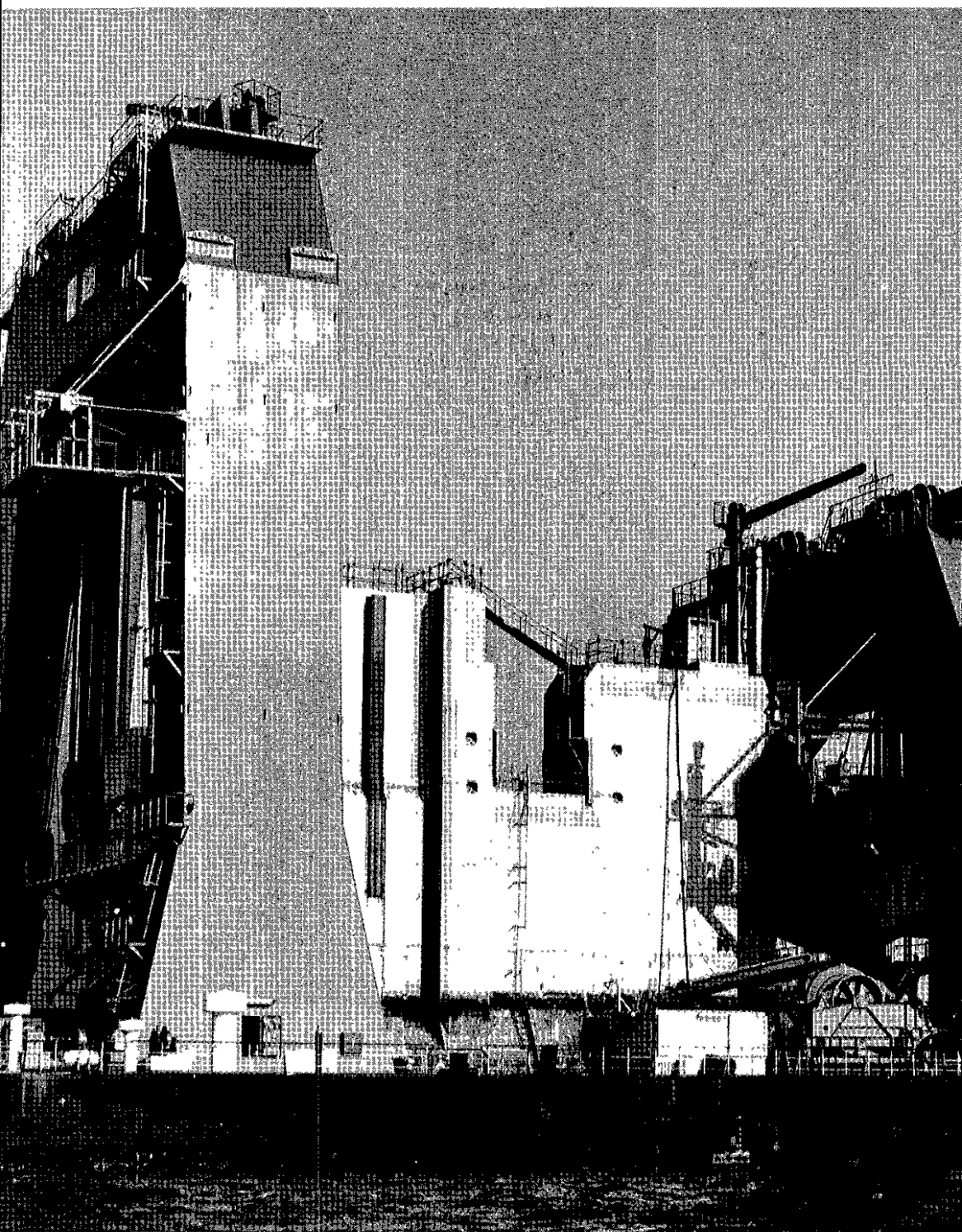
De Roompotsluis 254

De sluiting van het Marollegat 260

De waterkwaliteit van de
Oosterschelde 263

Samenvattingen/Summaries 272

Vorderingen 276



Evaluatie van de pijlerplaatsingen

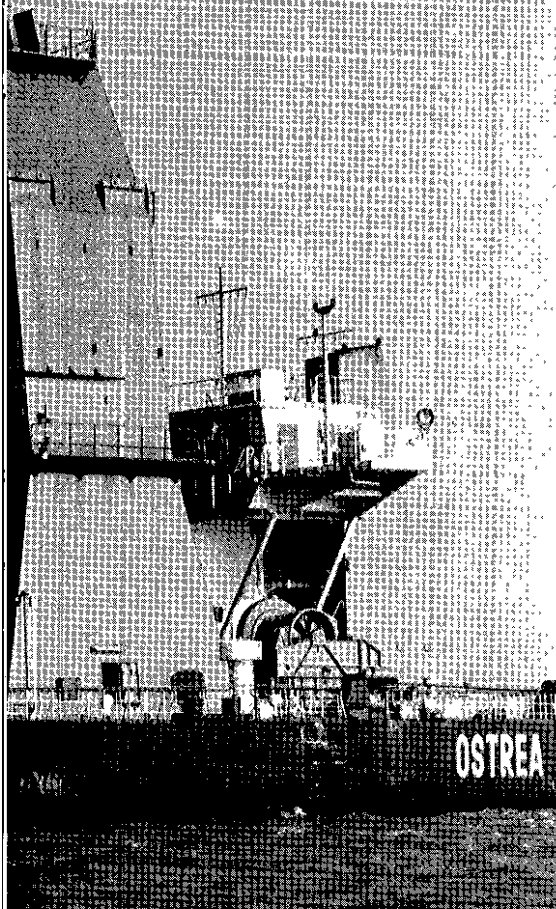
Met het plaatsen van de laatste pijler in de Roompot is een niet onbelangrijk hoofdstuk in de bouw van de Oosterscheldekering afgesloten. De pijlers vormen immers de ruggegraat van de stormvloedkering. Zij dragen de bovenbouw, die bestaat uit de verkeersweg, de schuiven, de dorpelbalken en de bovenbalken.

In geval van zware storm moeten de schuiven worden gesloten. In die situatie dienen de pijlers de geweldige krachten die op de kering worden uitgeoefend, over te brengen naar de fundering, die op zijn beurt van zodanige kwaliteit moet zijn dat de pijlers niet kunnen bewegen. Enige beweging, maar ook een scheefstand zou de schuiven kunnen doen vastlopen. Het ontwerp van de stormvloedkering stelde dan ook hoge eisen aan de nauwkeurigheid bij het plaatsen van de pijlers, en vereiste een zeer vlakke en draagkrachtige fundering.

In Bericht 108 (mei 1984) werd al een uitgebreide beschrijving gegeven van de pijlerplaatsing in de Hammen en de Schaar. Dit artikel vormt daarop een aanvulling; het gaat alleen in op een tweetal aspecten van het bedrijf die in de Roompot gewijzigd zijn: de stroombelasting en de zandproblematiek. Tevens zal een overzicht worden gegeven van de bereikte plaatsingsnauwkeurigheid van alle pijlers.

Bij het plaatsen van de pijlers vormt de stroombelasting een belangrijke randvoorwaarde voor de verankering van de combinatie 'Macoma'- 'Ostrea'. Naarmate het aantal pijlers toeneemt, nemen namelijk ook de stroomsnelheid en de stroombelasting toe. In de Roompot, het laatste en grootste sluitgat, is het effect daarvan aanzienlijk geweest.

In de Roompot was aanvankelijk een grenssnelheid gedefinieerd van 2,5 m/s, waarboven het de werkschepen niet meer was toegestaan te koppelen of gekoppeld over te liggen. Bij het vaststellen van deze grenssnelheid is rekening gehouden met de relatie tussen stroomsnelheid en ankerkracht die uit een analyse van de plaatsingen in Hammen en Schaar naar voren



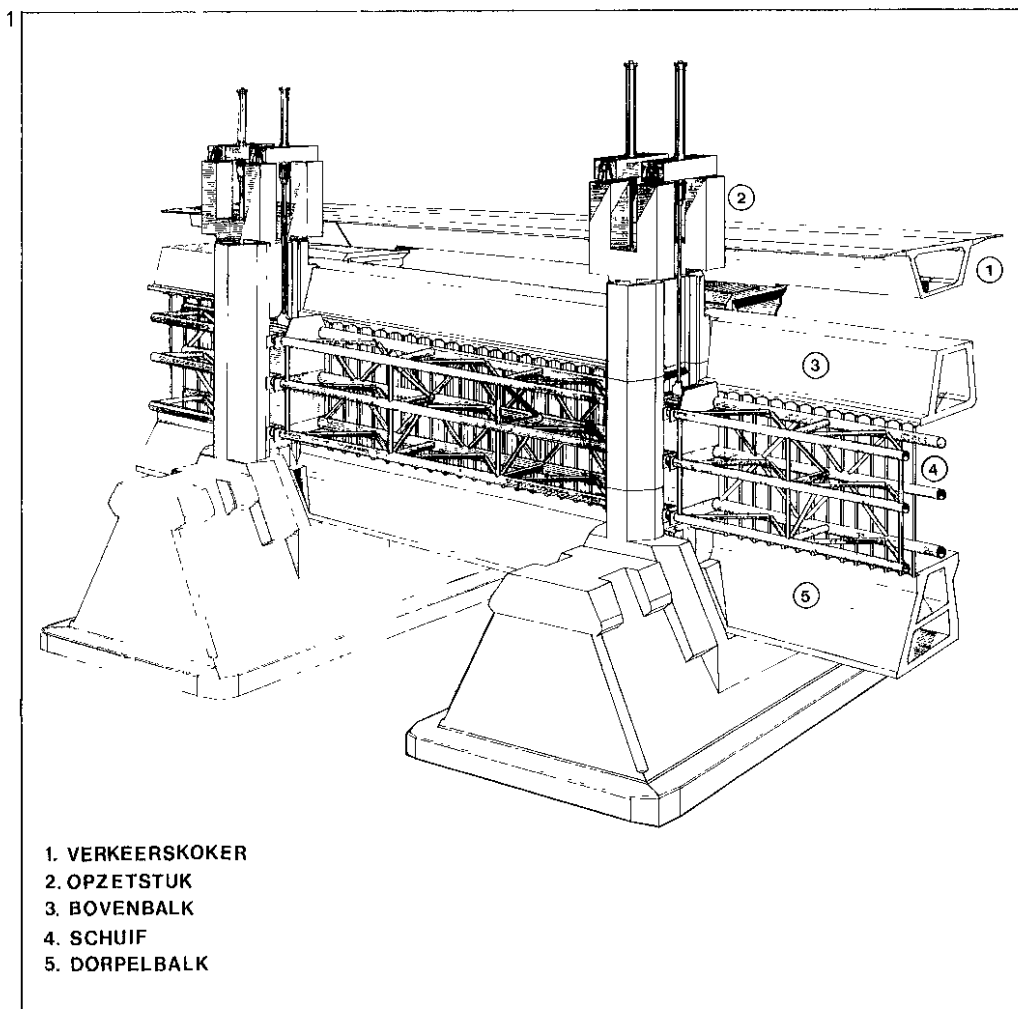


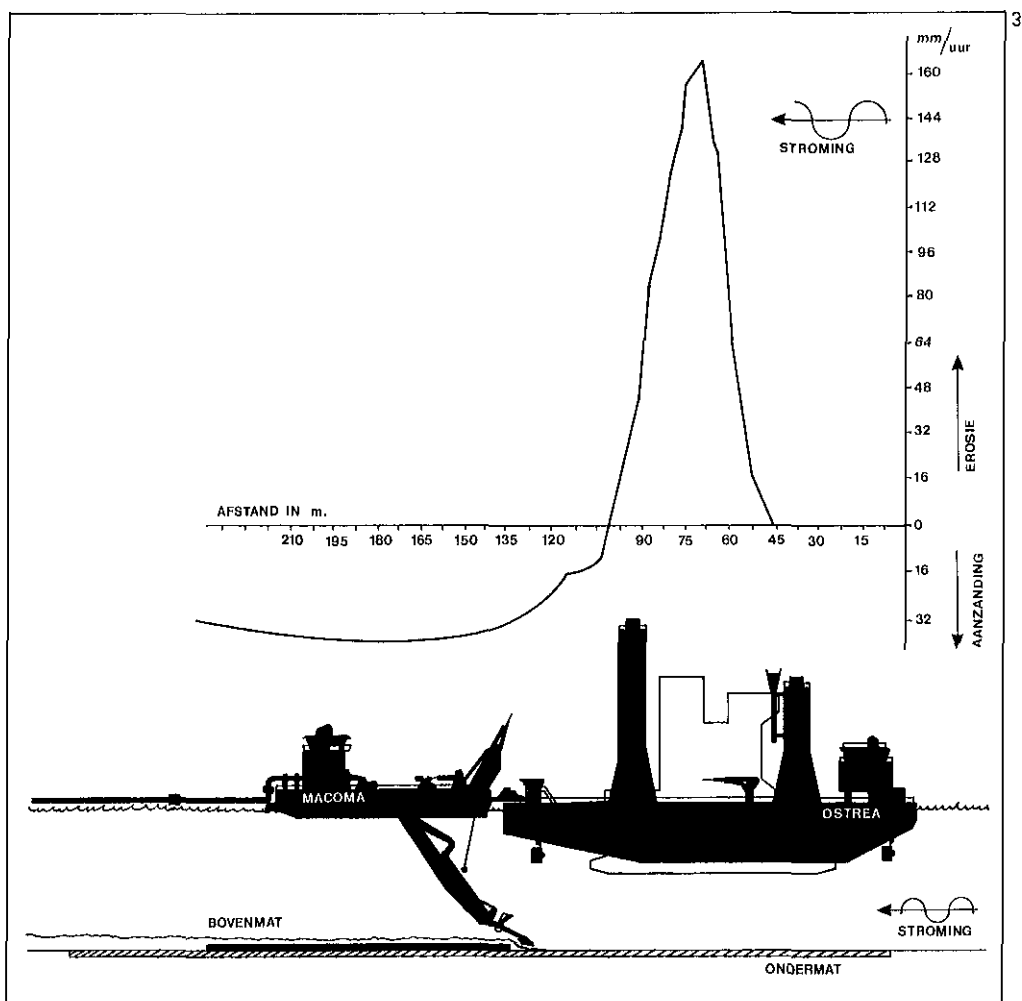
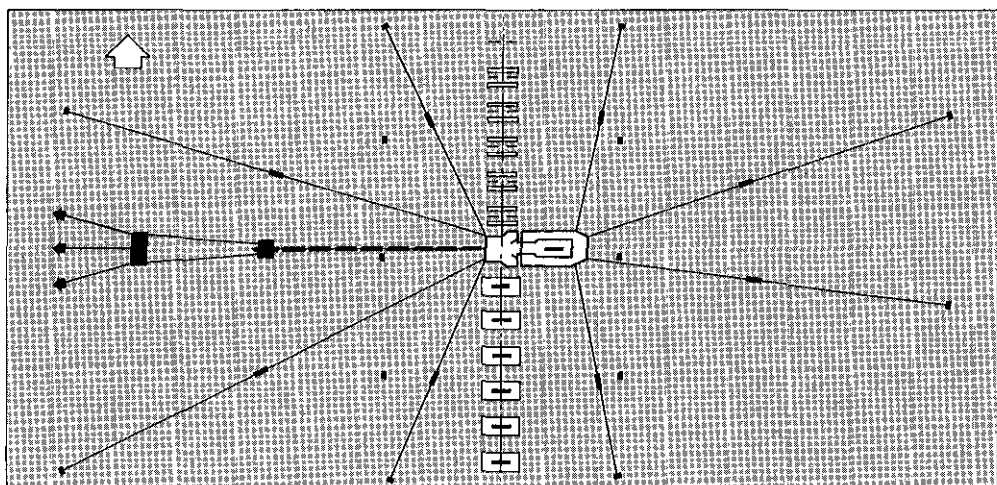
Fig. 1. Segment van de stormvloedkering met twee pijlers

Fig. 2. Verankering van de 'Macoma-Ostrea'-combinatie

Fig. 3. Erosiesnelheid onder de pijler bij een gemiddelde stroomsnelheid van 2,1 m/s

was gekomen. Tevens is een zekere reservering aangehouden voor een niet-optimale verdeling van de krachten over de acht ankerdraden (figuur 2). Door echter aan boord een draadkrachtoptimalisatie tot stand te brengen kon een verbetering van de krachtenverdeling bereikt worden. Dit resulteerde in verlaging van de reservering met 60%; de grenssnelheid kon toen verhoogd worden tot 2,7 m/s. Deze snelheid bleek hoog genoeg te zijn om het vervolg van het operationele bedrijf in de Roompot te waarborgen zonder verlies aan veiligheid.

Ook voor wat betreft de zandproblematiek veranderde in de Roompot het inzicht. Met behulp van stroombeeld-metingen onder de combinatie 'Macoma'-'Ostrea' en door middel van computerberekeningen werd inzicht verkregen in het erosie- en aanzandingsmecha-



nisme bij het plaatsen van de pijlers. Uit de resultaten bleek dat de stroomsnelheden onder het hefschip toenamen, hetgeen op grond van de resultaten uit de voorstudieperiode niet verwacht werd.

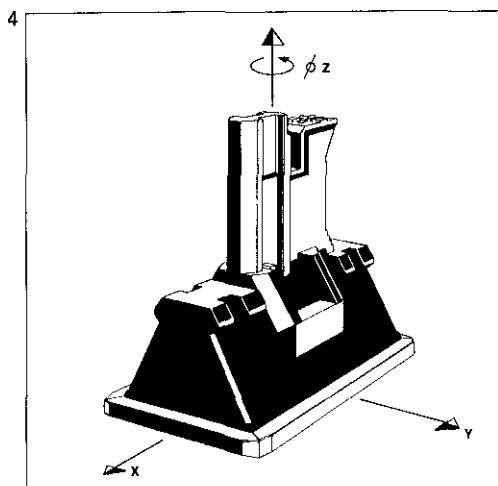
Door deze vergroting van de stroomsnelheden werd zand van onder het nog op enige afstand van het plaatsingspunt gelegen hefschip opgewerkt, en verplaatst in de richting van de bovenmat. Tijdens de pijlerplaatsing wordt immers alleen de bovenmat opgeschoond en niet de ernaast gelegen ondermat.

Benedenstrooms van de combinatie 'Macoma'- 'Ostrea' namen de stroomsnelheden af; daar zou derhalve aanzanding kunnen optreden. De berekeningen toonden aan dat de aanzandings-snelheid ter plaatse van de oostelijke matrand 20 à 25% bedroeg van de erosiesnelheid onder het hefschip met pijler (figuur 3).

Fig. 4. De drie vrijheidsgraden x, y en α z

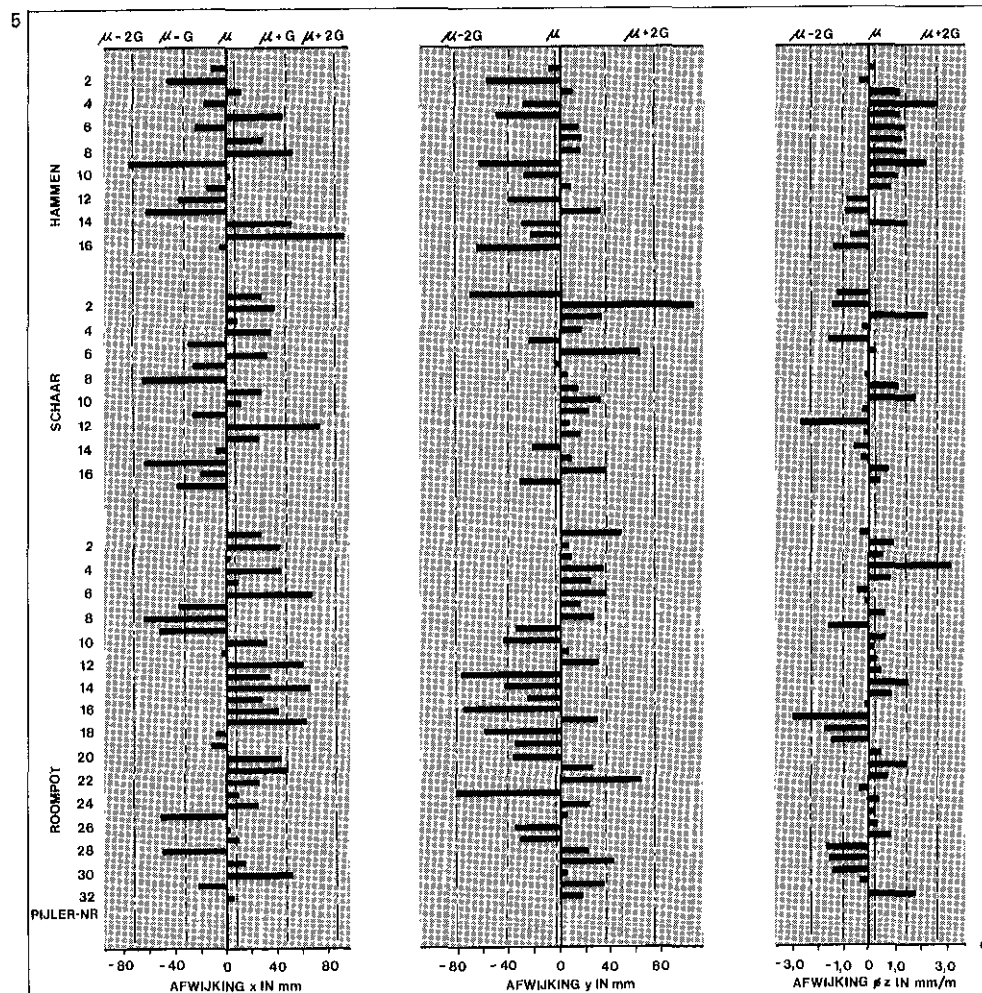
Fig. 5. De bereikte plaatsings-nauwkeurigheid





Bij stagnatie tijdens het opschonen van de bovenmat kon derhalve, als er zand voorkwam op de ondermat aan de oostzijde, een aanzandingslaag van 20 à 30% van de geërodeerde laag ontstaan. Als er echter geen zand op de ondermat ligt kan aanzanding op de bovenmat *alleen maar optreden door de normale bezinking* van zand tijdens de kentering. De zandconcentraties zijn echter zo laag dat hierdoor op zo'n korte termijn geen aanzanding te verwachten valt.

In de Schaar en de Hammen werd de ondermat zandvrij gemaakt tijdens het leggen van de grindwiepenmatten, met andere woorden: geruime tijd voor het plaatsen van de pijlers. In de Roompot is er een afzonderlijke werkslag voor gemaakt in de voorbereidende fase kort voor het plaatsen der pijlers. Door deze wijziging in werkmethode kon zich geen



aanzanding van enige omvang meer voordoen op de ondermat, en kon overal ruimschoots voldaan worden aan de eis dat er niet meer dan 15 mm zand op de funderingsmat mocht achterblijven.

Tot slot een overzicht van de plaatsingsnauwkeurigheid van de pijlers. Bij het pijlers plaatsen kunnen er slechts drie vrijheidsgraden beïnvloed worden: twee verplaatsingen in het horizontale vlak, en de hoekverdraaiing van de pijler om zijn verticale as (figuur 4).

De overige vrijheidsgraden worden opgelegd door de ligging van het funderingsbed. In drie gevallen (Hammen 10, Roompot 23 en Roompot 27) noodzaakte de hoogteligging van het funderingsbed tot correctie met een tegelmat. Figuur 5 geeft voor alle pijlers de afwijkingen weer van de drie beïnvloedbare vrijheidsgraden ten opzichte van de vooraf vastgestelde waarde. Geconcludeerd kan worden dat er met zeer grote nauwkeurigheid is geplaatst. In beide richtingen in het horizontale vlak bedroeg de maximale afwijking slechts 10 cm; de maximale hoekverdraaiing bedroeg 3 mm/m. De gemiddelde waarde van de afwijkingen is vrijwel nul. Dat komt goed overeen met de uitgangspunten van het ontwerp. De spreiding

echter is belangrijk kleiner dan in het ontwerp was aangenomen. Dit is vooral te danken aan de gunstige golfomstandigheden tijdens de plaatsingen en aan de ervaring van de bemanning. Vooral in de beginfase van het pijlerplaatsen heeft de inzet van een simulator een belangrijke bijdrage geleverd in de training van de bemanning.

De eerste pijler werd geplaatst op 10 augustus 1983, de laatste op 19 september 1984. In die dertien maanden zijn 65 pijlers geplaatst; de produktie bedroeg gemiddeld 1,7 pijler per week, rekening houdend met onwerkbaar weer, verplaatsingen in de sluitgaten en vakantie en reparaties. Het plaatsen kon daardoor ongeveer drie maanden eerder worden beëindigd dan was voorzien. Dit is vooral te danken aan de meevallende werkomvang ten gevolge van het geringe aantal tegelmatten, gunstiger werkbaarheidsgrenzen en weinig storing of weerverlet. Hoewel de geboekte tijdwinst geen directe invloed heeft op de opleveringsdatum van de stormvloedkering zal de voorspoedige beëindiging van het plaatsen zeker hebben bijgedragen tot het vertrouwen waarmee de aansluitende bedrijven de minstens zo ingewikkelde nog resterende voltooiingswerkzaamheden tegemoet zien.

Al in een vroeg stadium van de heroverweging van de Oosterschelde-afsluiting is achter het centrale damvak Geul een reusachtig bouwdoek ontworpen voor de aanmaak in den droge van de grote betonnen elementen die nodig konden zijn voor de bouw van een stormvloedkering. Welke technische oplossing men uiteindelijk zou kiezen, stond op dat moment nog allerm minst vast. Men dacht in die tijd aan caissons met beweegbare deuren.

De bronbemaling van de bouwput Schaar

Maar wat er in dat dok zou worden gemaakt, was minder belangrijk dan het feit dat dit dok zo snel mogelijk gereed moest zijn, anders liep het politiek haalbaar geachte tijdschema voor de aanleg van een kering al onmiddellijk gevaar. Er is dan ook gekozen voor een ruim bemeten dok, een van de grootste ooit ter wereld aangelegd, met een oppervlakte van 1100 bij 800 m, dat opgedeeld zou worden in vier compartimenten, die alle afzonderlijk zouden kunnen worden drooggezet dan wel geïnundeerd. Dat alles stelde natuurlijk bijzondere eisen aan de bronbemaling, die de waterstand in de put regelt. In deze bijdrage wordt de bronnering van de bouwput Schaar beschreven en geëvalueerd.

Voor de berekening van een bronbemaling moet aan de hand van geologisch onderzoek de grondgesteldheid worden vastgesteld. Ter plaatse van het bouwdoek Schaar was de toestand als volgt. Van het maaiveld tot N.A.P. -25 m komen slib- en leemhoudende zandlagen voor, en tussen N.A.P. -25 m en -30 m meer of minder schelphoudende zandlagen. Op N.A.P. -30 m wordt een klei/leemlaag aangetroffen variërend in dikte van 0,10 tot 1,50 m, terwijl daaronder op N.A.P. -31 m lagen zitten die bestaan uit matig fijn tot matig grof slibhoudend zand.

Om vast te kunnen stellen hoeveel bronnen nodig zouden zijn om de bouwput te kunnen droogmalen, zijn er van tevoren pompproeven uitgevoerd.

Er werden tien boringen uitgevoerd. Hiervan gingen er acht tot N.A.P. -20 m, om informatie te verkrijgen over het watervoerende pakket boven de kleilaag, en twee tot N.A.P. -40 m, ter verkenning van de afsluitende kleilaag en het watervoerende pakket eronder. Bij elke proeflo-

catie werden op verschillende diepten waarnemingsfilters aangebracht. Er zijn totaal vijf pompproeven gedaan, waarvan vier in het pakket boven de kleilaag en één proef eronder. Na eliminatie van het getij kan het afmalingseffect van de pompen worden bepaald. Uit deze proeven kunnen dan de bodemconstanten bepaald worden, zoals de horizontale en de verticale doorlatendheid. Een probleem bij de pompproeven vormde de afsluitende sliblaag op de bodem van de Oosterschelde.

Met de bovengenoemde gegevens is een voorspelling opgesteld van het waterbezwaar van een bouwput van bepaalde afmetingen met een bodem op N.A.P. -15 m. Gelet op de grote ontgravingsdiepte in relatie tot de diepteligging van de weerstandbiedende zone op N.A.P. -30 m, bleek een spanningsbemaling in het pakket beneden N.A.P. -30 m noodzakelijk. Dit zou enerzijds kunnen voorkomen dat de bodem zou opbarsten, en anderzijds een belangrijk deel opvangen van het waterbezwaar vanuit de diepere ondergrond.

Toen de ringdijk van de bouwput Schaar in 1975 grotendeels gereed was, bleek het noodzakelijk een aanvullend onderzoek te doen, om te bepalen wat de capaciteit van een bronput is, en om informatie te krijgen over de bodemconstanten van deze dijk. Hieruit is dan het waterbezwaar van de bouwput berekend. Tevens werd de chemische kwaliteit van het water bepaald, om te komen tot een verantwoorde materiaalkeuze voor de afvoerleidingen. Er moest vervolgens een zeker optimum gevonden worden tussen grote pompen en grote afstanden en kleinere pompen met kleinere afstanden van elkaar.

Uit de aanvullende pompproeven bleek onder meer dat voor het ondiepe pakket het beste kan worden uitgegaan van bronputten met een

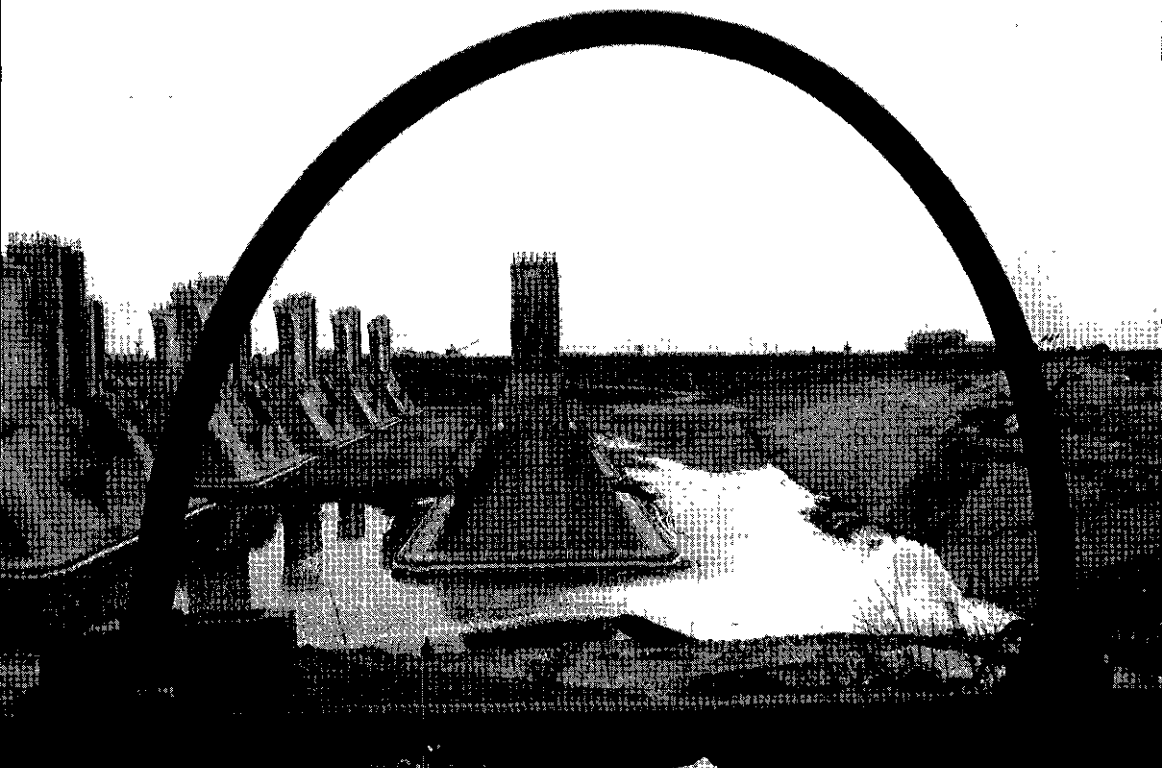
capaciteit van 25 m³/uur. Het tweede watervoe-
rende pakket wordt afgemalen met bronputten
met een opbrengst van 50 m³/uur. Als uitgangs-
punt voor de bepaling van het waterbezwaar
wordt ook de veronderstelling gehanteerd, dat
de met steenasfalt beklede ringdijk vrijwel
ondoorlatend is; in de praktijk is gebleken, dat
na verloop van tijd de doorlatendheid van het
totale dijklichaam verkleind wordt ten gevolge
van slibafzetting. Om bij inundatie van één of
meer bouwdokken het waterbezwaar in de nog
te bemalen bouwdokken te beperken, is in de
dijken tussen de compartimenten een ondoor-
latend membraan aangebracht van N.A.P. -15
m tot N.A.P. +5 m.

Het berekende waterbezwaar in de eerste fase
van de bemaling is voor de diepe bemaling
28 800 m³/dag ofwel 1200 m³/uur, en voor de
ondiepe bemaling 204 720 m³/dag ofwel 8530
m³/uur. Dit water wordt afgemalen door 68
pompen van 35 m³/uur en 246 pompen van 25
m³/uur.

Om het grondwater in het ondiepe pakket in
het midden van de bouwput te kunnen afmalen
tot N.A.P. -16 m, moet het water in de bronnen
zelf zo diep mogelijk worden weggetrokken. In
de bronneringslijn zal het grondwater minimaal
tot N.A.P. -20 m moeten zakken. Dat betekent,

als men er rekening mee houdt dat het grond-
water in de pompput met 3,60 m verlaagd
wordt, dat de waterstand in de bronput zal
dalen tot N.A.P. -24 m. Er kan dan slechts een
filter worden aangebracht van N.A.P. -25 m tot
de kleilaag. Tijdens de bemaling zal ervoor
moeten worden opgepast, dat de waterstand in
de bronput niet daalt tot in het filter. De
pompen moeten om te voorkomen dat ze
droogstaan zo laag mogelijk in het filter
opgehangen worden, wat weer inhoudt dat het
water over een maximale hoogte opgevoerd
moet worden: 32 m. De diameter van de
putfilters diende 300 mm te bedragen. De
boringen moesten tot op de kleilaag op N.A.P.
-30 m worden doorgezet met een diameter van
500 mm. Om de pompfilters diende een
omstorting aangebracht te worden met grind
1,2-1,7 mm. Van N.A.P. tot het maaiveld moest

Inundatie van compartiment I
van het bouwdok, augustus
1981



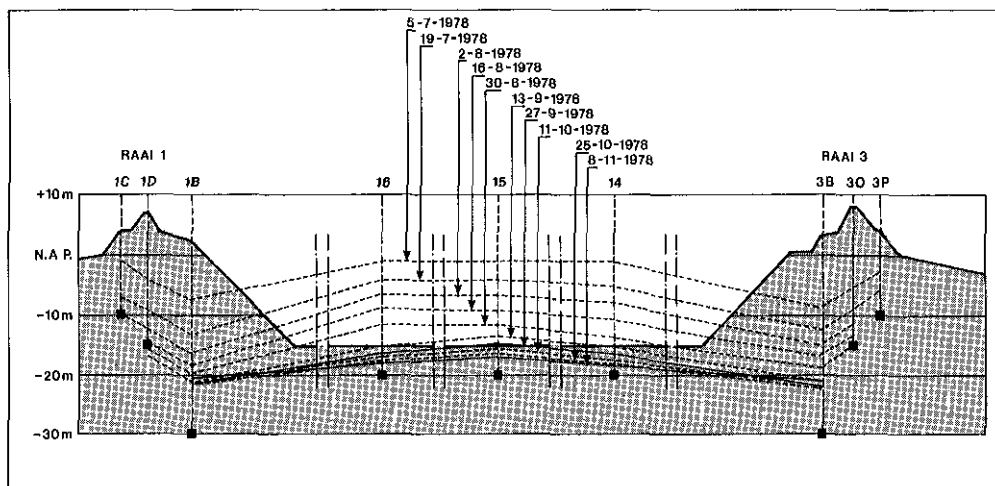


Fig. 1. Stijghoogtelijnen op verschillende momenten tijdens de niet-stromende fase van de bemaling; raii 1-3

een kleiafdichting rondom elke bronput worden aangebracht, om te voorkomen dat zuurstofrijk regenwater in contact kwam met het bronwater.

In het diepe bemalingspakket kon het filter aangebracht worden van N.A.P. -35 m tot -60 m. Het pompfilter moest weer rondom van een grindomstorting worden voorzien. Bij het passeren van de kleilaag diende tussen N.A.P. -35 m en -30 m een kleiafdichting te worden aangebracht. De pompen voor de diepe bemaling hadden een capaciteit van 50 m³/uur. De grondwaterverlaging in het filter bedroeg 25 m, dus de pomp moest geïnstalleerd worden beneden N.A.P. -25 m.

De bodem van de bouwput lag op N.A.P. -12 m en moest ontgraven worden tot N.A.P. -15 m; daartoe moest het afmalen ruim van tevoren beginnen. Bij ontgraven moest de grondwaterstand al voldoende ver gezakt zijn, vooral ter plaatse van de teen van de taluds.

Uit chemisch onderzoek van het opgepompte water bleek dat dit slechts weinig verschilde van zuiver zeewater. Als leidingmateriaal kwamen dus goed beschermd staal en kunststof in aanmerking.

De boorwerkzaamheden zijn gestart op 1 februari 1978. De bemalingsinstallatie moest blijven functioneren tot juni 1985. Voor fase 1 van de bemaling zijn 296 ondiepe pompputten geboord, tot N.A.P. -30 à 31 m, en 24 diepe

pompputten tot N.A.P. -61 m. Het aantal boringen is geringer dan het advies aangaf, omdat inmiddels de afmetingen van compartiment IV waren verkleind.

De boorgatdiameter van de bemalingsputten is 550 mm. In de boorgaten zijn PVC-filters en PVC-stijgbuizen geplaatst van 250 mm in doorsnee. De filters zijn omstort met gegloeid en gezeefd filtergrind.

De ringleiding is uitgevoerd in een stalen HPE-buis van 250 mm in doorsnee. Per sectie van elf bemalingsputten is de ringleiding voorzien van twee afvoerleidingen, elk met een afsluiter; ook in de ringleiding zelf zijn afsluiters geplaatst, zodat bij werkzaamheden of reparaties aan de ringleiding nooit meer dan zes bemalingsputten behoeven te worden uitgeschakeld. De pomppijp met de kleinste diameter bestaat uit één lengte, terwijl de overige pompputten onderling zijn verbonden met behulp van flensverbindingen. Alle pompen zijn via een afsluiter aangesloten op de ringleiding; terugslagkleppen voorkomen dat het pompwater terugstroomt in de bron.

Voor de elektrische installatie is nabij iedere transformator een container geplaatst, waarin de hoofdverdeelkast en drie onderverdeelkasten zijn ondergebracht. Vanuit deze containers worden de pompen ieder met een aparte kabel gevoed; bij beschadiging van een voedingskabel zal nooit meer dan één pomp worden uitgeschakeld. Op elk van de 14 containers zijn gemiddeld 20 pompen aangesloten. Dit aantal is weer verdeeld in drie groepen. Van elke groep zijn de pompen afzonderlijk via een zekering aangesloten op een onderverdeelkast. Bij storing in één pomp zal dus alleen deze ene pomp uitvallen. Bij storing in een onderverdeelkast blijven de pompen die zijn aangesloten op



De bronnering rondom compartiment IV, waar dorpelbalken werden gemaakt

Compartiment I onder water; de bemaling wordt opgeruimd

de twee andere onderverdeelkasten, in bedrijf. De pompen worden om en om uit verschillende hoofdverdeelkasten en daardoor uit verschillende transformatoren gevoed; wanneer een grote container of een transformator uitvalt zal daarom nooit één aaneengesloten gedeelte van de bemaling wegvallen.

De hoogspanningsleiding is uitgevoerd als ringleiding, zodat bij storing altijd nog van de andere kant stroom toegevoerd kan worden. Op de elektriciteitscentrale zelf is, los van de rest van de werkstroomvoorziening, een gedeelte gereserveerd voor de bronnering, met een ruim ingebouwde reserve. In verband met de mogelijkheid van netstoring waren er tijdelijk rondom de bouwput vijf noodstroom-aggregaten opgesteld, die in geval van nood automatisch zouden aanslaan. Deze aggregaten beschikken over voldoende vermogen om 50% van de bronbemalingsinstallatie van energie te voorzien.

Bij stopproeven met de bemaling is gebleken, dat de bemaling zonder risico zo'n zes uur niet kan werken. Zolang het werkeiland nog niet met de vaste wal was verbonden, was dat te kort om eventuele storingen op te lossen. Na het gereedkomen van de hulpbrug was er nog slechts één mobiel noodstroomaggregaat nodig.

Voor het bedienen van de installatie wonen er drie onderhoudsmonteurs op het werkeiland. Het optreden van een stroomstoring wordt op drie manieren gesignaleerd. Eerst door een signaal in de woonhuizen van de storingsmonteurs, waarna op een centraal storingspaneel direct kan worden vastgesteld in welke container en bij welke onderverdeelkast de storing is opgetreden; voorts door een optisch en akoestisch signaal op de containers en tenslotte

met nadere aanwijzingen in de containers, waar te zien is bij welke pomp of pompen de storing is opgetreden. De gehele signalering was aangesloten op een van het net onafhankelijke voeding.

Droogmalen

Voor het droogmalen van de gehele bouwput zijn twee HECO-pompen gebruikt met een capaciteit van 2360 m³/uur bij een opvoerhoogte van 17,5 m. In verband met de stabiliteit van de dijken is ervoor gezorgd de putwaterstand hoger te houden dan de grondwaterstijghoogte in de taluds. Op 3 juli 1978 werd de ondiepe bemaling aangezet, op 7 juli de eerste HECO-pomp en op 10 juli de tweede. De diepe bemaling werd gestart op 3 augustus. Om de grondwaterstanden goed te kunnen volgen waren op strategische plaatsen peilfilters geplaatst. De bouwput was op 4 september leeggemalen. Per dag was de waterstand gemiddeld 19 cm gedaald.

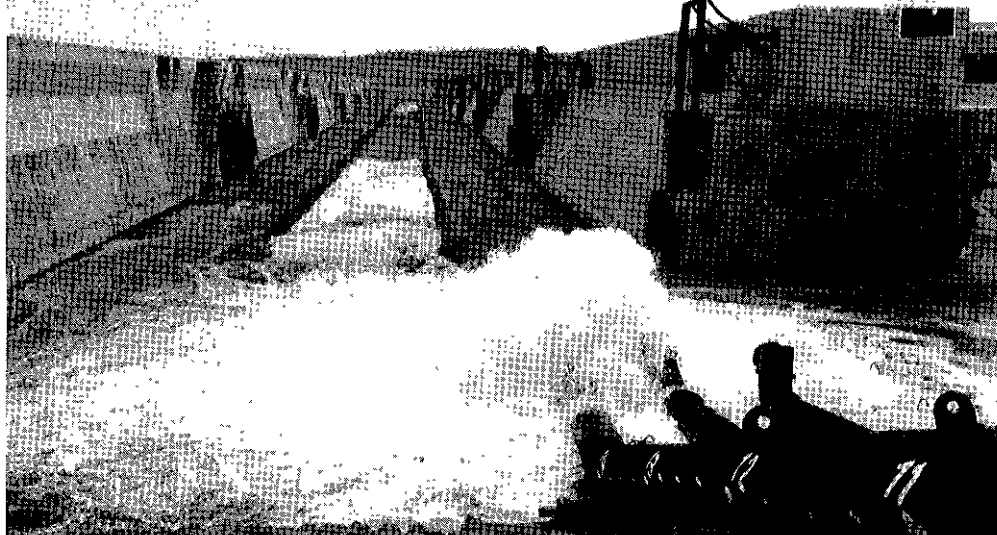
Van juli 1978 tot eind augustus 1981 werden alle vier de bouwcompartimenten droog gehouden. Daarna werd compartiment I geïnundeerd terwijl de andere droog bleven. Er moesten nu bronputten bijgeplaatst worden op de delingsdijken tussen de compartimenten I en II en I en IV. Deze periode liep van eind augustus 1981 tot eind mei 1983. Van eind mei 1983 tot eind mei 1985 stonden de compartimenten I, II en III onder water en was alleen compartiment IV nog droog. Deze gang van zaken werd vereist door de voortgang van de bouw van de pijlers en de dorpelbalken en door de planning voor de plaatsingen. Al vrij snel bleek dat niet alle geïnstalleerde pompen noodzakelijk waren (tabel 1). In het



Tabel 1. Overzicht van in bedrijf zijnde pompen.

Datum	in bedrijf zijnde pompen		
	à 25 m ³ /uur	à 35 m ³ /uur	à 50 m ³ /uur
20-07-78	240	55	—
27-07-78	240	52	—
06-08-78	240	54	21
13-08-78	239	53	22
20-08-78	239	47	23
27-08-78	238	44	23
03-09-78	238	45	23
17-09-78	222	36	23
01-10-78	214	38	23
15-10-78	207	38	23
29-10-78	195	31	23
12-11-78	183	31	23

begin werd gemalen met 240 pompen van 25 m³/uur en 55 pompen van 35 m³/uur. Al in november 1978 werden 20 35 m³/uur-pompen vervangen door 25 m³/uur-pompen; eind december 1978 trad een evenwichtsituatie in, met 205 25 m³/uur-pompen, 16 35 m³/uur-pompen en 23 50 m³/uur-pompen voor de diepe bemaling. De aangenomen bodemconstanten, die in de proeven sterk varieerden, bleken dus te pessimistisch te zijn. Bovendien had het slib aan het buitentalud een veel betere afsluitende werking dan verwacht. Dit was aanleiding om het aantal geplande bronputten voor de volgende fasen aan te passen. In fase 2 werden in plaats van de geplande 102 25 m³/uur-pompen er uiteindelijk maar 49 bijgeboord. Voor fase 3 stonden oorspronkelijk 15 nieuwe putten op de planning. Uiteindelijk zijn er maar negen geboord, wat later weer te weinig bleek, zodat



Compartiment IV loopt onder water, mei 1985

er nog drie bijgeboord zijn. Tevens werden enige 25 m³/uur-pompen vervangen door zwaardere.

De totale verpompte hoeveelheid water, in de periode van juli 1978 tot 3 juni 1985, bedraagt 330 000 000 m³. Het stroomverbruik over deze periode is aanzienlijk. Als we slechts het verbruik van de pompen optellen en geen leidingverliezen rekenen of het onrendabel draaien op de elektriciteitscentrale, dan komen we tot een verbruik van 49 500 000 kWh. Gemiddeld vond twee keer per maand een storing plaats waarbij één pomp betrokken was. Het aantal keren dat een groot gedeelte van de installatie uitviel, of de hele installatie, is drie. De oorzaak was een schakelfout op de centrale, blikseminslag in de leiding en een spannings-

piek. Men was steeds in staat om de gehele installatie binnen zes uur weer draaiende te krijgen.

Terugblikkend op de zeven jaren bronbemaling van een van de grootste bouwputten ter wereld, kan men vaststellen dat de installatie aan de verwachtingen heeft voldaan. Het bleek moeilijk, aan de hand van pompproeven exact vast te stellen hoe de bronbemaling moet worden gedimensioneerd. Men moet in elk geval overdimensioneren, want later aanpassen van onvoldoende bronnering kost tijd en dus geld. Te veel overdimensioneren betekent veel problemen bij het zoeken naar een evenwichtssituatie, daar men dan eigenlijk behoefte heeft aan grotere afstanden tussen de bronputten en kleinere pompen, anders trekt men het water te diep weg in de putten, namelijk tot in het filter. Daarom is regelmatige controle van de grondwaterstanden en de waterstanden in bronputten noodzakelijk. Er moeten dus steeds voldoende peilbuizen worden aangebracht. In de bouwput Schaar is men erin geslaagd een voldoende bedrijfszekere installatie te ontwerpen en uit te voeren. Er hebben zich tijdens de bemalingsperiode geen calamiteiten voorgedaan. Aan het einde van de bemalingsperiode moest worden vastgesteld dat de bronputten, die zo'n 6,5 jaar trouwe dienst hadden bewezen, gingen verouderen; de wateropbrengst verminderde en er moesten telkens weer naastliggende leegstaande bronputten bij het bemalingswerk worden betrokken. De grondwaterstand van de gehele put kwam langzaam omhoog. Blijkbaar is de levensduur van een bronput in deze omgeving zo'n 7 jaar.

Eind augustus 1985 kon dan ook met een opgeruimd gemoed begonnen worden aan het opruimen van de installatie.

Gedurende de twee strenge vorstperioden in de maanden januari en februari van 1985 is het water van de Oosterschelde zo sterk afgekoeld dat er ijsvorming plaatsvond. Tenslotte ontstond een ijstoestand die sinds 1963 qua omvang niet is geëvenaard. Omdat gedurende de bouw van de stormvloedkering nog niet eerder hinder ondervonden was van ijs, is de ijsontwikkeling nauwkeurig gevolgd.

Ijsvorming en ijsbewegingen in het Oosterscheldebekken gedurende de winter van 1984 op 1985

Het onderzoek had tot doel de vorming van ijs, de bewegingen van de ijsvelden en de gevolgen daarvan vast te leggen. Extreme situaties rond de kering en andere kunstwerken zijn dan beter te voorzien, zodat tijdig maatregelen genomen kunnen worden.

Hoewel de ijstoestand tamelijk uitzonderlijk was in het Oosterscheldebekken, zijn er geen bijzondere situaties rond de kering voorgekomen. Wel moesten ten behoeve van het net van HISTOS-meetpalen en de binnenscheepvaart maatregelen genomen worden.

Wanneer de luchttemperatuur beneden de oppervlaktetemperatuur van het water komt, verliest het water warmte aan de atmosfeer. Bereikt de watertemperatuur het vriespunt, dan ontstaat er ijs.

Zoet water heeft zijn grootste dichtheid bij 4°C. Afkoeling aan de oppervlakte leidt tot ijsvorming aan het wateroppervlak, zodra de oppervlaktetemperatuur beneden 0°C komt. Immers, het water tussen 0° en 4°C zal zich, vanwege zijn grotere dichtheid, dicht bij de bodem bevinden.

Bij zout water verloopt de ijsvorming in principe anders, omdat de temperatuur waarbij de grootste dichtheid optreedt lager is. Bij een zoutgehalte van 25‰ of meer wordt het water bij afkoeling tot het vriespunt steeds zwaarder. Dit zwaardere oppervlaktewater zakt daarmee naar de bodem zodat relatief warm water aan de oppervlakte komt.

Zolang niet de hele waterpartij even koud is geworden kan het vriespunt van het oppervlaktewater niet worden bereikt.

Op platen en langs oevers zullen door de geringe diepte en de snelle afkoeling het eerst ijsafzettingen ontstaan, en pas later op open

water. Dergelijke situaties treft men vooral aan in het noordoostelijk en oostelijk deel van het bekken. Door het geringere zoutgehalte wordt hier het vriespunt ook eerder bereikt (figuur 2). Het begin van bevriezen van het zeewater wordt aangegeven door het verschijnen van zeer kleine, min of meer schijfvormige ijskristallen, die geen zout bevatten. Het wateroppervlak krijgt dan een mat aanzien. Deze kristallen groeien aan, en tenslotte vormt zich een heel netwerk van kristallen met overal kleine ingesloten cellen zout water. Afhankelijk van de snelheid van de ijsvorming zullen veel of weinig zoutwatercellen worden ingesloten. Bij temperaturen beneden -8,2°C begint het zout in deze cellen uit te kristalliseren. De ijssterkte neemt daardoor toe. In het algemeen is zeeijs zwakker dan zoet ijs; ijs met een temperatuur boven de -8,2°C is relatief zachter vanwege de ingesloten zoutwatercellen.

Het begin van ijsvorming wordt gedefinieerd als het tijdstip waarop de luchttemperatuur beneden het vriespunt van water komt. Wordt er eenmaal een ijslaag gevormd, dan zal die in dikte toenemen tot het moment dat de luchttemperatuur weer stijgt tot boven het vriespunt. Wanneer al het ijs is weggedooid eindigt de ijsperiode. Een maat voor de cumulatieve afkoeling gedurende een vorstperiode of winter is de ijsgroei-parameter S_g . Dit is de negatieve som van de luchttemperatuur ten opzichte van het vriespunt van het zoete of zoute water (figuur 1).

De kans op ijsvorming wordt uitgedrukt in de parameter S_g . Windsnelheid en bewolking zijn daarbij factoren van de tweede orde. Het begin van de ijsgroei zal minder achterlopen op de vorstperiode naarmate het water ondieper is. De minimum-waarde voor S_g waarbij ijsvor-

ming mogelijk is, hangt verder ook sterk af van de watertemperatuur aan het begin van de vorstperiode.

De snelheid waarmee de dikte van het ijsdek toeneemt hangt af van de luchttemperatuur, de windsnelheid en de isolerende capaciteit van het ijspakket, in de tijd gezien.

Gegevens van voorgaande strenge winters maken het mogelijk voor de Oosterschelde een relatie te bepalen tussen de ijsgroei-parameter en de ijsdikte. Zo zal er een laag van 10 cm ijs ontstaan na 10 dagen vorst met een gemiddelde temperatuur van -5°C , en een laag van 20 cm pas na 23 dagen onder dezelfde omstandigheden. Deze relatie geldt echter alleen voor vast ijs, bijvoorbeeld in een havenbekken of een kanaal.

Als gevolg van de getijbewegingen in de

Oosterschelde zal ijs dat bij laag water op de platen wordt gevormd, loskomen op momenten van hoog water, en zo eventueel aanleiding geven tot stapelijs.

Ijs dat op de platen en oevers is afgezet zal na verloop van tijd onder invloed van stroom en wind in de geulen terecht komen. De ijsbedekking in de stroomgeulen van de Oosterschelde zal alleen dan verder aangroeien en vastvriezen wanneer het diepe water ook geheel is afgekoeld. Dit is in 1963 waargenomen ten oosten van de huidige Zeelandbrug.

De mate van ijsgang en de toestand van het ijs worden in Nederland genormaliseerd door de Ijsberichtendienst van de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging. Naast de ijstoestand worden op de ijsberichten die deze dienst uitgeeft, tevens specifieke scheepvaartgegevens vermeld (figuur 3).

3

IJSBERICHTENDIENST (Berichtgeving Binnenvaart)

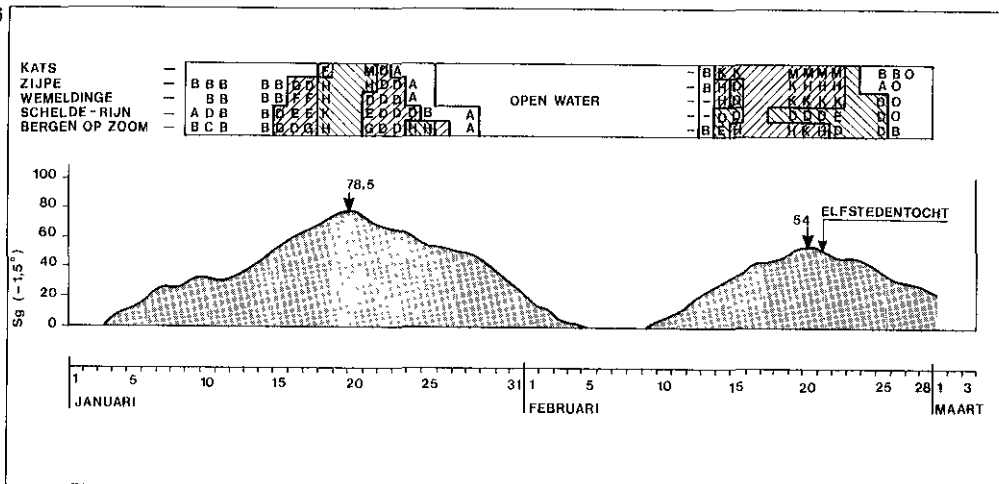
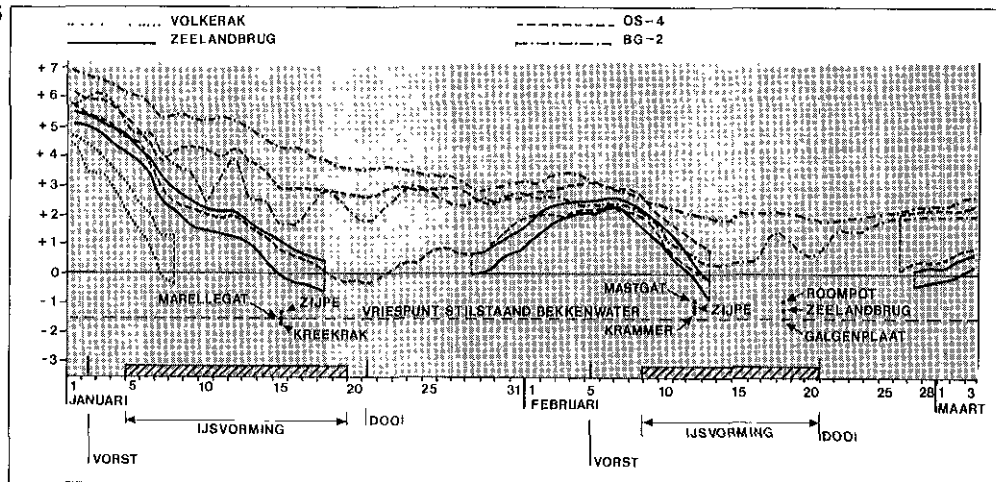
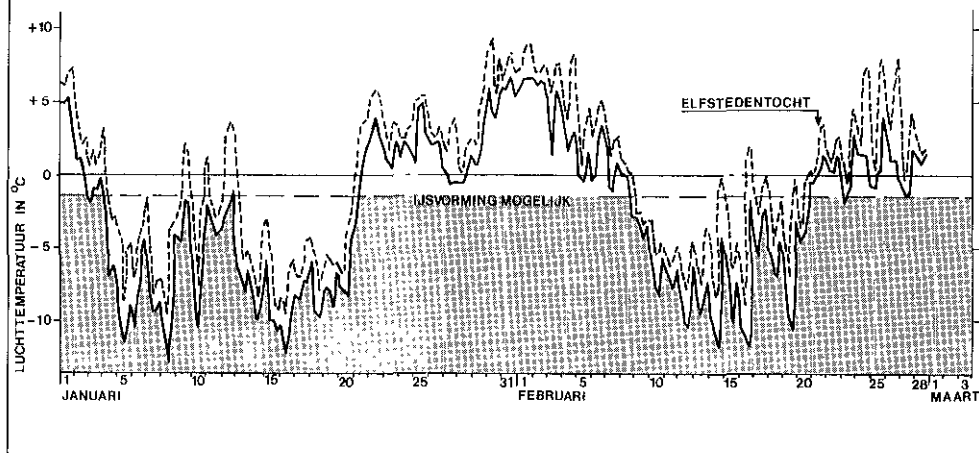
Code E

Verklaring van de code voor rivieren en kanalen

1e Letter	2e Letter	3e Letter	4e Letter	5e Letter
KLEINSTE SCHIP NAAR VERMOGEN OF TYPE, WAARMEE HEDEN GEVAREN IS	OMVANG VAART HEDEN	BIJZONDERHEDEN SCHEEPVAART VAN HEDEN	IJSTOESTAND	VERWACHTING VOOR MORGEN
A schip met een machinevermogen tot 100 pk B idem van 100 tot 250 pk C idem boven 250 pk D tankschepen E sleepboot met sleep of konvooi F alleen ijsbreker(s) Heden geen vaart doch vaart mogelijk geacht voor G schepen met een machinevermogen tot 100 pk H idem van 100 tot 250 pk K idem boven 250 pk L tankschepen M konvooi achter sleepboot of ijsbreker O geen vaart mogelijk X onbekend	P normaal R gering O geen vaart X onbekend	S zonder hulp T in sleep of konvooi U in geul van vorige dag V in heden gebroken geul W achter ijsbrekers O geen vaart X onbekend	A blank water B licht drijfijs dikte 0-2 cm C licht vast ijs D middelzwaar verspreid drijfijs E middelzwaar opeengepakt drijfijs dikte 2-6 cm F middelzwaar drijfijs in geul of slop G middelzwaar vast ijs H zwaar verspreid drijfijs K zwaar opeengepakt drijfijs dikte meer dan 6 cm L zwaar drijfijs in geul of slop M zwaar vast ijs N ijsdam of kruident ijs O verdwijnend ijs niet meer hinderlijk X onbekend	P vaart zonder hulp mogelijk Q voor kleine vrachtschepen gestremd S voor grotere vrachtschepen gestremd T voor tankschepen gestremd U veren in konvooi mogelijk V gestremd, indien niet wordt gebroken W scheepvaart blijft gestremd R zolang de toestand niet verandert, wordt geen bericht meer gezonden X onbekend Z laatste bericht

CODE VOOR IJSSELMEER EN WADDENZEE

Voor het IJsselmeer, de Waddenzee met haar zeegaten en de Eems wordt de ijstoestand aangegeven met één enkele letter (codeletter 4 van bovenstaande verklaring)



De winter van 1984 op 1985 die door het K.N.M.I. gekenmerkt wordt als een 'koude winter' is met een koudegetal volgens Hellman van 193 niet eens een uitzonderlijke winterperiode geweest. In 1979 was aan het eind van de vorstperiode een koudegetal bereikt van 206, en in 1963 van 337.

Maar doordat kort na elkaar twee vorstperiodes optraden, was de winter streng genoeg om weer een Elfstedentocht te houden, en om grote hoeveelheden drijfijis op het Oosterscheldebekken te veroorzaken.

Bij de aanvang van de tweede vorstperiode vond als gevolg van de sterke afkoeling van het water weer snel ijsvorming plaats. Hoe de luchttemperatuur in deze periode verliep, is weergegeven in figuur 4.

Fig. 4, 5, 6. Waarnemingen in het Oosterscheldebekken

De eerste vorstperiode liep van 2–21 januari en de tweede periode van 8–21 februari. Gedurende beide perioden bleef de temperatuur vrijwel steeds beneden het vriespunt van $-1,5^{\circ}\text{C}$; ijsvorming was dus mogelijk.

Omdat er pas ijs gevormd wordt als het water het vriespunt bereikt heeft, is gezocht naar een verband tussen de duur van de vorstperiode en de watertemperatuur op verschillende plaatsen in het bekken. Daartoe is gebruik gemaakt van de registraties van de HISTOS-meetpalen in het Volkerak, bij de Zeelandbrug, en in de meetpunten OS4 ten westen van de Roggenplaat, en BG2, vóór Schouwen (figuur 5).

De dagelijkse temperatuurschommelingen worden veroorzaakt door de getijstroom, die het koude water uit het oostelijk deel westwaarts brengen. De temperatuur rond de kentering wordt als gevolg van de uitwisseling ook sterk bepaald door het kustwater.

Begin januari lag de gemiddelde watertempe-

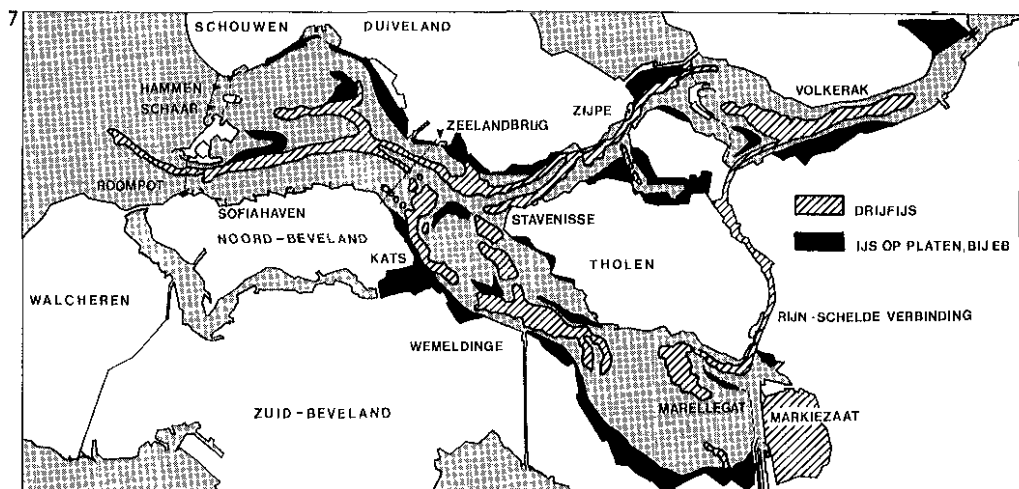
ratuur tussen de 4° en 7°C , maar gedurende de vorstperiode nam hij snel af. De temperatuur blijkt duidelijk minder snel terug te lopen naarmate het water dieper is en meer kan uitwisselen met zijn omgeving.

Gedurende de perioden met ijsgang waren verscheidene meetopstellingen in het bekken ontmanteld of geheel verwijderd, omdat ze niet bestand waren tegen grote horizontale belastingen. Dat leidde wel tot hiaten in de registratie. De ijstoestand in en rond het bekken, en rond de stormvloedkering is gevolgd aan de hand van de berichten van de Ijsberichtendienst en van eigen waarnemingen. Daarnaast zijn vanuit de lucht foto's genomen, om een overzicht te krijgen en om vast te stellen of het gaat om ijsvelden of losse schotsen die in het bekken drijven en de kering naderen.

De vorming van ijs en de aangroei tot een bepaalde dikte kan gekoppeld worden aan de ijsgroeiparameter. Voor de winter '84–'85 is deze factor bepaald uit de luchttemperatuurgegevens en uitgezet tegen de tijd (figuur 6). Gedurende de eerste vorstperiode is een maximum-waarde voor de cumulatieve afkoeling bereikt van 78,5, wat theoretisch zou kunnen leiden tot een ijsdikte van 20 cm. In het bekken werd echter pas ijs waargenomen bij een Sg-waarde van 30; blijkbaar moest het water nog afkoelen.

Tegen het einde van deze vorstperiode is drijfijis waargenomen met een dikte van 10 cm, maar daarnaast ook incidentele pakketten tot 50 cm dik. Deze gelaagde pakketten ontstaan op platen waar het ijs kruit en vastvriest. Ten westen van de Zeelandbrug zijn gedurende de eerste vorstperiode nauwelijks grote platen drijfijis waargenomen. De scheepvaart heeft echter wel hinder ondervonden van de ijsgang, met name in het Volkerak en op de Schelde/Rijn-verbinding.

De vorst veroorzaakte in januari op de grote rivieren veel zoetwater-ijs. Ook waren het Hollands Diep en het Haringvliet dichtgevroren doordat niet gespuid werd naar zee. Het Volkerak was grotendeels met ijs bedekt, hetgeen verklaard kan worden uit een vriespunttemperatuur van het water aldaar tussen 0° – 1°C . De scheepvaart ondervond hier veel hinder van, en er waren al schepen die vast kwamen te zitten. Voor het eerst sinds 1963 werd een sleepboot ingezet om het ijs te breken. Op de verbinding tussen Rotterdam en Antwerpen werd van 18 tot 22 januari in konvooi gevaren. In het oostelijk deel van de Oosterschelde, nabij de Kreekraksluizen, ondervond de scheepvaart minder last van plaatijis dan voorheen: de Markiezaatskade sluit thans namelijk een plaatgebied van vele km^2 's



af van het bekken.

De invallende dooi zorgde ervoor dat binnen enkele dagen vrijwel al het ijs was verdwenen. Na aanvang van de tweede vorstperiode werd bij een Sg ($-1,5^{\circ}\text{C}$)-waarde van 20 al drijfijs waargenomen.

Doordat de vorstperiode korter was en een maximale Sg-waarde bereikte van 54, zou drijfijs met een dikte van 10 cm theoretisch mogelijk zijn geweest. Na een week werd al drijfijs waargenomen dikker dan 6 cm, waaronder ook stapelijs.

In tegenstelling tot de eerste periode kwam in de tweede periode nu ook in ruime mate drijfijs voor ten westen van de Zeelandbrug. Dit ijs was grotendeels ontstaan in het gebied ten oosten van de Zeelandbrug, maar werd onder invloed van de getijstroom en de noordoostenwind vooral via de Roompot afgevoerd. In de sluitgaten werd pas na 13 februari ijsgang van betekenis waargenomen. Het ijs bleek bij eb in een geconcentreerde baan van 100 tot 300 m breedte naar buiten te stromen.

Gedurende de tweede vorstperiode werd vanwege de verhoogde bovenafvoer van de Rijn wel water via de Haringvlietssluis afgevoerd. Mede door de kortere vorstperiode was er ten noorden van de Volkeraksluis minder ijsbezwaar. De bedekking in het Volkerak was ook minder dan in januari. De scheepvaartroute naar het zuiden bleef open voor schepen met een motorvermogen boven 184kW (250 pk). De routes naar Wemeldinge werden tijdens deze periode echter gehinderd door grote schotsen drijfijs.

Het totale beeld van de ijsbedekking in het Oosterscheldebekken is bepaald uit foto's die op 19 februari tijdens een verkenningsvlucht zijn gemaakt. Uit de waarnemingen blijkt dat

het drijfijs zich vooral in het Zijpe, de Oosterscheldegeul en de Roompot bevond, en westwaarts dreef onder invloed van de oostelijke wind. Het Volkerak en het Verdrongen land van Zuid-Beveland waren daarbij redelijk schoon. Na 18 februari draaide de wind enigszins naar het zuidoosten, zodat nu ook drijfijs via de Schaar van Roggenplaat en de Hammen zeewaarts ging drijven.

De platen drijfijs ten oosten van de Zeelandbrug waren enkele honderden meters in doorsnede. Waarnemingen rond het Oosterscheldebekken bevestigden het vermoeden dat het drijfijs vooral aangedreven wordt door de wind. Langs de noordelijke oever nabij Zierikzee werd dan ook pas ijs waargenomen sedert de wind uit het zuidoosten woei.

De hinder die de werkzaamheden rond de stormvloedkering ondervonden, vloeiden vooral voort uit het verlet bij de voor vorst gevoelige bedrijven, zoals de ankerbehandeling en de betonbedrijven te Kats en in de bouwput Schaar. Ook ontstonden in januari onwerkbaar situaties door intensieve ijsafzettingen op het werkmaterieel als gevolg van de neerslag en de strakke wind.

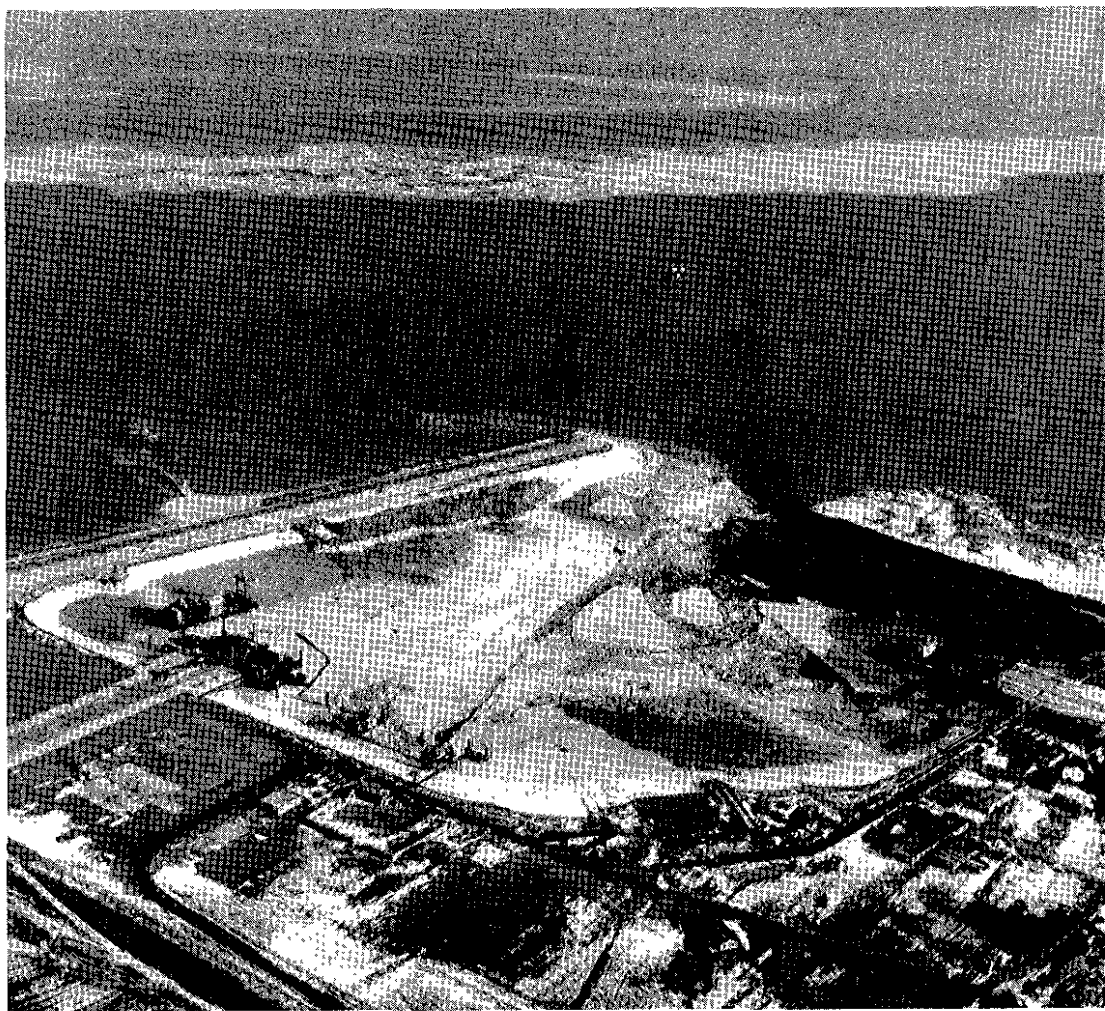
Vanwege het drijfijs werd na 15 januari de nautische betonning opgenomen of vervangen. De tweede vorstperiode kenmerkte zich door een stabiel, helder en vriezend weertype met overwegend weinig wind. Hij veroorzaakte een tweede verletperiode. De ijsgang vormde al met al in feite weinig hinder voor de uitvoering. Het vaste ijs in de Sophiahaven op Noord-Beveland en de Noordlandhaven op Neeltje Jans met een dikte van 10 cm is enkele malen met behulp van het werkschip 'Lodijcke' gebroken, om scheepvaartverkeer en werkverkeer te handhaven.

Fig. 7. IJstoestand op het
Oosterscheldebekken, 19
februari 1985

Drijfijjs met een doorsnede van
enkele honderden meters, ten
oosten van de Zeelandbrug



IJs in de werkhaven 'Sophia'



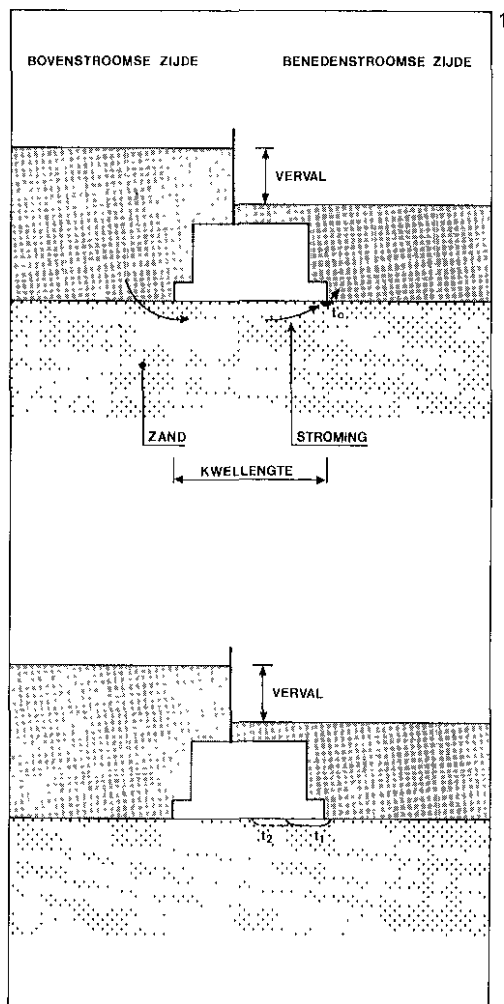
De fundering van de stormvloedkering moet verschillende functies vervullen. In voorgaande Berichten is hierop reeds uitgebreid ingegaan. Dit artikel gaat over de problematiek van onderloopsheid. Eerst wordt kort het begrip gedefinieerd, daarna wordt nader ingegaan op het probleem van de onderloopsheid, het uitgevoerde onderzoek en tenslotte op de gevolgen daarvan voor het ontwerp van het funderingsbed.

Onderloopsheid

Veronderstel dat een zware constructie, zeg een pijler, op zand staat (figuur 1). Wanneer de waterstand aan de bovenstroomse zijde van de pijler hoger is dan aan de benedenstroomse zijde, zal een waterstroming op gang komen door het zand onder de pijler, van de bovenstroomse naar de benedenstroomse zijde. Bij een voldoende groot verhang – dat is het verschil in waterdruk tussen twee punten gedeeld door de afstand tussen die punten – kan het verticale evenwicht van het korrelpakket worden verbroken. Op het hoekpunt van de constructie aan de benedenstroomse zijde begint dan zand te eroderen. De erosie begint juist op het hoekpunt, omdat het verhang daar het grootst is (figuur 2).

Wanneer, mede als gevolg van de horizontale component van de waterbeweging onder de constructie, tevens het horizontale evenwicht wordt verbroken, zal er bodemmateriaal in horizontale richting worden meegevoerd. Als gevolg van terugschrijdende erosie zal na enige tijd een doorgaande geul worden gevormd onder de constructie door. Het erosieproces begint op de meest kwetsbare plek, bijvoorbeeld bij een plotselinge verandering in de bodemsamenstelling. Heeft zich eenmaal een geultje gevormd, dan gaat het proces van uitschuring door, omdat het verhang tussen de bovenstroomse zijde en het begin van het geultje bij hetzelfde verval alleen maar groter wordt. Ook dwars op de stroomrichting is een concentratie van potentiaallijnen waar te nemen (figuur 3).

Daardoor zal de geul zich ook in dwarsrichting kunnen uitbreiden. Bij proefopstellingen worden dan ook vaak meanderende geultjes gevonden over de hele breedte van de constructie, met een doorsnede van enkele vierkante



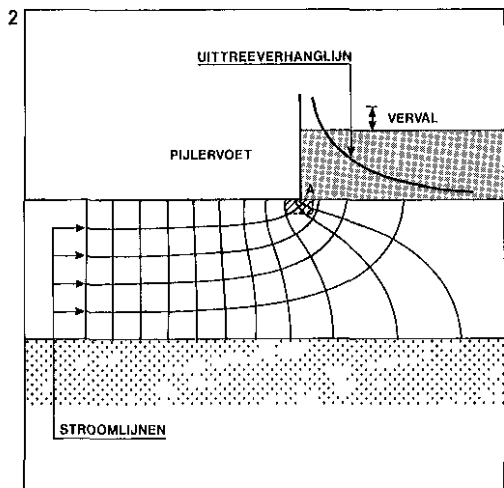
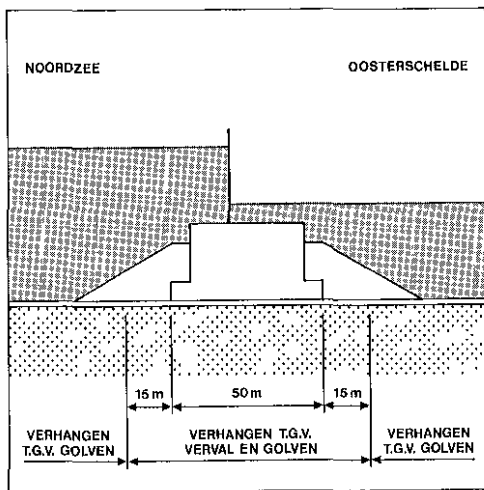
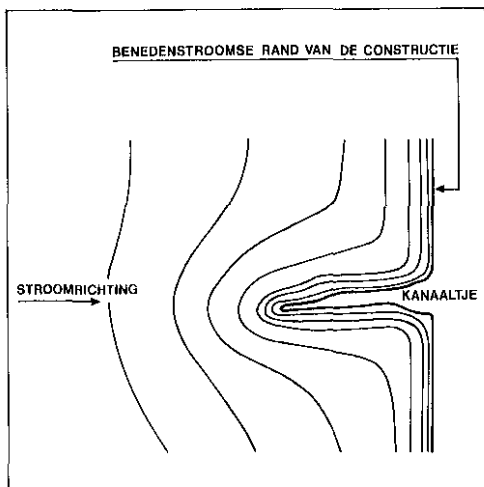


Fig. 1. Principe van de onderlooptheid

Fig. 2. Waterstromingsbeeld aan de benedenstroomse zijde

Fig. 3. Waterstromingsbeeld rondom een kanaaltje in een horizontale doorsnede

Fig. 4. Golf en verval bij een langsdoorsnede van de pijlers

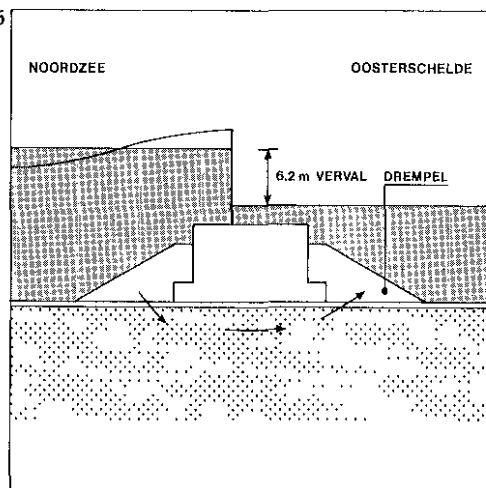


centimeters. Blijft het verval dat tot het begin van erosie aanleiding heeft gegeven aanwezig, dan zal de constructie na verloop van tijd ongelijkmatige zettingen gaan vertonen: naast verticale zettingen gaan ook scheefstanden optreden in verschillende richtingen. Dit proces kan uiteindelijk aanleiding zijn tot het bezwijken van de gehele constructie. In de praktijk wordt onderlooptheid voorkomen door de kwellingen zo groot mogelijk te maken, of door benedenstrooms een filter aan te leggen, zodat het zand niet door de filterlaag kan uitspoelen.

Vergroting van de kwelling betekent dat het verhang onder de constructie wordt verkleind. Men bereikt dit bijvoorbeeld door toepassing van damwanden.

Na deze algemene inleiding gaan we nu over tot de onderlooptheidsproblematiek onder en

rondom de pijlers van de stormvloedkering. De ontwerpbelastingen op de stormvloedkering zijn enerzijds een verval van 6,2 m dat langdurig over de kering kan staan, en anderzijds een cyclische golfbelasting. Het verval over de kering veroorzaakt drukverschillen en daarmee verhangen in drempel en ondergrond. Deze stationaire verhangen zijn tijdens een storm steeds van de Noordzee-zijde naar de Oosterschelde gericht. Juist het feit dat de richting van de stroming steeds dezelfde is maakt deze belasting zo gevaarlijk in verband met het verschijnsel onderlooptheid. Aan de Noordzee-zijde lopen tijdens een storm grote golven tegen de kering, die cyclische drukverschillen en daarmee cyclische verhangen veroorzaken in drempel en ondergrond. Aan de Oosterschelde-zijde zijn er bij een storm eveneens golven, doch de grootte ervan is een stuk geringer.



Bij de stormvloedkering worden twee probleemgebieden onderscheiden: het gebied onder en in de directe omgeving van de pijlers enerzijds, en anderzijds het gebied buiten de pijlers. Het gebied buiten de pijlers is gedefinieerd als het gebied waar ten gevolge van het verval geen verhangen meer merkbaar zijn. Daar zijn dus alleen cyclische verhangen aanwezig, als gevolg van de golfbeweging.

Allereerst bekijken we het pijlergebied.

De funderingsmatten daar zijn relatief stijve constructies. Bij het afrollen op de bodem van de Oosterschelde was het daarom niet uitgesloten dat de ondermatten op eventuele zandribbels niet goed aan zouden liggen. Er konden dan holle ruimten overblijven onder de matten. Er zijn proeven genomen waaruit bleek dat de toppen aan de ribbels iets worden ingedrukt. Omdat de mat niet volledig stijf is zakt hij enigszins in de holle ruimten; toch blijft er nog holle ruimte over.

Als de ondermat op een onvlotte bodem is afgerold kan daardoor ook holle ruimte ontstaan tussen de boven- en de ondermat. Er kan ook nog holle ruimte ontstaan in de loop van de tijd, indien er zandlaagjes zitten tussen onder- en bovenmat en tussen de bovenmatten en de pijlers. Deze zandlaagjes zullen onder invloed van het verhang uitspoelen, en als er dan geen zetting optreedt zullen er dus holle ruimten overblijven.

Zonder aanvullende maatregelen bestaat de kans dat er wat holle ruimten onder de ondermat zitten; onder de pijlers ten gevolge van hun gewicht minder dan op enige afstand van de pijler. Wanneer een verhang ontstaat zal er zand wegspoelen ter plaatse van de bovenstroomse rand van een holle ruimte, dat vervolgens de aanwezige holle ruimten aan de

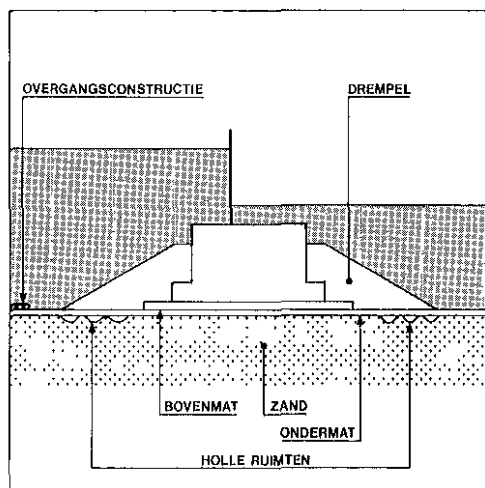


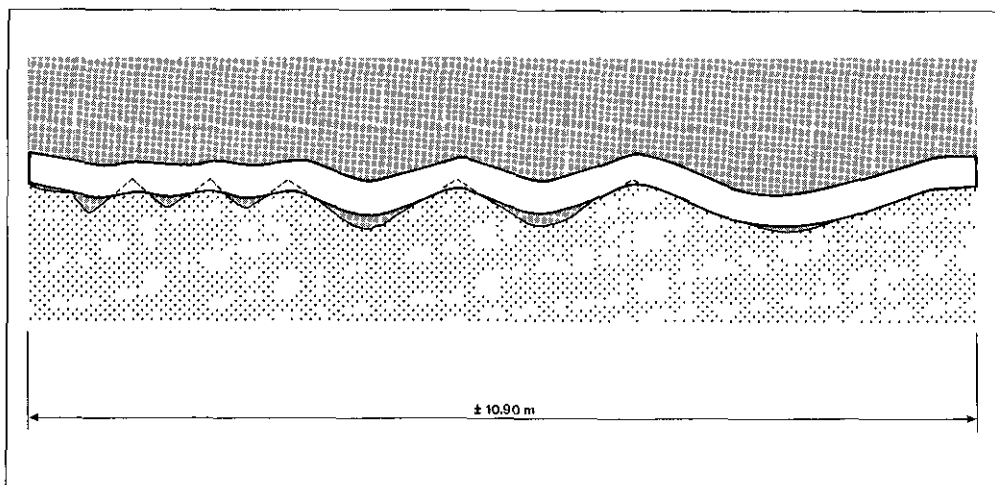
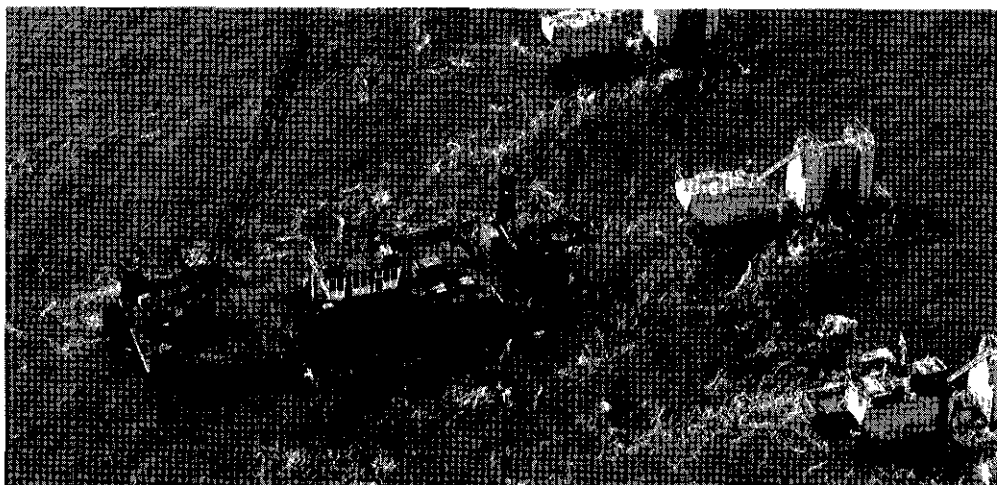
Fig. 5. Gebieden met maatgevende verhangen

Fig. 6. Langsdoorsnede van de pijler met de veronderstelde holle ruimte onder de mat

De verdichtingsponton 'Manus'

Fig. 7. Langsdoorsnede van de ondermat, afgerold op een ribbelige bodem

benedenstroomse zijde van de pijler gaat opvullen. De doeken waarvan de mat is gemaakt kunnen op de lange duur verteren; waarschijnlijk op onregelmatige wijze. Komt er nu een gat in het dragerdoek boven een holle ruimte onder de ondermat, dan kan de eerste filterlaag, bestaande uit grof zand, door de heersende verhangen worden afgevoerd. Dat betekent dat het oorspronkelijke filter van drie laagjes van ongeveer 10 cm per laag niet meer intact is. Er zullen dan zettingen optreden; mogelijk bezwijkt de constructie uiteindelijk. Zitten er holle ruimten tussen de boven- en de ondermat, dan kan na verteren van het bovendoek van de ondermat het grind in de ondermat via mogelijk aanwezige doorlopende holle ruimten worden afgevoerd. Uit proeven is namelijk gebleken dat zelfs grind met een korrel diameter van 8 tot 40 mm onder de



optredende verhangen niet stabiel is. Ook in dit geval wordt het filter verstoord, met als mogelijke consequentie dat de constructie bezwijkt. Zandlaagjes tussen de boven- en ondermat en tussen de bovenmat en de pijler kunnen na hun uitspoelen een soortgelijk bezwijkmechanisme in gang zetten.

Er zijn natuurlijk ontwerpeisen gesteld die deze bezwijkmechanismen onmogelijk moesten maken; die ontwerpeisen zijn vervolgens vertaald in uitvoeringseisen. In het pijlergebied kunnen holle ruimten onder de ondermat en tussen de onder- en bovenmat niet worden toegestaan. Uit verdichtingsproeven in Schelp-
hoek is gebleken dat met verdichten een goede aansluiting kan worden verkregen.

Daarom zijn beide matten verdicht. Waar de pijler zou komen te staan werden de matten verdicht met de 4x16 m metende trilbalk van

de 'Cardium'. Daarbuiten werd later verdicht, nadat de matten na het plaatsen van de pijlers afgestort waren met een 3 m dikke zogenaamde uitvullaag. Deze verdichting geschiedde met behulp van een trilplaat van 16 m², die werd bediend vanaf de ponton 'Manus'. Tevens werd, met name in het belang van de vlakheid voor de pijler, de laatste opschoonslag in het pijlergebied gelijktijdig met het afrollen van de ondermat uitgevoerd; de vorming van zandribbels en erosiekuilen kon op die manier worden geminimaliseerd.

De toelaatbare zandlaagdikte tussen onder- en bovenmat en tussen bovenmat en pijler samen is beperkt tot 2 cm. Aan het opschoonsysteem van de 'Cardium' en de 'Macoma' werden dus zeer hoge eisen gesteld. De 'Cardium' zoog de ondermat schoon, terwijl tegelijkertijd de bovenmat werd afgezonken. Ook werd gelijktij-

dig de inspectieslede 'Asterias' tussen de zuigkop en de zich afrollende bovenmat over de ondermat gesleept. Met behulp van camera's en zanddiktemeters kon de 'Asterias' dan vaststellen of de ondermat zandvrij was. De controle of de bovenmat vlak voor het pijler-plaatsen zandvrij was werd uitgevoerd met camera's en zanddiktemeters achter de zuigkoppen van de 'Macoma'.

Het afrollen van de matten en het plaatsen van de pijlers moest gebeuren bij lage stroomsnelheden, dus rond de kentering van het getij. Juist dan kunnen er in korte tijd grote hoeveelheden zand bezinken, zodat de tijd tussen schoonzuigen en plaatsen zo kort mogelijk gehouden moest worden.

Nu komt het gebied buiten de pijlers aan de orde, ook wel de overgangsconstructie genoemd. Het is het gebied meer dan 40 m uit de

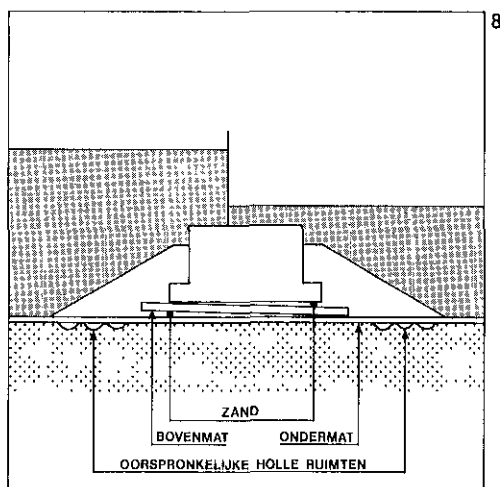


Fig. 8. Mogelijke vormen van holle ruimte

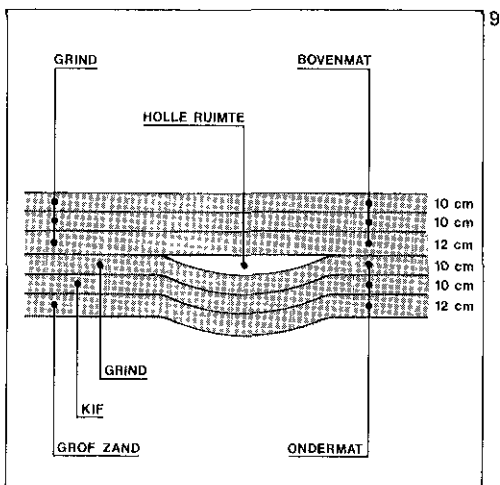
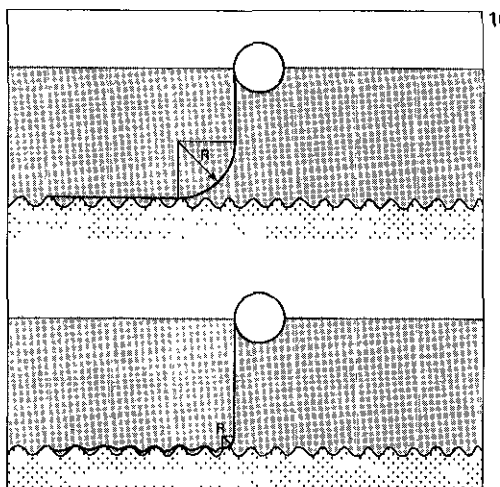
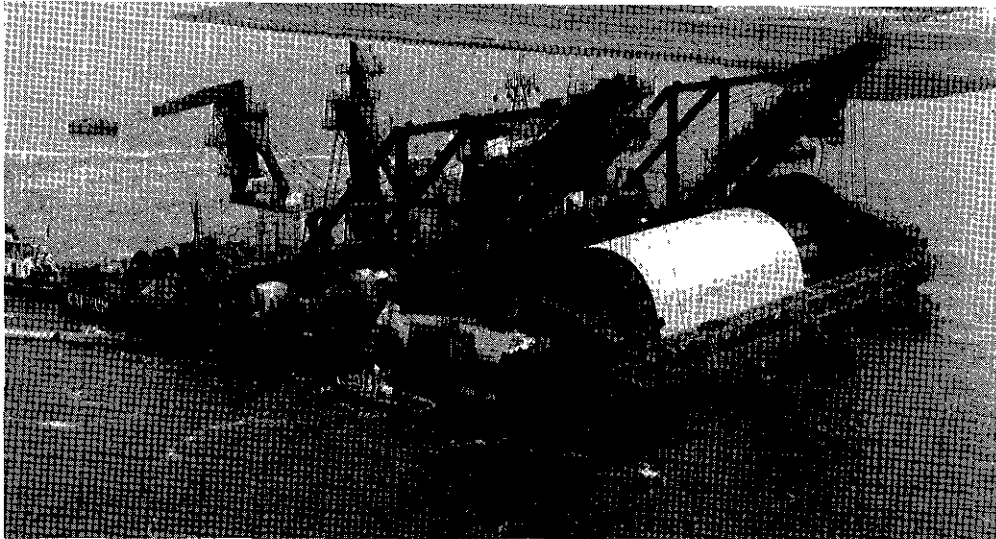


Fig. 9. Mogelijke holle ruimte tussen boven- en ondermat

Fig. 10. Invloed van de kromtestraal op het aanliggen



as van de kering, waar ten gevolge van de golfbeweging cyclische verhangen voorkomen. Ook in dit gebied ligt de mat over een geribbelde zandbodem en kunnen onder de mat holle ruimten voorkomen. In tegenstelling tot het stationaire verhang wisselt bij golven het verhang steeds van richting. Gedurende de helft van de golfperiode is het verhang de ene kant op gericht, gedurende de tweede helft de andere kant op. Daardoor zal de waterstroming in de spleet eveneens cyclisch van karakter zijn. Uit proeven, onder andere in de stroomgoot te Lith, is gebleken dat bij niet al te grote spleten onder een golfbelasting afkalving plaatsvindt tot enkele meters in het gebied waar de mat goed aanligt. Dit komt omdat door de golfbeweging een smalle en diepe geul verandert in een brede en ondiepe geul. De mat ondervindt dan te weinig steun, en zakt bij, ten gevolge



van het bovenliggende steenpakket, tot hij uiteindelijk goed aansluit op de ondergrond van zand.

De conclusie van dit onderzoek was dan ook dat de constructie niet onder een storm zal bezwijken. Er dient evenwel met nog een bezwijkmechanisme rekening gehouden te worden. De kunststofmat kan vergaan en samenhang verliezen. Het kan best zo zijn dat de mat al vergaan is voor er een storm optreedt. In dat geval zijn er dus nog holle ruimten aanwezig.

Als de mat gelijktijdig in z'n geheel verteert, dan zal er niets aan de hand zijn: de drie filterlagen liggen dan goed aan. In de overgangsconstructie kunnen vanwege de lagere belasting en omdat daar best enige zakking van de steenlagen mag optreden, minder zware filtereisen gesteld worden dan in het pijlgebied. Uit het onderzoek is gebleken dat de holle ruimte daar na het aanbrengen van de 3 m dikke steenlagen maximaal 10 cm hoog mag zijn. Deze eis is nu tot ontwerp-eis verheven. Wordt daaraan voldaan, dan kan het filter niet bezwijken.

Vertaald in uitvoeringseisen betekent dit allereerst dat grote onvlakheden en kuilen vóór het matleggen met fijn grind van 1 tot 32 mm moesten worden aangevuld. Dit werd gedaan met de steenstortpijp van het stortschip 'Jan Heymans'.

Voorts werd de tijd tussen het wegzuigen van het zand met de 'Cardium' en het afrollen van de mat beperkt gehouden. Ook werd tijdens het afrollen de kromtestraal van de ondermat voldoende klein gehouden, zodat de mat goed op de bodem kon aansluiten. Tijdens het afrollen werd die kromtestraal continu geregistreerd en zonodig bijgestuurd. Als uit de

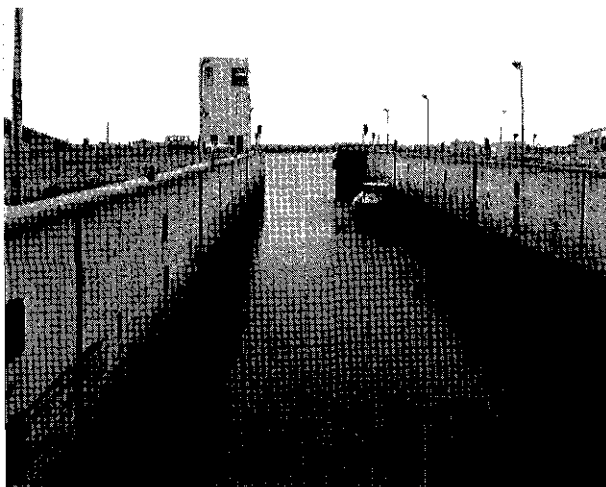
De 'Cardium' legt een funderingsmat

analyses achteraf bleek dat er toch plaatsen waren met een te grote holle ruimte, dan werden die verdicht met de trilplaat van de 'Manus', en wel nadat de pijler en de stenen op de ondermat waren aangebracht.

In het voorjaar van 1984 zijn de laatste funderingsmatten gelegd, eind september 1984 waren alle pijlers geplaatst, en in het voorjaar van 1985 is ook de verdichting van de drempel met de 'Manus' gereedgekomen. Uit de analyses van de uitvoeringsgegevens kwam naar voren dat overal aan de gestelde eisen is voldaan, en men mag dus concluderen dat onderloopsheid geen beperkende factor zal zijn op het gebruik en de levensduur van de stormvloedkering.

Toen er nog sprake was van volledige sluiting van de Oosterscheldemonnd was in de dam een uitwateringssluiss voorzien. In eerste instantie werd als locatie voor deze sluis aan het werkeiland Roggenplaat gedacht; naderhand werd gekozen voor het werkeiland Noordland. De grootte van de bouwput was afgestemd op deze uitwateringssluiss; de aanleg van de bouwput kwam gereed in 1974. Bij de uitwerking van de bouwplannen voor de stormvloedkering kwam de uitwateringssluiss natuurlijk te vervallen, maar al snel bleek dat tijdens de bouw van de kering behoefte zou ontstaan aan een schutsluis, omdat de werkschepen anders enorme afstanden zouden moeten omvaren om van de ene naar de andere zijde van de kering te komen.

De Roompotsluis



In eerste instantie was de Roompotsluis dus bestemd voor de werkscheepvaart, maar naderhand werd besloten de sluis ook meteen geschikt te maken voor openbare vaart, niet alleen scheepvaart ten behoeve van het onderhoud aan de stormvloedkering, maar ook vissersvaartuigen, recreatievaart, overige beroepsvaart en bijzondere transporten. Het sluiscomplex werd gesitueerd in de nabijheid van de hoofdvaarroute tussen de Noordzee en de Oosterschelde. Voor de bouw kon dan gebruik worden gemaakt van de bouwput op het werkeiland Noordland. De bouw van de Roompotsluis is begonnen in oktober 1980; de sluis werd op 1 februari 1984 overgedragen aan de directie Zeeland. Het ontwerp van de Roompotsluis voldoet voor wat betreft de te keren waterstand nagenoeg aan dezelfde hydraulische randvoorwaarden

als de stormvloedkering, een waterstand van N.A.P. + 5,50 m met een maximale golfhoogte van N.A.P. + 6,20 m. Gegeven de beschutte ligging van de sluis kon worden volstaan met een ontwerphoogte van het sluisplateau op N.A.P. + 5,80 m. Bij de inrichting van het sluisplateau werd rekening gehouden met een vrij forse golfoverslag.

Na het operationeel worden van de kering geldt, zoals voor alle sluisen langs de Noordzee, een maximaal schutpeil van N.A.P. + 2,20 m. Daarvóór wordt een maximaal schutpeil aangehouden van N.A.P. + 2,70 m, om geen grote belemmering te vormen voor de werkscheepvaart.

Tevens is als criterium gehanteerd dat de sluis maximaal 10 keer per jaar gedurende 3 uren gestremd mag zijn, hetgeen verwerkt is in de technische installaties en de organisatie van de operationele begeleiding.

In 1979 werden voor de Roompotsluis per jaar 16 000 pleziervaartpassages verwacht, en 3 000 passages van beroepsvaart.

De maximale lengte van werkschepen die de sluis moesten kunnen passeren bedroeg 82 m. Gerekend met een overlengte van 20% van de scheepslengte is de nuttige kolk lengte vastgesteld op 100 m tussen de stopstrepen. Ook voor de periode na het gereedkomen van de stormvloedkering wordt deze lengte voldoende geacht.

Rekening houdende met een voor vlot schutten benodigde overbreedte van 4% van de scheepslengte of 10 à 20% van de scheepsbreedte, en een minimale verhouding tussen de natte doorsnede van de kolk en het schip van 1,45, werd de breedte in de dag vastgesteld op 16 m, en de drempeldiepte op N.A.P. -5,70 m. De afmetingen van de bouwput Noordland

waarin de sluis moest worden gebouwd, waren 400 m bij 200 m, met N.A.P. -13,00 m als bodemniveau. Voor het droogmaken van de bouwput is een bemaling geïnstalleerd bestaande uit 45 stuks pompen van 25 m³. De sluis is volledig op staal gefundeerd, op een 6 m dikke zandaanvulling. Teneinde een optimaal verdicht zandpakket te verkrijgen onder de sluis, is de zandaanvulling in den droge aangebracht met scrapers. Op die manier werden hoge sondeerwaarden bereikt. De sluis bestaat uit een kolk die is uitgevoerd als een gewapend-betonnen bakprofiel, begrensd door twee hoofden met deurenkassen. De overgang van de sluis naar de voorhavens wordt gevormd door gewapend-betonnen L-wanden. Onder en naast de sluis nabij de hoofden zijn onder- en achterloopschermen opgenomen.

Ten behoeve van de werkvaart zijn in de wanden van de schutkolk en in de wanden van de hoofden series van vier stuks 20-tons haalkommen ingegoten, verticaal gezien op onderlinge afstanden van 1,50 m en horizontaal op 18 m van elkaar.

Boven elke serie is een 20-tons bolder voorzien op N.A.P. + 5,80 m. Voor meetboten, directievaartuigen en recreatievaart zijn 5-tons haalkommen aangebracht. Om het sluisterrein te bereiken zijn ter plaatse van de mootvoegen ladders verzonken in de wand opgenomen. Kabels en leidingen voor de stormvloedkering, de PZEM en het sluisbedrijf lopen door kabelbuizen in de sluisvloer. Ze monden uit in schachten aan weerszijden van de kolk. In totaal is in de sluis 23 000 m³ beton verwerkt en 1400 ton wapeningsstaal. De beschikbare bouwtijd voor bemaling en grondwerk, waar-

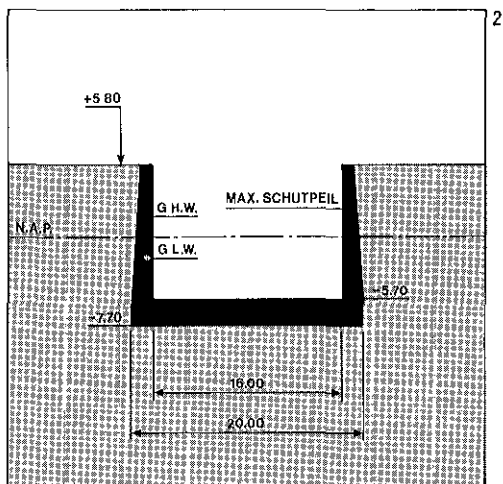
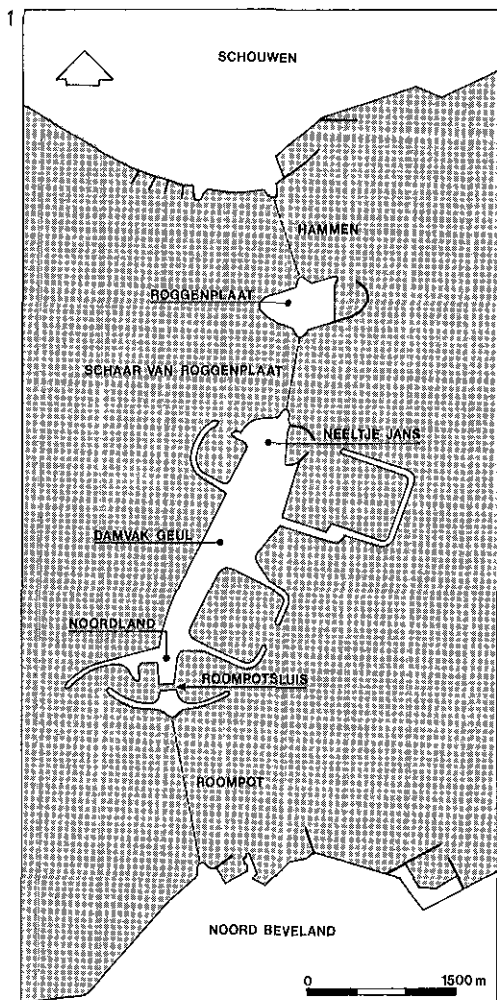
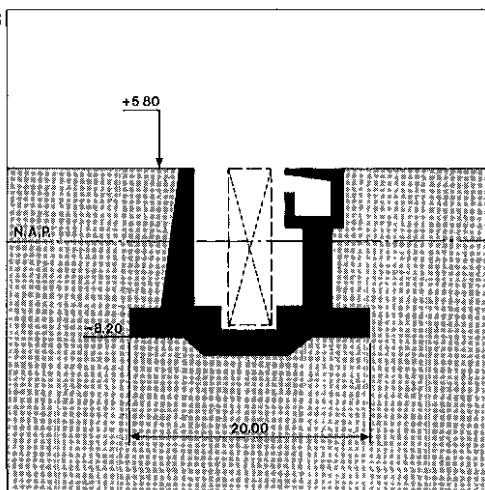


Fig. 1. Situatie van de Roompotsluis

Fig. 2. Doorsnede van de sluis

3



4

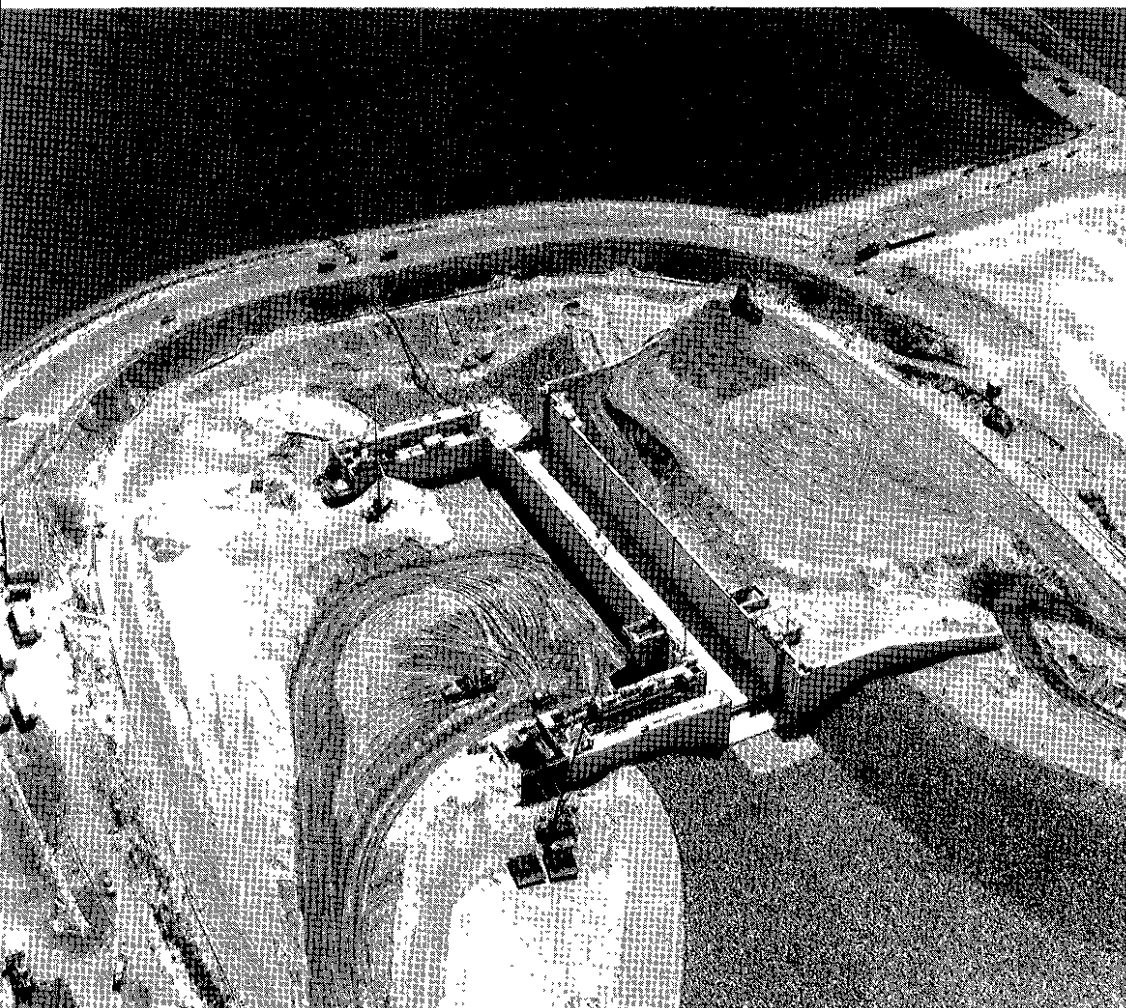
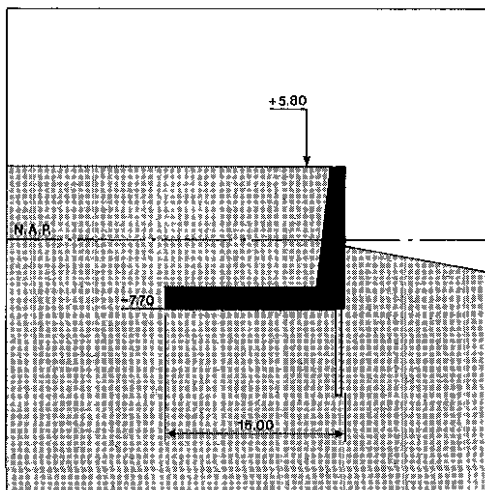


Fig. 3, 4. Doorsnede van de deurkas (links) en de frontwand

De Roonpotsluis met stortebedden aan beide zijden, vlak voor de inrundering van de bouwput

onder aanvullingen en betonwerk, bedroeg 90 kalenderweken.

De sluisdeuren zijn van het type 'roldeur'; ze zijn, zij het met beperkingen, berijdbaar voor zware vrachtwagens. Er zijn twee deuren in bedrijf, een binnen- en een buitendeur.

De deuren worden bewogen met een maximale snelheid van 0,25 m/s; de maximale beweegtijd bedraagt 88 seconden. De nominale slaglengte van de deur is 18 m, maar voor het bereiken van de droogzetstand is een slaglengte van 21,3 m beschikbaar.

De deur rust aan de onderzijde met rubber opleggingen op twee onderrolwagens, die zijn voorzien van zowel loop- als leidwielen. Op de bodem van de sluis zijn railbanen gemonteerd. De verticale belasting door het eigen gewicht en als gevolg van het verkeer wordt via de rubber opleggingen op onderrolwagens overgedragen en door de loopwielen afgevoerd naar de rails. De horizontale belastingen als gevolg van het verval tijdens het bewegen van de deuren en van golven en wind worden gedeeltelijk via de afdrukrichtingen op de onderrolwagens overgedragen en via de leidwielen naar de rails afgevoerd. Aan de bovenzijde wordt de deur via een uithouder met afdrukrichtingen horizontaal ondersteund door de bovenrolwagen, die eveneens met railbanen in de deurgoot geleid wordt. Hierlangs wordt de rest van de horizontale belasting afgevoerd.

Aan de afdrukrichting is tevens een trekrichting bevestigd, die de deur eenzijdig aandrijft. De deur wordt tijdens het bewegen in de *middenpositie gestuurd door de onder- en bovenafdrukrichtingen*. Hiermee wordt voorkomen dat de deur tijdens de beweging met het hout langs de betonaanslagen schuurt,

wat extra slijtage zou opleveren en tevens meer motorvermogen zou vragen. De uithouder aan de roldeur steekt om esthetische redenen zijdelings in de goot waarin het machinewerk staat opgesteld; hierdoor is de aandrijving van bovenaf niet zichtbaar. De aandrijving geschiedt met een lierwerk.

Om te voorkomen dat de kabel bij plotselinge grote belastingwisselingen gaat slaan, wordt hij een aantal malen ondersteund. De liertrommel wordt aangedreven met behulp van aan weerszijden aangebrachte hydromotoren. De hydraulische eenheid van de deuraandrijving staat evenals de elektrische installatie opgesteld in een tegen hoog water beschermde ruimte achter de deurkas.

Het hydraulische systeem voor de afdrukrichtingen is geïnstalleerd in de roldeuren zelf; het is toegankelijk via een afsluitbare doorgang aan de deurniszijde van de roldeur.

Het hydraulische systeem wordt elektrisch gevoed via een kabelgeleidingssysteem dat zich bevindt in de machinegoot, en dat is gekoppeld aan de uithouder van de roldeur. In gesloten positie is de deur in dwarsrichting vrij beweegbaar tussen de sponningen. Op deze manier kan aan de afdichtende functie worden voldaan wanneer zich een waterstandsverschil over de deur opbouwt. De boven- en onderafdrukrichtingen zijn dan drukloos.

De kolkomzetting vindt plaats via vier afsluitbare openingen in elke roldeur. De vorm en de afmetingen van deze openingen zijn vastgesteld met behulp van stromingsproeven. De deurschuiven hebben twee hefsnelheden: bij vervallen over de deur kleiner dan 1,5 meter is de snelheid 6 mm/s, en bij grotere vervallen 3 mm/s. De aandrijving van de deurschuiven geschiedt mechanisch door middel van een heugel; deze bevindt zich in dezelfde ruimte als de hydraulische eenheden voor de afdrukrichtingen.

De trekkabel van de deuraandrijving is berekend op de maximaal optredende trekkrachten aan de deur, vermeerderd met een veiligheidscoëfficiënt. Opnemen van de remkrachten van zwaar verkeer over de sluis door voorspannen van de trekkabel in gesloten positie van de roldeur zou de toe te laten trekkracht van de kabel overschrijden. Daaruit zou vergroting van de kabeldiameter moeten volgen, die dan weer een vergroting van de diameter van kabeltrommel en kabelschijf tot gevolg zou hebben, en de kosten zou opdrijven.

Een goedkopere oplossing was een grendel uitgevoerd als hydraulische cilinder met een aanslag, die is ingetrokken als de roldeur beweegt en dan tegen de deur aanligt. In gesloten positie van de roldeur is de cilinder



uitgeschoven en de aanslag naar de kopzijde van de deurkas gedraaid, waardoor verplaatsing van de roldeur in lengterichting wordt verhinderd.

De deuren kunnen niet drijven, en dienen dus met een bok te worden geplaatst en verwijderd. Ze zijn overigens onderling verwisselbaar. Het rijdek boven op de roldeur is geschikt voor zwaar autoverkeer met een beperking ten aanzien van het aantal laststelsels dat zich tegelijkertijd op de deur mag bevinden. Het rijdek is aan weerszijden voorzien van een leuning die tevens als vangrail dient.

Telkens is één van beide deuren berijdbaar. De hydraulische randvoorwaarden die ook gelden voor de deurschuiven luiden als volgt.

De maximale waterstand aan de Noordzezijde mag N.A.P. + 5,50 m bedragen bij een Oosterscheldestand van N.A.P. - 0,70 m. De maximale

golfhoogte die is toegestaan bedraagt 6,20 m, bij een golfperiode van 9,5 s en een reflectiecoëfficiënt van 0,7. Deze omstandigheden hebben een kans van voorkomen van 1/4000. Er is geen rekening gehouden met belasting door ijs.

Aangezien de sluis slechts één binnen- en een buitendeur heeft, wordt er een derde deur in reserve gehouden, compleet met onderrolwagens en hydraulica. Deze deur is in beide hoofden inzetbaar. Hij staat opgesteld op een hiervoor speciaal ingerichte opbergplaats aan de zuidzijde van het sluitgat Roompot, op het eiland Noord-Beveland.

Periodieke inspecties dienen ervoor te zorgen dat de reservedeur, met alle machinedelen, bedrijfsvaardig wordt gehouden.

De bedoeling is dat alleen van deze reservedeur gebruik wordt gemaakt in geval van onherstel-

bare beschadiging van een roldeur, of bij een grote onderhoudsbeurt. In alle andere gevallen kunnen reparaties aan een deur worden uitgevoerd in de deurkas.

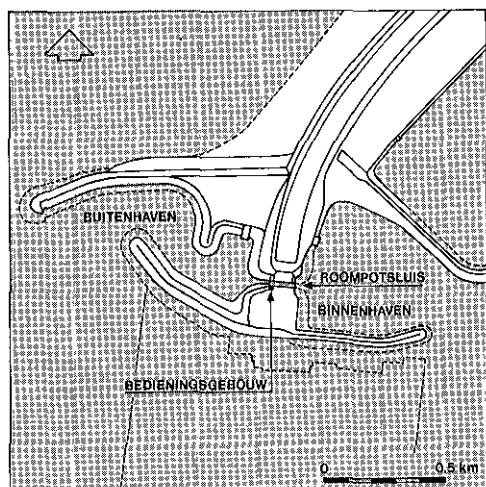
Behalve voor onderhoud in de deurkas is ook voor vervanging van de onderrails in de sluis een aantal schotbalken en een drooglegkuip beschikbaar. Deze onderdelen liggen, indien ze niet worden gebruikt, opgeslagen op de deurenbergplaats.

Remmingwerken, voorhavens en bedieningsgebouw

De remmingwerken bestaan uit geleidewerken ter bescherming van de sluisconstructie, opstel- en wachtplaatsen voor de werkvaart en voor vissersschepen, en opstel- en wachtplaatsen voor de pleziervaart. De geleidewerken worden gevormd door twee maal twee dukdalven aan weerszijden van de toegangen naar de sluishoofden. De dukdalven worden zo geplaatst dat tijdens de maximale uitbuiging, dus bij maximaal schutpeil, een belijning ontstaat die vanuit de dag van de sluis verloopt onder 1:6. In onbelaste toestand moet de dagwijdte

Inrichting van het bedieningsgebouw, met uitzicht op de schutkolk

Fig. 5. Roompotsluis met binnen- en buitenhaven



tussen de dukdalven minimaal 16 m bedragen. De opstel- en wachtplaatsen voor de beroepsvaart worden gevormd door vier dukdalven op onderlinge afstand van 20 m, geplaatst onder 1:6 ten opzichte van de sluisas, in het verlengde van de dukdalven van het geleidewerk.

De randvoorwaarden voor de dukdalven werden afgestemd op de eisen van de werkvaart, en rekening houdend met de wisselende waterstanden en golven in de voorhaven.

Voor de pleziervaart worden achter de opstel- en wachtplaatsen twee drijvende 40 m lange steigers aangelegd onder een helling van 1:3 ten opzichte van de sluisas. Wordt het na 1985 noodzakelijk geacht uitgebreidere voorzieningen voor de pleziervaart te maken, dan kan dat worden gerealiseerd. Uitgangspunt bij het ontwerp van de voorhavens was dat de havendammen de schepen rustig vaarwater moeten bieden. Door lange havendammen komen de schepen pas ver van de kering in open vaarwater. De stroomsnelheid daar bedraagt maximaal 1 m/s. De schepen moeten in de voorhavens beschut liggen. Golfindringing in de havens moet worden tegengegaan. In de buitenhaven moet manoeuvreerruimte zijn voor de pontons die steen uit Finland aanvoeren. Dit vereist een ruimte van 130×130 m.

Het ontwerp van de havendammen is verder getoetst aan eisen van bereikbaarheid, overzichtelijkheid en onderhoud. Ook is nagegaan of de afstand tot de kering goed was, en of voldaan werd aan de eis dat bij de wachtplaatsen gemiddeld maar één keer per jaar een golf van 30 cm of hoger mag voorkomen. Op grond van al deze eisen zijn de havendammen in het noordwesten aangelegd op N.A.P. + 5,00 m, die in het zuidwesten op N.A.P. + 6,00 m en die aan de zuidoostelijke zijde op N.A.P. + 4,00 m. De belasting waarop de havendammen zijn gemaakt heeft een kans van voorkomen van 1/100 per jaar.

Het bedieningsgebouw is vanwege de stand van de zon gesitueerd aan de zuidzijde van de sluis; de inrichting is zo dat één sluiswachter het scheepvaartverkeer kan regelen. Voor de regeling van het scheepvaartverkeer zijn onder meer een televisiecircuit aanwezig en een marifoon; de beroepsschepen melden zich per marifoon. Voor de jachten zijn praatpalen op de drijvende steigers aanwezig.

In de sluis kolk zit achter iedere ladder een installatie waarmee met de sluiswachter kan worden gesproken. De resterende beschikbare ruimten in het bedieningsgebouw zijn inmiddels in gebruik genomen door de douane en de Koninklijke Marechaussee; wie de sluis passeert, passeert namelijk ook de Nederlandse grens.

In de zomer van 1985 is de sluiting van het Marollegat gerealiseerd, als eerste zandsluiting van de compartimenteringswerken. De sluiting vormde een onderdeel van de aanleg van de Oesterdam; ze vond plaats tussen de zuidzijde van het damvak Speelmansplaten II en de noordzijde van het reeds in 1981 gereedgemaakte damvak Zuid.

Als voorloper op de toekomstige grote zandsluitingen van het Tholense Gat, het Slaak en het Krammer bood de vrij eenvoudige zandsluiting van het Marollegat een prachtige gelegenheid om ervaring op te doen met meet- en observatietechnieken. Ook reeds bij de aanleg van de damvakken Speelmansplaten I en II werden al metingen verricht. De metingen bij de sluiting van het Marollegat waren gericht op de ijking van het zandsluitmodel MOZAS. Om het inzicht in allerlei processen te verbreden is een ruim programma van metingen uitgevoerd, in het bijzonder op de zandstorten.

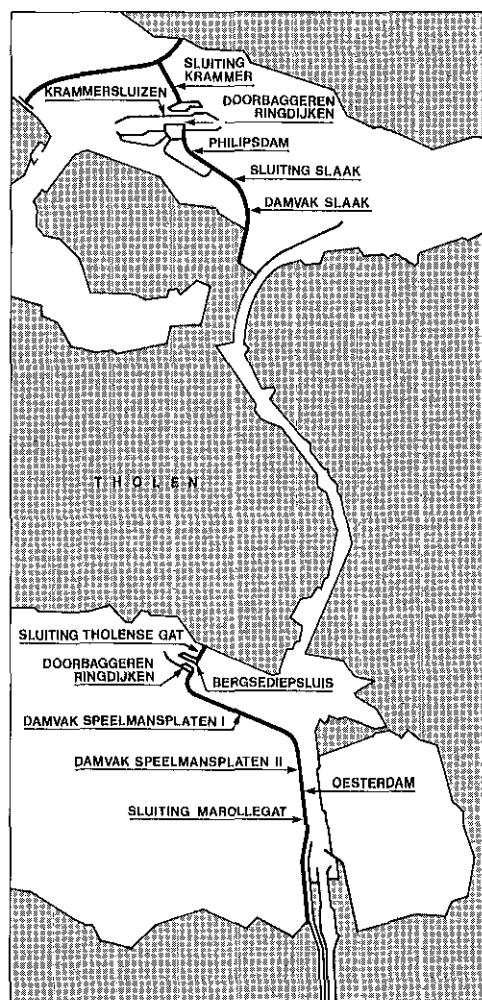
Fig. 1. Overzicht van de compartimenteringsdammen

Foto rechts: Bedrijvigheid rond het sluitgat

Bij een zandsluiting wordt vanaf één of beide oevers een sluitkade uitgebouwd van minimale afmetingen. Ook kan men over de gehele breedte de drempel geleidelijk verhogen. Om meer inzicht te krijgen in de processen die bij zo'n sluiting optreden, is onderzoek gedaan in werkbaarheidsmodellen met als uitgangspunten: de perskaden, de breedte van het stort, en de inzet van bulldozers. Daarnaast werden in een voortgangsmodel van de zanddam parameters onderzocht als de korrel diameter van het zand, de zuigerproductie en de storthellingen. Dit voortgangsmodel zal tijdens de uitvoering van de zandsluiting nauwgezet in de natuur worden gevolgd.

Alle waarnemingen werden beschreven in een evaluatie-rapport. Ten aanzien van de werkbaarheidsmodellen bleek dat de erosie van de perskaden bij een stroming van 1 à 1,5 m/s en een 20 cm dikke mengsellaag ongeveer 7,5

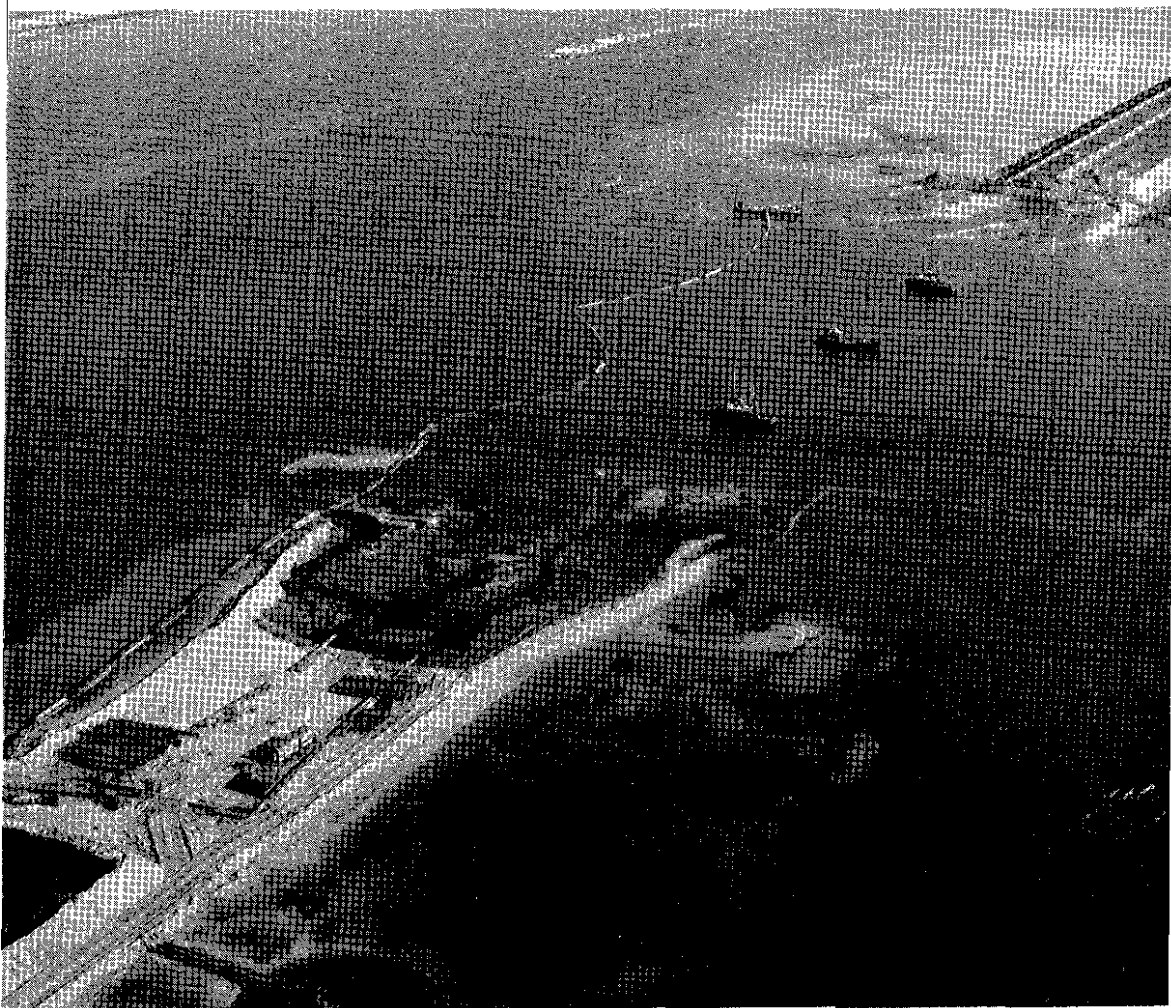
De sluiting van het Marollegat



$\text{m}^3/\text{uur}/\text{m}$ bedroeg. Met behulp van deze gegevens kan worden benaderd welke bulldozerinzet voor het instandhouden van de perskaden op het stort noodzakelijk is. Met het voortgangsmoedel kon worden vastgesteld dat de significante korreldiameter afnam naarmate de mengselstroom zich verder vanuit de perspijp afzette op het stort. Ongeveer zo; als de gemiddelde diameter bij de winput 180 micrometer bedroeg, dan bedroeg hij op het onderwaterstort nog ongeveer 150 micrometer. Hieruit volgt dat er rekening mee dient te worden gehouden dat het onderwaterstort opgebouwd wordt uit fijner materiaal dan uit de winput komt, omdat het grovere materiaal zich reeds op het bovenwaterstort heeft afgezet. Ook zijn metingen verricht naar de storthellingen; daarbij dient onderscheid te worden

gemaakt tussen hellingen boven en hellingen onder water. De hellingen boven water verliepen onder 1:20 tot 1:75, met 1:50 als redelijk gemiddelde. De storthellingen onder water varieerden van 1:20 tot 1:40. Belangrijk in dezen is het tijdstip van de meting: bij laagwater is meestal sprake van geulen die een deel van het stort bovenstrooms eroderen en het meegevoerde materiaal benedenstrooms beneden N.A.P. weer afzetten.

Verder is een studie verricht naar de productiecoëfficiënt en de werkbaarheidscoëfficiënt. De productiecoëfficiënt wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de maximale produktie van de zuiger en de werkelijk geleverde zandproduktie. De werkbaarheidscoëfficiënt is de verhouding tussen de tijd dat de zuiger kan werken, dus aanwezig is, en de tijd dat hij werkelijk heeft gewerkt. Uit het onderzoek voor Speel-



mansplaten I is gebleken dat de werkbaarheidscoëfficiënt gemiddeld 1,3 was en de produktiecoëfficiënt 1,7. Het maakt dus nogal wat uit of de gemiddelde produktie via de ene of de andere coëfficiënt wordt berekend.

Als vervolg op de metingen tijdens de uitvoering van bestek Speelmansplaten I is een nieuw meetplan opgesteld. Nu dienen de metingen behalve op de onderwaterhelling en het mengselstroomproces onder water bovendien gericht te zijn op ijkijng van het zandsluitingsmodel MOZAS. Daartoe dienen onder andere metingen te worden uitgevoerd van het zandtransport en het stromingsbeeld. Daar de maximaal voorspelde stroomsnelheid tijdens de sluiting van het Marollegat 1,2 m/s bedroeg, was de verwachting dat de processen die zich voor zouden doen bij deze stroomsnelheid redelijk meetbaar zouden zijn.

Het ging om bepaling van het stromingsbeeld en het uitvoeren van peilingen, om zandtransportmetingen en om het volgen van het mengselstroomproces onder water. De medewerkers van de Deltadienst concentreerden zich met name op de processen bij het onderwaterstort, terwijl medewerkers van de TH Delft en het Waterloopkundig Laboratorium zich hebben beziggehouden met het bovenwaterstort.

Ook deze onderzoeken zullen in de volledige rapportage worden opgenomen. Daarop vooruitlopend kan met de nodige reserve worden gesteld dat met name de inzichten in het fenomeen 'mengselstroom' een andere wending nemen dan tot nu toe was verondersteld. Een duidelijker beeld zal in de eindrapportage van het betrokken onderzoek worden vermeld.

Uitvoering

Tenslotte volgt nog een beschrijving van de uitvoering van de sluiting van het Marollegat. De damvakken Speelmansplaten II en Marollegat zijn in tegenstelling tot de overige damvakken van de Oesterdam niet gebouwd op de aanwezige grondslag, maar op een grondverbetering. De grondverbetering heeft op de bodem van het cunet een breedte van 76 m, en ter plaatse van de geplande sluiting van het Marollegat zelfs van 110 m.

De slechte grondslag van veen en slappe kleilagen is met behulp van de cutterzuiger Mercurius tot op het pleistocene zand weggebaggerd. Vervolgens zijn vanuit het damvak Speelmansplaten I het cunet en het damlichaam gevuld en opgespoten met zand dat door de winzuiger 'Zuiderclip' gewonnen werd in het

zandwingebied ten noorden van Speelmansplaten I.

Het zandbedrijf is uitgevoerd in een drieploegendienst, wat neerkwam op 120 uur per week. Het cunet werd gevuld en het damlichaam opgespoten tot aan de plaats waar volgens het bestek de sluiting moest worden uitgevoerd. Vervolgens werd de plaats van sluiting van noord naar zuid gepasseerd met een drijvende leiding. Vanaf de kop van het damvak Zuid werd nu het nieuwe damlichaam opgespoten, ook weer tot aan de plaats van de sluiting. Het opspuiten geschiedde in twee slagen, met een zogenaamd onder- en bovenstort. Het onderstort werd tot een hoogte van N.A.P. + 2 m, ofwel gemiddeld hoogwater, in een open stort gemaakt, dus zonder perskaden, en het bovenstort tot een hoogte van N.A.P. + 4 m in een gesloten stort, door middel van perskaden. Gelijktijdig met het opspuiten van het onderstort aan de noord- en zuidzijde van het sluitgat werd het verbrede cunet ter plekke van het sluitgat gevuld tot ongeveer de hoogte van het omliggende maaiveld.

Het sluitgat werd vanaf de noordkant dichtgespoten door de 'Zuiderclip', die een gemiddelde bruto-uurproduktie had van 2000 m³.

Op 3 juni 1985 had het sluitgat op het hoogwater van 16.43 uur nog een gemiddelde diepte van N.A.P. - 3.70 m en een breedte van 300 m op N.A.P. Bij het volgende hoogwater, 4 juni om 5.46 uur, was de diepte afgenomen tot gemiddeld N.A.P. - 2.80 m; de breedte bedroeg toen nog 250 m.

Van 4 tot 6 juni is er in hoofdzaak in de breedte van het zandlichaam gespoten, om voldoende zand in het te maken strandprofiel te krijgen. Het zandspuiten is tijdens het opzetten van de perskaden normaal doorgegaan, behalve op het hoogwater van 18.51 uur. Toen is er een stop gemaakt van ongeveer een uur, om de westelijke perskade opnieuw dicht te zetten, die door de windgolven over een geringe lengte was weggeslagen.

In de daarop volgende laagwaterperiode is het zandspuiten nog eens drie uur onderbroken om de perskaden met zand uit het gesloten stort hoger op te kunnen zetten; daarna werd het damlichaam verder opgespoten: de sluiting van het Marollegat was een feit.

De sluiting van het Marollegat heeft door de in het werk verrichte metingen een duidelijker beeld gegeven van met name de mengselstroom. Deze verkregen resultaten zullen worden meegenomen in de komende ontwerpen van de grote zandsluitingen. De wijze van sluiting van het Marollegat is echter niet vergelijkbaar met die van de sluitgaten Slaak, Tholense Gat en Krammer.

Sinds de afsluiting van het Volkerak in 1969 staat de Oosterschelde niet meer in open verbinding met de Rijn en de Maas. De waterkwaliteit in het bekken wordt sindsdien dan ook niet langer in hoge mate bepaald door de afvoer van het in de laatste decennia kwalitatief sterk verslechterde rivierwater. De kwaliteit wordt thans voornamelijk bepaald door beperkte lozingen via sluizen en poldergemalen, en de afvoer van de Brabantse riviertjes, door de uitwisseling met en de kwaliteit van het kustwater, en door processen in de Oosterschelde zelf.

Het overgrote deel van de zijdelingse watertoevoer vindt plaats op het Volkerak (tabel 1): uit het Hollands Diep/Haringvliet via de Volkeraksluizen, en uit Noord-Brabant via de Brabantse riviertjes de Mark en Dintel en de Rozenendaalse en Steenbergse Vliet.

Sinds 1970 zorgt het inlaatbeheer van de Volkeraksluizen ervoor dat de som van het debiet via deze sluizen en de Dintel op 50 m³/s wordt gehouden. Dit volume is gekozen om enerzijds de zoetwaterlast op de Oosterschelde te beperken en anderzijds de zoutlast op het Haringvliet te minimaliseren. Alleen in de winter van '79-'80 is het debiet tijdelijk verhoogd tot 100 m³/s (Bericht 94, november 1980). De belangrijkste andere afwateringen zijn polderwater, regenwater en enkele sluizen. De kwaliteit van deze afwateringen verschilt, en daarmee ook hun invloed op de waterkwaliteit. Dit komt verderop nog aan de orde.

Na het gereedkomen van de compartimenteringsdammen neemt de waterbelasting met 45% af, vooral doordat de Brabantse riviertjes dan niet meer rechtstreeks op de Oosterschelde afwateren en het zoetwaterdebiët door de Krammersluizen beperkt wordt.

De invloed van het kustwater op de Oosterschelde is erg groot; dat is een gevolg van de uitwisseling van kustwater en Oosterscheldewater onder invloed van de eb- en vloedbeweging. Uit onderzoek is gebleken dat het kustwater van de Oosterschelde nog duidelijk onder invloed staat van het Rijn- en Maaswater dat door de Haringvlietssluizen en de Nieuwe Waterweg de zee instroomt. Onder gemiddelde omstandigheden bestaat 10% van het kustwater uit rivierwater (figuur 2a). Ondanks een netto reststroom in noordelijke richting langs de Nederlandse kust en ondanks de overwegend

De waterkwaliteit van de Oosterschelde

zuidwestelijke wind verspreidt het rivierwater zich vlak langs de kust toch ook nog in zuidelijke richting. De verklaring daarvan is waarschijnlijk dat bij hoog water de stroom in zuidelijke richting staat en bij laag water in noordelijke richting. Dus zelfs bij een iets hogere gemiddelde snelheid in noordelijke richting in het ondiepe gebied vlak langs de kust zal netto meer water in zuidelijke richting worden getransporteerd. Hoge afvoeren via de Haringvlietssluizen en noordwestelijke wind versterken dit verschijnsel nog; de rivierwaterfunctie kan dan oplopen tot 20% (figuur 2b). De bijdrage

Tabel 1. Gemiddelde watertoevoer naar de Oosterschelde.

	Watertoevoer in m ³ /s	
	Voor het gereedkomen van de compartimenteringsdammen	Na het gereedkomen van de compartimenteringsdammen
Polderuitslagen	5.0	3.8
Neerslag	10.7	8.6
Veerse Meer	5.8	5.9
Grevelingenmeer	1.5	1.6
de Zoom	0.4	—
Kreekraksluizen	3.6	—
Hollandsch Diep/Haringvliet	41.7	—
Mark en Dintel	8.3	—
Rozenendaalse en Steenbergse Vliet	2.5	—
Krammersluizen	—	25.0
Bergsche-Diepsluis	—	0.5
Totaal	81.1	45.4

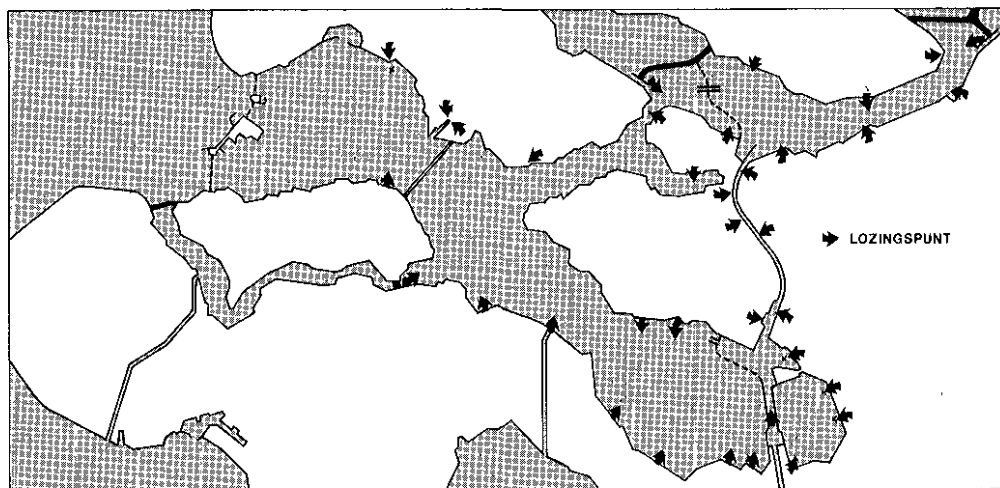


Fig. 1. Lozingskaart van de Oosterschelde

van de Westerschelde is waarschijnlijk gering. Dit komt deels doordat de afvoer relatief gering is – gemiddeld minder dan 10% van de Rijnafvoer –, en deels ook doordat het Scheldewater, onder invloed van dezelfde mechanismen die zorgen voor het transport van een deel van het Rijn- en Maaswater, langs de kust naar het zuiden wordt getransporteerd, en pas verder van de kust naar het noorden afbuigt.

De invloed van het kustwater op de kwaliteit van het Oosterscheldewater zal na 1987 waarschijnlijk niet zo veel veranderen, al zal de uitwisseling enigszins afnemen. Dit laatste betekent dat het water dat de Oosterschelde instroomt daar relatief langer zal verblijven. Mogelijke morfologische veranderingen in de Voordelta, waardoor een meer wadachtige structuur zou kunnen ontstaan langs de kust, kunnen invloed hebben op de verspreiding van Rijn- en Maaswater in zuidelijke richting. De

gevolgen van die morfologische veranderingen op de waterkwaliteit van de Oosterschelde zijn nog niet aan te geven. Er is nog te weinig bekend over de precieze omvang en aard van de morfologische veranderingen; hiernaar wordt nog onderzoek verricht.

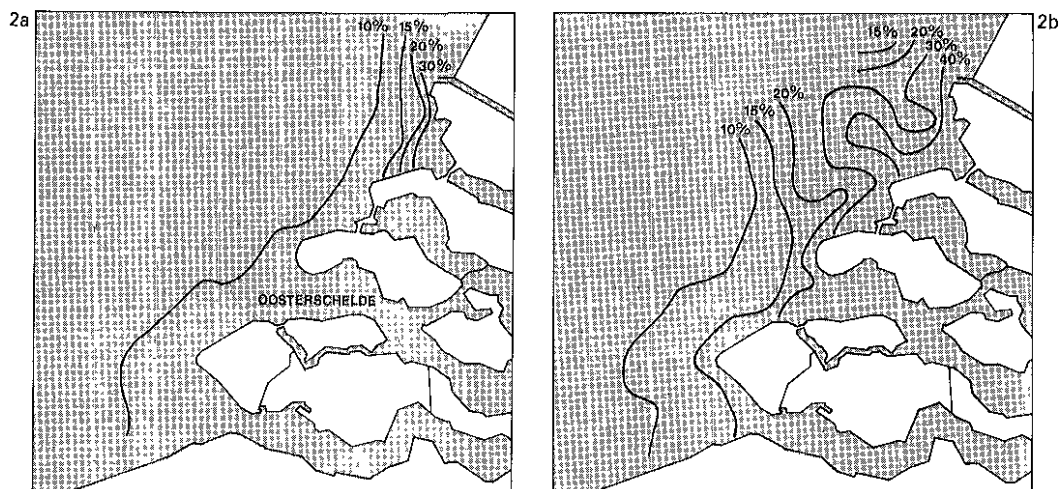
Kwaliteitskenmerken

De processen die de waterkwaliteit in de Oosterschelde beïnvloeden komen aan de orde bij de navolgende bespreking van een aantal waterkwaliteitskenmerken. Het zoutgehalte is buiten beschouwing gelaten omdat daarover al eerder werd geschreven (Bericht 106, november 1983).

In de Oosterschelde is sprake van kleine temperatuurverschillen tussen de kom, het mondingsgebied en het Volkerak. In de winterperiode is de temperatuur in de kom en het Volkerak gemiddeld 0,5 tot 1,5°C lager dan in de monding (tabel 2). Veel groter dan 2°C wordt het verschil tussen kom en monding

Tabel 2. Watertemperatuur in °C in de Oosterschelde en het Grevelingenmeer. Gemiddelden over 1981 t/m 1983.

	Oosterschelde Volke- rak	Kom	Mon- ding	Grevelingenmeer
1e kwartaal	4.0	3.8	4.3	3.6
2e kwartaal	13.7	12.8	11.8	12.9
3e kwartaal	18.2	18.2	17.9	19.3
4e kwartaal	8.0	8.1	9.7	9.1



echter niet. In de zomer daarentegen is de temperatuur in de kom en het Volkerak juist hoger: gemiddeld ongeveer 1°C. Maximaal liggen de verschillen in de orde van grootte van 2 tot 3°C.

Er vinden op de Oosterschelde geen noemenswaardige warmtelozingen plaats. De belangrijkste oorzaak voor de geconstateerde verschillen moet dan ook gezocht worden in de invloed van de weersomstandigheden. Het kleinere

Fig. 2a. en 2b. Percentage rivierwater voor de Deltakust onder normale omstandigheden (links) en bij hoge afvoer van de Rijn en Maas en noordwestenwind

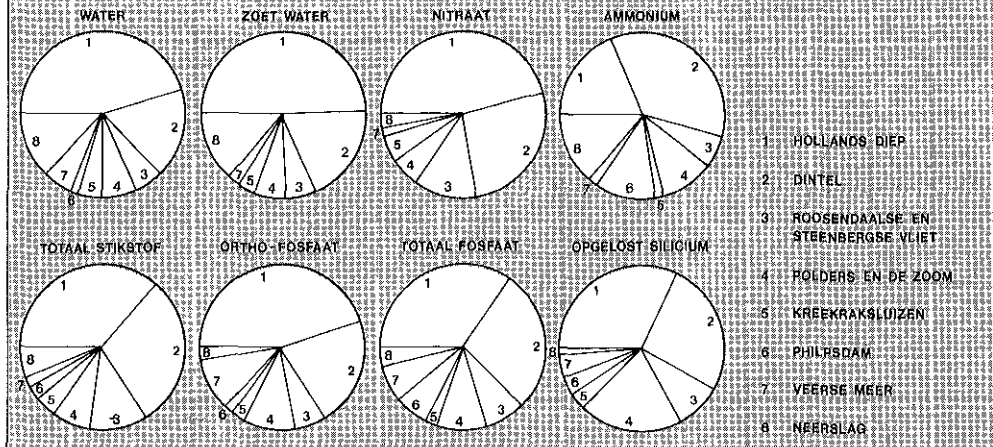
Fig. 3. Procentuele verdeling van de belasting op de Oosterschelde

Tabel 3. Doorzicht en zwevende-stofgehalten in de Oosterschelde. Gemiddelden over 1981 t/m 1983.

	Doorzicht in m			Zwevende stof in mg/l		
	Volkerak	Kom	Monding	Volkerak	Kom	Monding
1e kwartaal	1.5	0.9	0.8	6	30	40
2e kwartaal	1.7	1.5	1.6	4	22	21
3e kwartaal	2.3	1.8	2.1	3	12	13
4e kwartaal	1.6	1.1	0.8	12	19	27

Tabel 4. Veranderingen in de waterkwaliteit van toestromend water naar de Oosterschelde.

	Hollands Diep		Dintel	
	concentraties in g/m³			
	1972 t/m 1974	1979 t/m 1981	1972 t/m 1974	1979 t/m 1981
nitraat	3,0	3,8	2,5	3,0
ammonium	2,3	0,6	2,2	4,6
totaal stikstof	6,5	5,1	6,3	10,3
ortho-fosfaat	0,2	0,3	0,2	0,5
totaal fosfaat	0,4	0,4	0,6	1,0
opgelost silicium	2,2	2,2	—	—



watervolume in de kom en het Volkerak wordt ten opzichte van het kustwater relatief snel warm, en koelt ook weer sneller af. Na 1987 kunnen de verschillen tussen de kom en de monding nog iets toenemen door de langere verblijftijd van het water in de kom. Uit een vergelijking met de gemiddelde temperatuur in het Grevelingenmeer, dat een veel langere verblijftijd heeft, blijkt dat de temperaturen in de kom en de Grevelingen in de huidige situatie al niet veel verschillen. Het temperatuurverloop in de kom van de Oosterschelde zal dan naar verwachting ook niet sterk veranderen.

Het zuurstofgehalte in de Oosterschelde varieert in het algemeen tussen 8 en 12 mg/l. Het gehalte is in de winter hoger dan in de zomer als gevolg van de grotere oplosbaarheid van zuurstof bij lagere temperaturen. Het zuurstofverzadigingspercentage ligt nagenoeg altijd tussen 90 en 110%. In korte perioden in het voorjaar en de zomer worden soms verzadigingspercentages gemeten van 150%, tengevolge van de hoge zuurstofproductie bij de algengroei. Bovenstaande cijfers duiden er al op dat de biologische zuurstofvraag – kortweg aangeduid als BOD₅ – laag is: 1,8 mg/l in het Volkerak en 1,0 mg/l in de rest van de Oosterschelde. Deze lage waarden hangen samen met de geringe belasting met afbreekbaar organisch materiaal en ammonium.

Het is niet te verwachten dat de zuurstofgehalten en BOD₅-waarden sterk zullen veranderen na 1987.

De kom en het Volkerak zijn gemiddeld iets helderder dan de monding, maar het verschil is niet groot. Het gemiddelde doorzicht ligt in de orde van grootte van 1,5 m (tabel 3). De grootste helderheid wordt gemiddeld genomen

bereikt in het derde kwartaal, vanwege het vaak rustige weer in de zomer. In vergelijking met het voorjaar zijn er dan gemiddeld ook minder algen. De variatie in het doorzicht kan echter groot zijn, van 0,5 tot 2,5 m.

De verschillen, soms van dag tot dag, worden vooral bepaald door de weersomstandigheden, vooral de wind. Ook moet worden bedacht dat de gegeven getallen gelden voor de geulen. Nabij de plaatranden en mosselpercelen kan het water troebeler zijn. Ook is de stroomsnelheid van invloed op het doorzicht: het doorzicht is het best rond kentering.

Het doorzicht is vooral afhankelijk van het gehalte aan fijn zwevend materiaal en algen in het water. Het gehalte aan zwevende stof toont dan ook eenzelfde patroon als het doorzicht, zoals uit tabel 3 blijkt. De cijfers tonen aan dat het zwevende-stofgehalte in het Volkerak lager ligt. De oorzaken daarvoor liggen in de lagere stroomsnelheden, de geringere invloed van de wind en de lage zwevende-stofgehalten in het water dat wordt aangevoerd vanuit het Hollands Diep/Haringvliet. Wellicht speelt ook de aanwezigheid van een zoutgradiënt over de verticaal in het Volkerak nog een rol. De hoeveelheid algen is veelal zo gering dat de invloed daarvan op het doorzicht tamelijk beperkt blijft. Duidelijk blijkt uit de gegevens ook dat de wintermaanden voor zwevende stof, zeker in de monding, hoger zijn dan de zomerwaarden. Dit vindt zijn oorzaak in de gemiddeld hogere windsnelheden in de winter.

De verwachting is dat de Oosterschelde na 1987 wellicht wat helderder wordt en dat de gehalten aan zwevende stof wat afnemen. Dit effect is echter nog moeilijk te kwantificeren. De belasting van de Oosterschelde met de belangrijkste voedingsstoffen voor algengroei

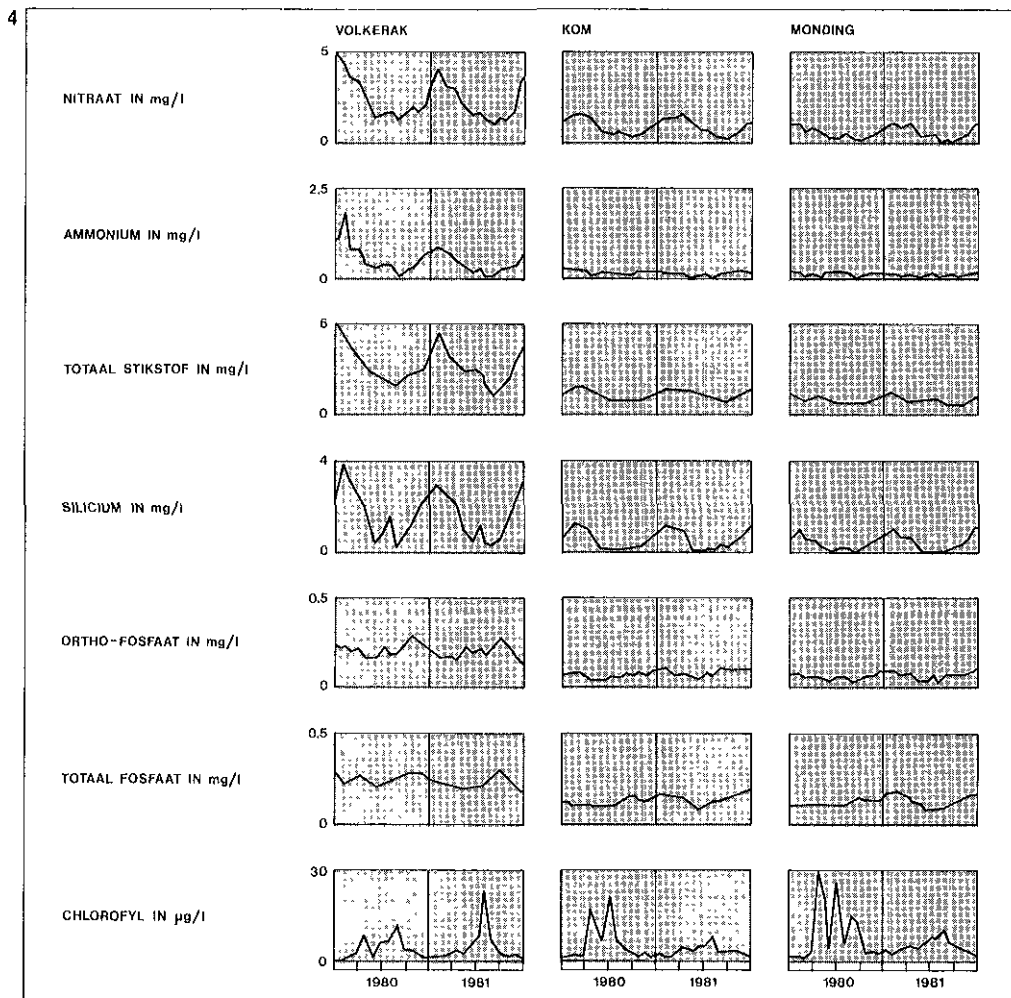
– fosfaat, stikstof en silicium – is weergegeven in figuur 3. Daaruit blijkt dat het grootste aandeel afkomstig is van het Hollands Diep/Haringvliet, 20–50%, en de Dintel, 20–35%. De bijdrage van de Dintel is het grootst in het winterhalfjaar. De afwaterende polders leveren een bijdrage van 5 tot 10% voor de meeste stoffen, alleen voor silicium is de bijdrage hoger: ongeveer 20%. De overige bronnen zijn tamelijk klein.

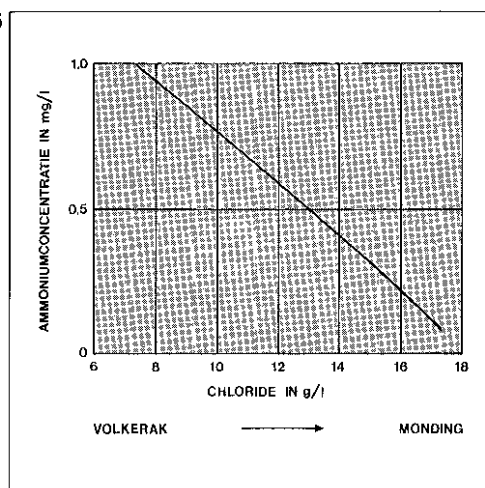
In de periode 1972–1981 zijn wel wat verschuivingen opgetreden. De ammoniumconcentraties in het Hollands Diep/Haringvliet namen af (tabel 4). Daar staat een lichte stijging van nitraat tegenover, en in mindere mate van fosfaat. De bouw van zuiveringsinstallaties langs de Rijn en Maas heeft dit met zich meegebracht.

In de Dintel was in die periode sprake van een

Fig. 4. Concentratieverloop van verschillende voedingsstoffen en chlorofyl in de Oosterschelde

Fig. 5. Ammonium-gradiënt op basis van enkele verdunning en de gemeten waarden onder invloed van processen in de Oosterschelde





verhoging van de concentratie van alle voedingsstoffen. Een ander feit dat van invloed is geweest op de belasting, is het verhogen van het spuidebiet via de Volkeraksluizen, van gemiddeld 24 m³/s in 1976 naar gemiddeld 42 m³/s na 1976. Sinds september 1975 is daar als extra belastingsbron nog het Kreekraksluizencomplex bij gekomen.

Bezien we nu de concentraties aan voedingsstoffen in de Oosterschelde (figuur 4), dan blijkt dat de concentraties in het Volkerak gemiddeld veel hoger zijn dan in de kom, en in de kom weer hoger dan in de monding. Deze verschillen zijn voor een belangrijk deel te verklaren uit de relatief grote lozingen op het Volkerak. Uit figuur 4 blijkt ook een seizoenspatroon, samenhangend met opname door algen van de opgeloste nutriënten ammonium, silicium, nitraat en fosfaat in het voorjaar; deze nutriënten komen door mineralisatieprocessen later weer vrij. De aanwezigheid van algen is te volgen aan de hand van het chlorofylgehalte in figuur 4.

Dit algemene beeld kan voor de verschillende nutriënten nader gepreciseerd worden. Het siliciumgehalte daalt in het voorjaar zeer snel en blijft gedurende een vrij lange periode nagenoeg nihil, hetgeen er op kan duiden dat er te weinig silicium is voor continue groei van silicium-behoevende algen, de zogenaamde diatomeeën. Nitraat daalt in vergelijking met silicium langzaam, maar bereikt vervolgens toch ook minimale waarden in de zomer. Een beperking van de algengroei door de beperkte beschikbaarheid van nitraat is dan ook niet uit te sluiten, mede omdat de concentraties van de andere stikstofbron, ammonium, eveneens laag zijn.

De daling van het ortho-fosfaat in het voorjaar

verloopt parallel aan de daling van het silicium- en nitraatgehalte, maar in tegenstelling tot wat het geval is bij nitraat treedt er in de zomer geen verdere daling op. Eerder is er sprake van een lichte stijging. Het verschijnsel van toenemende fosfaatconcentratie in de zomer is, in veel sterkere mate, ook in het Grevelingenmeer waargenomen; het is een gevolg van nalevering vanuit het bodemsediment (Bericht 102, november 1982). Het precieze mechanisme van die nalevering is echter nog niet duidelijk. Wel staat vast dat het fosfaat nimmer zulke lage concentraties bereikt dat het beperkend zou kunnen zijn voor de omvang van de hoeveelheid algen.

Uit onderzoek naar de nutriëntenbalansen van de Oosterschelde is gebleken dat veel van het geloosde ammonium wordt omgezet in nitraat. Dit is een normaal verschijnsel, dat nitrificatie wordt genoemd. Figuur 5 illustreert dat de ammoniumconcentratie in de Oosterschelde lager is dan verwacht zou worden op basis van verdunning van het zoete ammoniumrijke water met zout ammoniumarm water.

Als in 1987 de compartimenteringsdammen gereed zijn, zullen de zoetwaterbelasting en de nutriëntenbelasting afnemen (tabel 5). Dit wordt in de eerste plaats veroorzaakt doordat de hoeveelheid water van 50 m³/s die nu op het Volkerak geloosd wordt, beperkt wordt tot een afvoer via de Krammersluizen van 25 m³/s. De waterbelasting neemt dan voor de totale Oosterschelde met 30% af. In de tweede plaats wordt verwacht dat ook de nutriëntengehalten van het inlaatwater lager zullen zijn dan de gehalten van het Hollands Diep en de Brabantse riviertjes. Dit leidt tot halvering van de nutriëntenbelasting.

Wat zijn nu de effecten van zo'n gehalveerde nutriëntenbelasting? In principe kan ze leiden tot een verminderde productie van algen en

Tabel 5. Water- en nutriëntenbelastingen op de Oosterschelde voor en na sluiting van de compartimenteringsdammen.

		voor sluiting	na sluiting
water	m ³ /m ² /jr	5,3	3,8
zoetwater	m ³ /m ² /jr	4,7	3,3
nitraat	g /m ² /jr	16,2	8,3
ammonium	g /m ² /jr	5,7	2,7
totaal stikstof	g /m ² /jr	28,2	12,8
ortho-fosfaat	g /m ² /jr	1,6	0,7
totaal fosfaat	g /m ² /jr	2,4	1,3
opgelost silicium	g /m ² /jr	15,6	7,9

een verschuiving van algensoorten in de Oosterschelde. Precies te kwantificeren is dit verschijnsel echter nog niet, en wel om twee redenen. De eerste is dat we nog niet weten of in de huidige situatie de produktie beperkt wordt door nutriënten, en zo nee, bij welke belasting dit wel het geval zal zijn. De tweede reden is dat de produktiviteit niet alleen afhangt van de hoeveelheid nutriënten, maar ook van het onderwaterlichtklimaat. Nu bestaat de kans dat de Oosterschelde door vermindering van de stroomsnelheden wat helderder wordt, en daardoor de produktiviteit juist gaat stijgen, als de algenbiomassa niet door de hoeveelheid voedingsstoffen geremd wordt. Het resulterend effect is nog niet bekend. In het project BALANS wordt verder onderzoek verricht naar de veranderingen van de produktiviteit in de Oosterschelde (Bericht 95, februari 1981).

Verontreinigingen

De Oosterschelde wordt in beperkte mate verontreinigd met zware metalen. De directe belasting komt voor 95% binnen via de Volkeraksluizen en de Dintel. In vergelijking met de Westerschelde is die belasting echter zeer klein (tabel 6). Maar, zoals in de inleiding al gemeld, de kwaliteit van het water in de Oosterschelde staat via het kustwater ook nog onder invloed van de Rijn en de Maas. Dit alles

Tabel 6. Belasting met zware metalen op de Oosterschelde en de Westerschelde in 1980.

	Oosterschelde	Westerschelde
	ton/jaar	
nikkel	39	178 -182
chroom	14	111 -112
cadmium	1	15,4- 15,9
lood	22	120 -128
zink	89	565 -582
koper	12	88 -100

Tabel 7. Gemiddelde gehalten (1979-1981) aan opgeloste zware metalen in de Oosterschelde, en referentiewaarden voor de schone situatie, in microgram per liter.

	Volkerak	Kom	Monding	Referentiewaarden
zink	15	2,6	4,2	0,35 -1,75
lood	1,2	1,2	1,3	0,03 -0,10
cadmium	0,20	0,14	0,16	0,02 -0,04
koper	3,1	1,7	1,6	0,2 -0,7
chroom	1,4	1,0	-	0,15 -0,70
nikkel	4,9	1,8	-	0,3 -0,55
kwik	0,01	0,01	0,01	0,003-0,006

betekent dat gehalten aan zware metalen in de Oosterschelde toch te hoog zijn om te kunnen spreken van een echte schone situatie. De schone situatie wordt wel aangeduid als de referentietoestand, gebaseerd op de natuurlijke concentratie.

In tabel 7 is een vergelijking gemaakt tussen de gemeten opgeloste gehalten en de referentiewaarden. De meeste metalen zijn voor het grootste deel in opgeloste vorm aanwezig. De verontreiniging van de onderwaterbodem met zware metalen is tamelijk gering in vergelijking met bijvoorbeeld de Nieuwe Waterweg, de Westerschelde en het Haringvliet (Bericht 94, november 1980).

In de monding van de Oosterschelde is vanaf 1979 ook het gehalte aan kwik en cadmium in mosselen gemeten. Uit een vergelijking met enkele andere locaties in Nederland blijkt dat de gehalten aan kwik nagenoeg overal gelijk zijn, en dat het gehalte aan cadmium in de Oosterschelde ongeveer gelijk is aan dat van de Westelijke Waddenzee, maar belangrijk lager dan in de monding van de Westerschelde en voor de Zuidhollandse kust (tabel 8).

Tot de organische microverontreinigingen behoort een enorm scala aan chemische verbindingen, waarvan als bekendste te noemen zijn de polycyclische aromatische koolwaterstoffen, de polychloorbifenylen (PCB's), organochloor-pesticiden als DDT en de omzettingsprodukten daarvan - bijvoorbeeld hexachloorbenzeen en hexachloorcyclohexaan -, fenol en extraheerbaar organisch chloor. De gehalten aan organische microverontreinigingen zijn meestal zo laag dat ze niet detecteerbaar zijn. Dit bleek bijvoorbeeld voor de organochloor-pesticiden en hexachloorbenzeen, en geldt vrijwel zeker ook voor onder andere PCB's en extraheerbaar organisch chloor.

Incidenteel worden van sommige organische microverontreinigingen, bijvoorbeeld polycyclische aromatische koolwaterstoffen, fenol en

hexachloorbenzeen, gehalten gemeten die boven de detectiegrens liggen.

Organische microverontreinigingen in het bodemsediment van de Oosterschelde zijn voorzover gemeten laag of niet detecteerbaar. Gehalten aan organische microverontreinigingen in organismen zijn niet gemeten, met uitzondering van PCB's in mosselen. De gehalten aan deze laatste stoffen in mosselen in de monding van de Oosterschelde blijken lager te zijn dan de gehalten in mosselen uit de Westerschelde en voor de Zuidhollandse kust. Ze liggen in dezelfde orde van grootte als in de Westelijke Waddenzee.

Dat de gehalten van zware metalen en PCB's in de Oosterschelde-mosselen nauwelijks afwijken van die van de Westelijke Waddenzee is wellicht niet zo verbazingwekkend, daar zowel in de Oosterschelde als in de Westelijke Waddenzee 10% rivierwater voorkomt. Uit een vergelijking van de kwik- en cadmiumgehalten in de monding van de Oosterschelde en bij Den Helder blijkt dan ook dat zowel de opgeloste als de totale concentraties in het water vrijwel op hetzelfde niveau liggen (tabel 9). Een vergelijking van de bodemkwaliteit laat echter wel een verschil zien ten gunste van de Oosterschelde.

De verklaring hiervoor ligt waarschijnlijk in het feit dat er in de Oosterschelde weinig of geen verontreinigd slib wordt afgezet. Voor de

gehalten aan kwik, cadmium en PCB's in mosselen blijkt dit echter niet veel uit te maken. Blijkbaar is het gehalte in het water in hoofdzaak bepalend voor het gehalte in de mosselen. In hoeverre deze lage concentraties van verontreinigingen ook van enige invloed zijn op bijvoorbeeld groei, voortplanting en gezondheid van mosselen en andere organismen, is niet precies bekend. Een feit is wel dat mosselen in de monding uitstekend groeien. De toekomstige verontreinigingssituatie in de Oosterschelde wordt vooral bepaald door de ontwikkeling van de water- en slibkwaliteit van de Rijn en de Maas, die zich nu positief laat aanzien, en de eventuele wijzigingen in het verspreidingspatroon van Rijn- en Maaswater en het daarin aanwezige slib door morfologische ontwikkelingen in de Voordelta.

Samenvattend kan gesteld worden dat de waterkwaliteit in de Oosterschelde goed is, en tamelijk constant. Enige invloed van verontreinigd Rijn- en Maaswater, via de Volkeraksluizen zowel als door het kustwater is wel merkbaar. De kwaliteit van de onderwaterbodem is ook goed.

Na 1987 zijn voorzover nu te voorzien geen negatieve ontwikkelingen te verwachten. Wel treden er waarschijnlijk enkele veranderingen op, zoals grotere helderheid en zeker een geringere belasting met voedingsstoffen. De effecten hiervan op de primaire productie zijn nog niet precies bekend. Wat betreft de verontreiniging van water en bodem met zware metalen en organische verontreinigingen is wellicht nog enige verbetering van de al goede kwaliteit te verwachten, mede afhankelijk van de ontwikkeling van de Rijn- en Maaswaterkwaliteit. Onduidelijk is nog of er in de toekomst morfologische ontwikkelingen in de Voordelta zullen optreden die de water- en bodemkwaliteit in de Oosterschelde kunnen beïnvloeden.

Tabel 8. Gemiddelde kwik- en cadmiumgehalten in mosselen (1978 t/m 1983) uitgedrukt in mg per kg nat gewicht.

	Kwik	Cadmium
Mond Oosterschelde	0,055	0,27
Mond Westerschelde	0,057	0,69
Kust Noordwijk	0,058	0,82
Westelijke Waddenzee	0,057	0,21

Tabel 9. Kwik en cadmium in water en bodem van de Oosterschelde en de Westelijke Waddenzee. De bodemgehalten zijn gecorrigeerd voor het slibgehalte (50% 16 micron)

		Gehalte in water in g/l		Gehalte in de bodem in mg/kg	
		Monding Oosterschelde 1981-1983	Den Helder 1981-1983	Monding Oosterschelde 1983	Balgzand 1981
Kwik	totaal	0,02	0,04	0,35	0,7
	opgelost	0,01	0,03		
Cadmium	totaal	0,14	0,19	0,7	1,8
	opgelost	0,09	0,13		

Samenvattingen

Evaluatie van de pijlerplaatsingen

Aan de nauwkeurigheid van de plaatsing van de pijlers in de Oosterscheldkering werden hoge eisen gesteld. In drie richtingen konden afwijkingen voorkomen van de theoretische positie: in de lengte- en de breedterichting, en als hoekverdraaiing. In alle drie de richtingen zijn de feitelijke afwijkingen zeer gering geweest. Omdat er weinig tegelmatten nodig waren om de hoogteligging van de pijlervoet te compenseren, kon worden ingelopen op het tijdschema.

Op een paar punten werd de aanpak in de Roompot gewijzigd ten opzichte van die in de Hammen en de Schaar: het betrof de stroombelasting op de verankering van de werkschepen, en de erosie en aanzanding onder de combinatie 'Ostrea'-'Macoma'.

De bronbemaling van de bouwput Schaar

Al in een vroeg stadium van de werken voor de Oosterscheldkering werd achter het centrale werkeiland een bouwput aangelegd voor de fabricage van pijlers en dorpelbalken. De bouwput bestond uit vier compartimenten die afzonderlijk konden worden drooggezet en geïnundeerd.

Hier was een omvangrijke bronbemaling voor nodig: de werkvloer lag 15 m beneden N.A.P. Voorafgaand onderzoek gaf inzicht in het geologisch profiel en het te verwachten waterbezwaar. Voor het droogmalen van de bouwput waren ruim 300 bronputten nodig, waarvan er vijftientwintig reikten tot N.A.P. -61 m. Toen de eerste compartimenten werden geïnundeerd om de pijlers te kunnen wegvaren, moesten er in de delingsdijken nog pompen

worden bijgeplaatst. De hele bronnering heeft zeseneenhalf jaar dienst gedaan. Tegen die tijd was de installatie ongeveer versleten.

Ijsvorming en ijsbewegingen in het Oosterscheldebekken gedurende de winter van 1984 op 1985

In januari en februari 1985 zijn er in Nederland twee strenge vorstperiodes geweest. Sinds 1963 was zo'n ijstoestand niet meer voorgekomen. De ontwikkelingen zijn met het oog op de stormvloedkering nauwlettend gevolgd. In feite hoefden uit voorzorg alleen een aantal meetpalen tijdelijk te worden ontmanteld.

Het proces van ijsvorming verloopt in zout water anders dan in zoet. Het zout wordt aanvankelijk ingesloten in de ijskristallen; bij temperaturen lager dan -8°C kristalliseert het uit.

Het is de cumulatieve afkoeling die de ijsvorming bepaalt. In de getijdewateren kan het ijs door de stroom worden meegevoerd en zelfs opgestapeld. Op de Oosterschelde kwam veel drijfijis voor in geconcentreerde banen, zoals vanuit vliegtuigen werd waargenomen. In de tweede vorstperiode kwam de ijsvorming veel sneller tot stand, als gevolg van de koudere aanvangstoestand van het water. Deze periode was zeer droog, het ijs werd harder, en kon zich na het invallen van de dooi nog betrekkelijk lang handhaven.

Onderlooptheid

Verval over een waterbouwkundige constructie brengt een waterstroming op gang, die ook bodemzand kan meevoeren; dit bedreigt de standzekerheid van de constructie. De uitschuring verloopt meestal in meanderende geulen. Bij de stormvloedkering in de Oosterschelde wordt het verval opgewekt door waterstandsverschillen en door de golfbeweging. Als probleemgebieden onderscheidt men het gebied onder en vlakbij de pijlers, en een overgangsconstructie verderop. Onder de pijlers ligt ter beteugeling van de onderlooptheid een funderingsmat. Als die op een onvlakke, ribbelige bodem wordt gelegd, is het gevaar van onderlooptheid niet bezworen. Bovendien kan het doek van de mat door ouderdom stuk gaan. Iets soortgelijks geldt ten aanzien van de bovenmat.

Het antwoord op de onderlooptheidproblemen hier is vooral gevonden in het vooraf vlak zuigen van de bodem en het schoonzuigen van de matten, en in verdichting van de matten met een trilbalk of -plaat.

Bij de overgangsconstructie zijn de problemen minder groot.

De Roompotsluis

De Roompotsluis zou aanvankelijk in de uitvoeringsfase van de Oosterschelde-kering alleen functioneren ten behoeve van het scheepvaartverkeer met werkschepen, maar later is besloten hem ook meteen bruikbaar te maken voor vissers en recreanten. De hydraulische randvoorwaarden zijn dezelfde als die voor de stormvloedkering. Tien keer per jaar drie uur stremming van de sluis wordt aanvaardbaar geacht. De schutkolk wordt 100 m lang, en 16 m breed; de drempel ligt op N.A.P. -5,70 m. De kolk wordt afgesloten met roldeuren. Inmiddels is besloten tot een vaste overbrugging van de sluis, op N.A.P. +22 m.

De sluiting van het Marollegat

De zandsluiting van het Marollegat in de Oesterdam is voltrokken in de zomer van 1985. *Het was een vrij eenvoudig werk, dat gebruikt is om metingen te doen met het doel de processen te verhelderen die bij zo'n sluiting optreden.*

Men heeft gebruik gemaakt van werkbaarheidsmodellen en van een voortgangsmoedel. Uit de resultaten kwamen aanwijzingen naar voren voor de benodigde materieelinzet, en ten aanzien van de storthellingen, zuigerproductie en korreldiameter. Er zal een volledige rapportage van worden opgemaakt. Gebleken is al dat het verschijnsel 'mengselstroom' er anders uitziet dan tot nu toe werd aangenomen. Het sluitgat, dat gebouwd werd op een grondverbetering, is eerst van noord naar zuid, en toen vanuit de tegenovergestelde richting gedeeltelijk dichtgezet. In de laatste fase werden perkaden opgezet, waartussen het gat werd volgespoten.

De waterkwaliteit van de Oosterschelde

Sinds de afsluiting van het Volkerak in 1969 staat de Oosterschelde niet meer in open verbinding met de sterk verontreinigde rivieren Rijn en Maas. De waterkwaliteit van de Oosterschelde wordt sindsdien voornamelijk bepaald door lozingen via de Volkeraksluizen, poldergemeentjes en de Brabantse rivieren, door de uitwisseling met het kustwater, en door processen in de Oosterschelde zelf. De inlaat via de Volkeraksluizen en vanaf de Brabantse riviervjes wordt gehouden op 50 m³/s. Na het gereedkomen van de comparti-

menteringsdammen neemt de waterbelasting af met 45% en de belasting met nutriënten met 50%.

De invloed van het kustwater op de Oosterschelde is erg groot. Langs die weg bevindt zich in het bekken doorgaans toch nog 10% Rijn- en Maaswater, dat via stromingen langs de kust wordt aangevoerd. Deze invloed kan na 1987 mogelijk afnemen als gevolg van nieuwe morfologische ontwikkelingen op de Voordelta. De ontwikkelingen na 1987 zullen ook verder waarschijnlijk enige verbetering tot gevolg hebben van de kwaliteitsparameters.

Summaries

Evaluation of the placement of the piers

High demands were made where accuracy was concerned in the placement of the piers in the Oosterschelde barrier. Deviations from the theoretical positions might occur in three directions: in the length and in the breadth and also in angle distortion. Actually the deviations turned out to be extremely small in all three directions.

The time table was able to be maintained as only a few tile mats were needed to compensate for the angle distortion of the pier base. With regard to the Hammen and the Schaar a couple of points were altered in tackling the Roompot. These concerned the weight of the current on the mooring of the service vessels, and the erosion and silting under the 'Ostrea'-Macoma-combination.

Deep-well pumping of the construction pit Schaar

A construction pit had already been laid behind the central work island for the manufacture of the piers and sill beams at an early stage of the Oosterschelde barrier works. The construction pit consisted of four compartments which could be drained and inundated separately. For this an extensive deep-well pumping system was necessary. The work floor lay at 15 m below M.S.L. Previous research had provided insight into the geological profile and the necessary water right to be expected. A good 300 deep-wells were necessary for drainage of the construction pit, of which 25 reached M.S.L. -61 m. Pumps had to be added in the partition dikes when the first compartments were inundated to enable the piers to be

tugged away. The entire deep-well pumping system served for six and a half years. By that time the installation had just about worn out.

Ice formation and ice movement in the Oosterschelde mouths during the winter of 1984-1985

There were two periods of hard frost in the Netherlands in January and February 1985. Such ice conditions had not occurred since 1963. Bearing in mind the storm surge barrier developments were followed with great accuracy. In fact the only precaution necessary was the temporary dismantlement of a number of measuring poles.

The ice formation process progresses differently in salt water than it does in fresh water. At first the salt becomes enclosed in the ice crystals. It crystallizes out at temperatures lower than -8°C . It is the cumulative cooling off which determines the ice formation. In tidal waters the ice can be carried along by the current and even pile up. Much floating ice was observed from aeroplanes in concentrated channels of the Oosterschelde. In the second period of frost ice formation developed far more rapidly as a result of the water already being colder. This was a very dry period, the ice became harder and after the onset of the thaw it persisted for a relatively long time.

Piping

A drop with a hydraulic construction causes a water current which may also transport with it riverbed sand. This threatens the stability of the construction. The scouring then usually runs in meandering channels. In the case of the storm surge barrier drop is provoked by differing levels and wave movement. Problem areas are located under and in the near proximity of the piers and at a transitional construction further up. A foundation mat has been laid under the piers so as to check for piping. If this is laid on an uneven ribbed surface then piping can still occur. Moreover, the fabric of the mat can fall apart with age. Much the same applies to the upper mat. The answer to this problem of piping has been found in levelling the riverbed by suction and sucking clean the mats, and in the compaction of the mats with a vibration beam or sheet. The problems are less in the case of the transitional constructions.

The Roompot lock

During the execution phase of the storm surge

barrier the Roompot lock was initially intended to function only in order to meet the needs of shipping for the works, but later it was decided to make it available for fishing boats and also for recreation. The hydraulic marginal conditions are the same as for the storm surge barrier. Three hours of blocking the locks ten times a year is considered acceptable. The lock chamber is 100 m long and 16 m wide. The sill lies at M.S.L. -5,70 m. The chamber is closed by sliding doors. In the meantime it has been decided to build permanent bridging over the lock at M.S.L. +22 m.

The closure of the Marollegat

The sand closure of the Marollegat in the Oesterdam was completed in the summer of 1985. It was a fairly simple job and it has been used for making measurements with a view to clarifying the processes which occur with a closure of this kind. Use has been made of workability models and of a progress model. From the results an indication was obtained as to the necessary equipment input, and with regard to the slopes, piston production and grain diameters. A full report will be made on this.

It is already apparent that the phenomenon 'sand- and waterflow' looks different to what has been assumed up till now.

The closure gap, which was built on a soil-improvement, has been partially closed first from north to south and then going in the opposite direction. In the last phase auxiliary dikes were set up, in between which the gap was filled.

The water quality of the Oosterschelde

Since the closure of the Volkerak in 1969 there is no open connection between the Oosterschelde and the highly polluted Rhine and Maas rivers. Since then the water quality of the Oosterschelde is being determined mainly by water passing through the Volkerak sluices, the polders and the rivers of Brabant, by the exchange with coastal waters and by processes in the Oosterschelde itself. The intake via the Volkerak sluices and from the rivers of Brabant is kept to 50 m³/s. On completion of the compartment dams the water load will decrease by 45% and the nutrient load by 50%.

The influence of the coastal water on the Oosterschelde is very big. Generally, 10% Rhine and Maas water is still to be found in the estuary, carried along the coast by the currents. This influence may possibly decrease after 1987 as a result of new morphological developments on the Voordelta.

The developments after 1987 will probably result in some improvement in the quality parameters.

Vorderingen

in de periode
1 oktober 1985–1 januari 1986

Philipsdam

Men is bij de Krammersluizen thans bezig met het aanleggen van kabels en het plaatsen en bedraden van apparatenkasten voor de elektrische installatie. Het werk verloopt volgens plan, evenals het schrijven van programmatuur en de aanmaak van apparatuur voor de regelinstallatie. De betrouwbaarheidsanalyse voor de regeling is gereed.

Voor de radarinstallatie werden de eerste onderdelen al geleverd. In verschillende gebouwen op het sluisencomplex is men klaar gekomen met het monteren van bovenloopkranen. Men is thans bezig met de montage van de bewegingswerken voor de roldeuren in de sluishoofden. Zes hoofdschuiven voor de in-, uit- en doorlaatrollen zijn gereed, en de eerste serie wandafdichtingsschuiven is in productie genomen. Negentig wandschuiven werden al geleverd.

Ook in fabricage zijn de onderhoudsschuiven voor de uitlaatwerken van het duwvaartsluizengemaal en die voor het gemaal en het doorlaatwerk van de jachten-sluis.

De eerste dukdalven voor de toeleidingswerken naar de sluisen werden geheid; de fabricage van onderdelen voor dit werk ligt op schema. De koppen die ontstonden bij de doorgraving van de ringdijken tussen de duwvaartsluizen en de voorhaven, konden worden afgewerkt. Ook werd

het damvak Slaak aangelegd en nagenoeg afgewerkt.

Oosterdam

Op 2 mei was het cunet voor het damvak Speelmansplaten II/Marollegat gereed. Daarna kon het Marollegat worden gesloten, op 6 juni. Vervolgens werden de koperslablokkenglooing en de betonblokkenglooing aangebracht. Eind 1985 was ook de kleibekleding gereed.

Begin oktober kon de bouwput van de Bergse-Diepsluis worden geïnundeerd. Het betonwerk werd opgeleverd op 5 december. Opdracht is gegeven tot de fabricage van deuren en bewegingswerken voor de sluis. Ook werd een begin gemaakt met de vervaardiging van een basculebrug. Met remmingwerken en visbootsteigers werd een begin gemaakt op 20 september.

Bathse Spuikanaal

De natte ontgraving van het Bathse Spuikanaal is gereed. De zuigers die dit werk uitvoerden, zijn eind november afgevoerd. Wat nog resteert wordt meegenomen in het tweede baggerbestek.

Twee elevatorbakken en een ponton werden het Spuikanaal binnengebracht om de bodem te bestorten met fosforslakken 40–200 mm. Midden februari kan dit werk klaar zijn. In de machineruimte van de Bathse Spuisluis werden elektrische kabels gemonteerd en een verwarmingsinstallatie opgesteld.

Stormvloedkering

We sluiten hierbij een jaar af waarin een grote hoeveelheid werk werd verzet, en waarin de bouw van de stormvloedkering in de Oosterschelde enorm is opgeschoten.

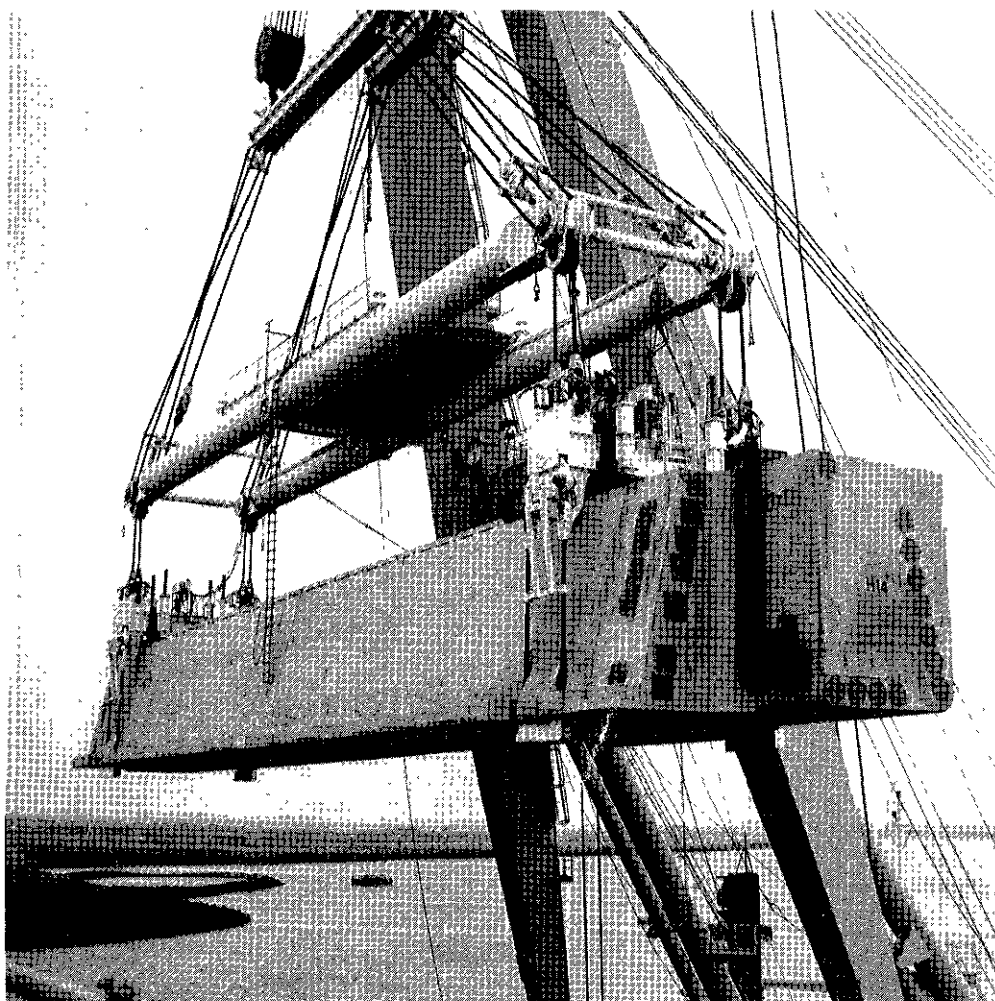
Tegelijk heeft de inkrimping ingezet van de bouwactiviteiten en daarmee van het personeelsbestand van zowel de Rijkswaterstaat als de aannemers. Om de ingebruikstelling van de Oosterscheldkering op feestelijke wijze te vieren is een werkgroep ingesteld die dit evenement gaat voorbereiden.

We geven nu een overzicht van de voortgang van het werk. De drempel is gereedgekomen, inclusief de toplagen. De 'Trias' is sedertdien bezig met het aanbrengen van aanstortingen tegen de dorpelbalken. Aan de Noordzezijde bestaat die bestorting uit betonblokken van 1 en 2 m³, aan de Oosterscheldkant uit breuksteen van 1 tot 3 ton, 3 tot 6 ton of 6 tot 10 ton; hier en daar worden steenasfaltklompen aangebracht van 25 ton.

De bovenbalken daargelaten is de productie van betonnen elementen afgelopen. De bouw van bovenbalken verloopt volgens plan. De verkeerskokers en hamerstukken zijn nu allemaal geplaatst en afgemonteerd.

In de Hammen en de Schaar zijn alle dorpelbalken op hun plaats gebracht en vastgezet; ook werden er al negen aangebracht in de Roompot. De overige 22 daar worden geplaatst in het voorjaar van 1986.

Begin december werd een proefserie bovenbalken geplaatst in de Hammen. De proef was een succes. Er zullen uitkragingen worden aangebracht aan de verkeerskokers, met een breedte van vijf meter aan weerszijden. De betonnen flappen die men hiervoor wil gebruiken, zullen geprefabriceerd worden aangevoerd, en dan aan de verkeerskokers vastgemaakt. In de tweede helft van 1987 kan de autoweg over de verkeerskokers in gebruik worden genomen.

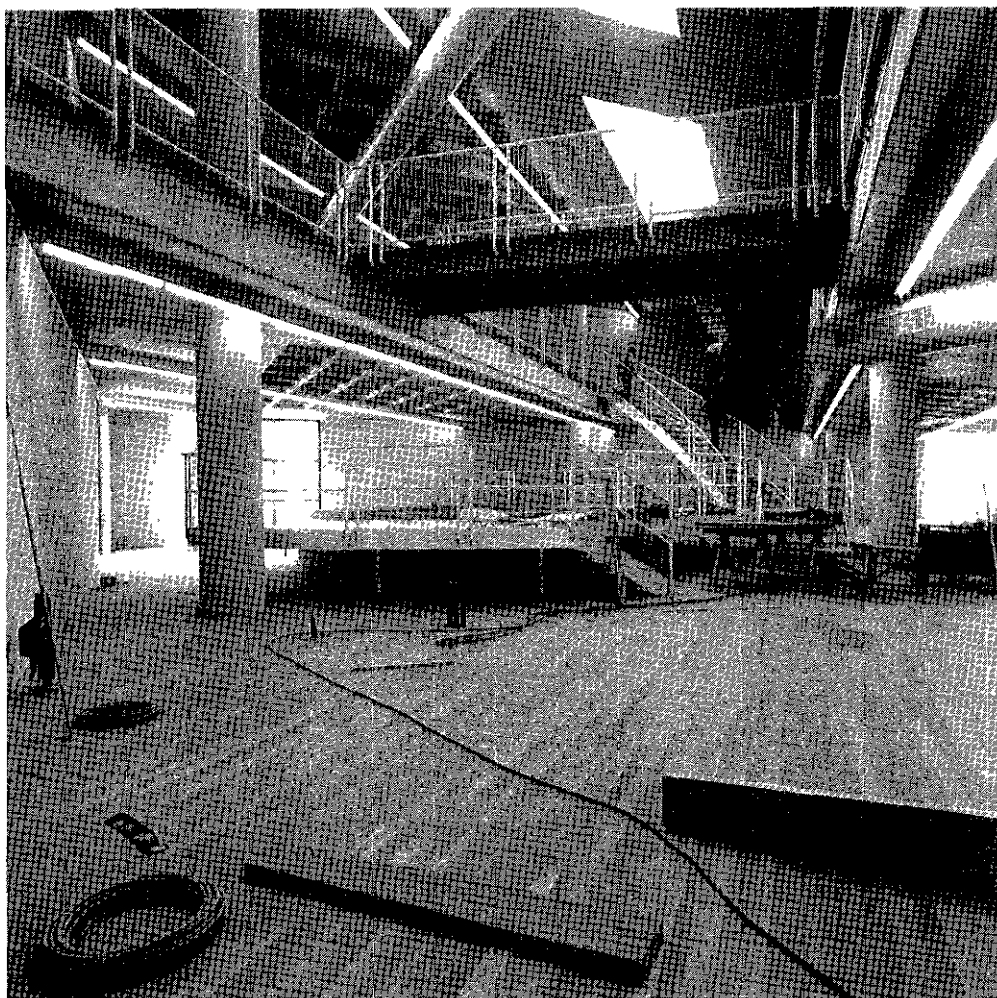


Plaatsing van een bovenbalk in de Hammen; december 1985

De materiaalproblematiek die was gerezen bij de schuiven voor de Oosterscheldekering, is diepgaand onderzocht. Van de schuiven die nog niet waren ingehangen zijn bepaalde onderdelen vervangen. Bij de reeds geplaatste schuiven kon worden volstaan met een zorgvuldige nabewerking van de lassen, en wel ter plaatse. Een internationaal forum van deskundigen heeft de aanpak van de materiaalproblemen

en de conclusies van het onderzoek beoordeeld, en akkoord bevonden. In de produktie van schuiven is als gevolg van dit euvel enige vertraging opgetreden. Door extra inspanning blijkt het evenwel mogelijk de oorspronkelijke datum van aflevering van de schuiven aan te houden. Op acht schuiven in de Roompot na zijn ze nu alle geplaatst. De produktie van bewegingswerken is tot een eind gekomen. Tijdelijk moesten cilinders worden opgeslagen, als gevolg van de vertraging van de levering van de schuiven.

In het 'Ir. J. W. Topshuis' is het eerste gedeelte gereedgemaakt van de diesel-elektrische centrale voor de bediening van de schuiven. Overwogen is, dit deel ook te gebruiken voor de opwekking van energie voor de bouw van de kering. Maar uit een nadere beschouwing bleek dat de bouw en de beproeving van de nieuwe centrale aanleiding kan geven tot onderbrekingen in de energie-voorziening. Daarom is besloten de tijdelijke energiecentrale in bedrijf te houden tot oktober 1986. Bij het werken nabij de kering ondervindt men nu veel



Eerste tentoonstellings-verdieping in het 'Ir. J. W. Topshuis', met het getijdemodel in aanbouw

hinder van de toegenomen stroombelasting op ankervaat-
tuigen en boegbakken. Door
de stroomdruk op de ankerton-
nen worden op de bodem
lopende ankerkabels soms
verplaatst. Dit vergt verzwaar-
ing van de ballastgewichten en
kettingpeuren voor het vastleg-
gen van onbelaste, niet
gebruikte kabels. Gezocht
wordt ook naar een voldoende
stabiele verankering met
kettingpeuren of dergelijke
voor de meet- en duikvaartui-
gen die werkzaamheden
moeten uitvoeren boven de
bodembescherming.

Ook het duikwerk bij de kering
wordt door de toenemende
stroomsnelheden bemoeilijkt.
De duikwerkzaamheden
bestonden in deze periode
voornamelijk in het verwijde-
ren van beschermingsschotten
uit dorpelbalkspinningen; het
schoonmaken van die spinnin-
gen en de inspectie van de
schuifgeleidingen; inspecties
voor en na het plaatsen van
dorpelbalken; inspecties aan
ankervoorzieningen; en – zeer
frequent – inspectie van de
toestand van de bodembe-
scherming en van de kwaliteit
van nieuw aangebrachte

bestortingen van breuksteen. Omdat de inspectie van de bodembescherming soms noodzaakt tot dieper duiken dan N.A.P. - 40 m, is aan de Duikcombinatie Oosterschelde opdracht verstrekt een duikklok uit te rusten voor zulke zeer diepe opdrachten. Conventionele duikmethoden op deze diepten zijn uit veiligheidsoverwegingen niet meer toelaatbaar.

Naar aanleiding van de vorige keer gemelde schade aan de bodembescherming is een onderzoek ingesteld naar de schadegevoeligheid van blokkenmatten. De gebieden die als gevolg van de verankering van werkschepen bloot staan aan een verhoogd risico, werden geïnventariseerd. Bovendien werd getracht te achterhalen op

welke wijze de schade is of kan zijn ontstaan. De oorzaak is in elk geval van mechanische aard. Besloten is betere inspectiemethoden te ontwikkelen.

De overeenkomst voor de aanleg van een weg over de Oosterscheldekering is gereed. De aanbesteding vindt plaats op 14 januari 1986. Het ontwerp voorziet in een doorgaande weg met de mogelijkheid dit tracé op het damvak Neeltje Jans te verlaten, met de bedoeling het 'Ir W. J. Topshuis' te bezoeken, dan wel de binnen- of de buitenzijde van het damvak Geul. De kunstwerken in het tracé zijn in de verslagperiode in uitvoering genomen; ze komen klaar in de eerste helft van 1986.

Het definitieve kabel- en

leidingentracé kwam gereed, vanaf het noorden gerekend tot de Roompotsluis; in de eerste maanden van 1986 zal het gedeelte ten zuiden van de sluis worden aangelegd, zodat de stroomvoorziening, nodig voor het inregelen van de schuiven, op tijd gereed is. Er is enige belangstelling voor onderdelen van de werkschepen die in Rotterdam zijn opgelegd. De in de Oosterschelde opgelegde mattenrollen 'Ensis' en 'Twensis', 'Donax 2' en 'Dos 3' zijn verkocht, en zullen worden afgevoerd.

Een begin werd gemaakt met het afvoeren van overtollige keten, deels voor de verkoop, deels om elders te worden verbouwd en opnieuw te worden gebruikt.

