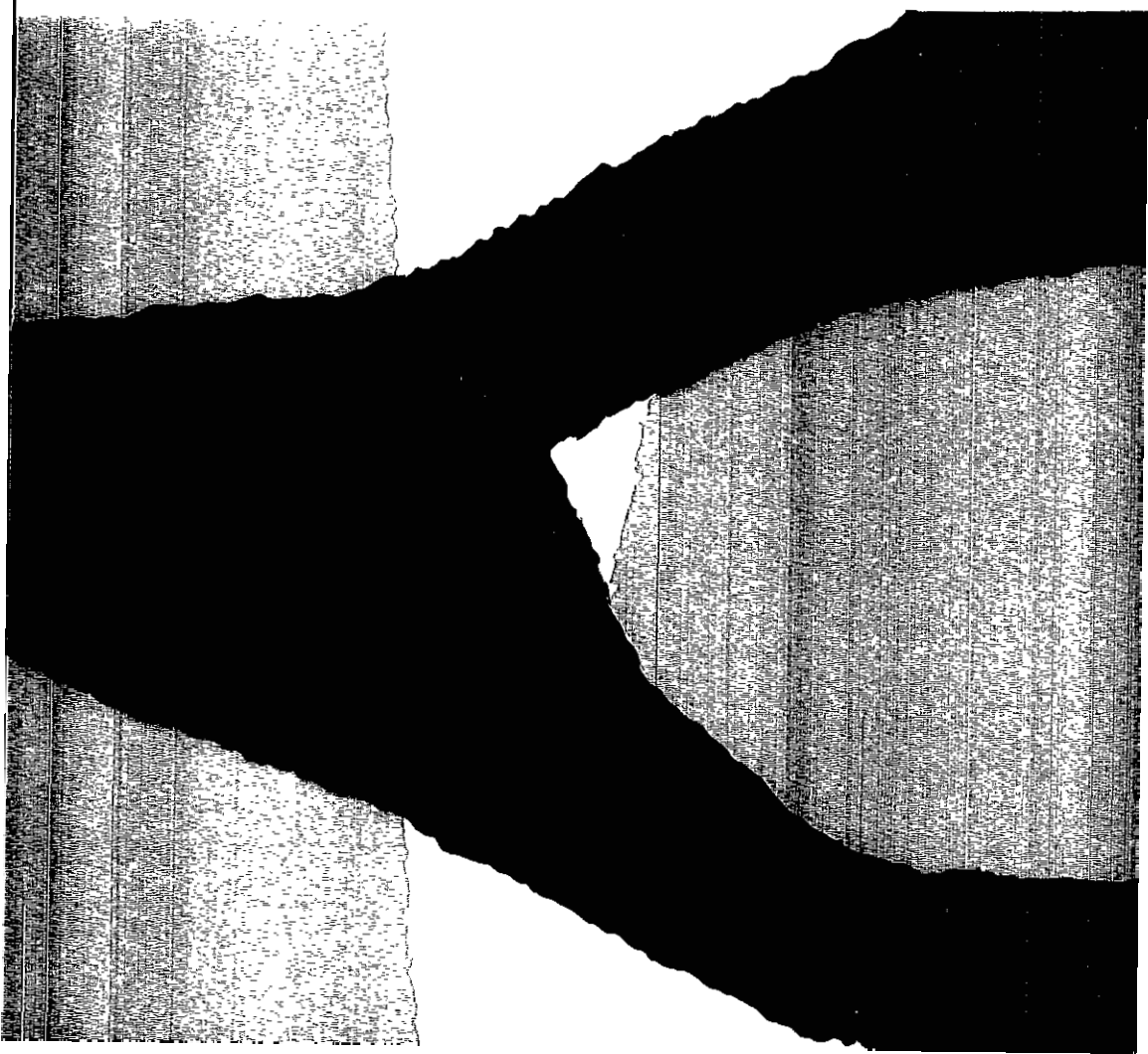


Driemaandelijks Bericht
nummer 92, mei 1980

deltawerken



Deltawerken

Redactie.

Deltadienst
Van Aikemadelaan 400
2597 AT 's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr Plantijnstraat 1
2515 TZ 's-Gravenhage

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

Inhoud

De internationale betekenis van het Deltagebied
als overwinteringsgebied voor vogels 63

Werken langs de kust 70

Het meten van algengroei in de
Deltawateren 75

Het zoutgehalte in de Oosterschelde
na 1985 80

Mosselaangroei in de Krammersluizen 85

Herstel van het contact tussen het Grevelingen-
meer en de Noordzee 92

Golfverwachtingen op de Noordzee en aan de
Nederlandse kust 98

Het toekomstige beheer van de stormvloed-
kering in de Oosterschelde 103

Samenvattingen/Summaries 109

Vorderingen 113





De internationale betekenis van het Deltagebied als overwinteringsgebied voor vogels

In de afweging rond de Deltawerken spelen ook zaken een rol die niet in geld zijn uit te drukken, zoals bijvoorbeeld veiligheid en natuurwaarde. Ten aanzien van de natuurwaarden wordt al lang gezocht naar waarderingsmethoden, die *kunnen dienen als instrument in de belangenafweging*. Vele van deze methoden zijn gebaseerd op zeldzaamheid, (on)vervangbaarheid, diversiteit, en zo meer. Zij komen in principe vrijwel alle neer op het sommeren van deelkwaliteiten tot een kwalitatief eindoordeel. Er zijn vele tientallen waarderingsmethoden in deze zin; geen enkele daarvan heeft echter een universele en internationaal aanvaarde toepassing gevonden. In de discipline van de ornithologie is in het begin der zeventiger jaren een discussie op gang gekomen die heeft geleid tot internationaal aanvaarde criteria en normen, die naast de conventionele kwalitatieve waarden, ook en vooral zijn gebaseerd op kwantitatieve gegevens.

De basis voor deze methode vormt de wens om over min of meer objectieve criteria en normen te beschikken aan de hand waarvan kan worden vastgesteld of een natuurgebied voor watervogels al of niet van internationaal belang moet worden geacht. De criteria en normen zijn vastgesteld op de regelmatig gehouden internationale Conferences on Conservation of Wetlands and Waterfowl.

Eén van de criteria luidt dat een gebied van internationaal ornithologisch belang is wanneer zich geregeld meer dan 1% van de geschatte fly-way-populatie van één of meer soorten watervogels in het gebied ophoudt. Dit is wel het meest stringente en objectieve criterium, omdat het is gebaseerd op kwantitatieve gegevens.

Onder een fly-way-populatie wordt verstaan het totaal aantal individuen van een soort die een bepaalde trekroute volgt. Een vogelsoort bijvoorbeeld, die in alle noordelijke toendragebieden broedt, kan verschillende fly-way-populaties hebben, bijvoorbeeld één langs de westkust en één langs de oostkust van Noord-Amerika, één over China en Japan tot Australië, één over Azië naar India en één van Azië over Europa, al of niet tot in Afrika. Per soort is dit verschillend. In figuur 1 zijn de belangrijkste najaarstrekkoutes van watervogels op het noordelijk halfrond aangegeven. De individuen van verschillende fly-way-populaties mengen zich niet of nauwelijks, ook al behoren ze tot dezelfde vogelsoort. Per soort moet nu voor zulk een fly-way-populatie een verantwoorde schatting worden gemaakt van het aantal individuen. Dat wordt gedaan aan de hand van de resultaten van de internationale watervogeltellingen die al vele jaren door het International Waterfowl Research Bureau worden georganiseerd over geheel Europa en grote delen van Afrika en Azië. In Amerika bestaat een vergelijkbare organisatie. Aan de hand van de schatting van de populatie kan nu voor elke vogelsoort waarvan voldoende gegevens voorhanden zijn, een één-procentsnorm worden bepaald. Bij de keuze van de norm speelde het aantal te selecteren gebieden een rol. Tien gebieden per soort werd een reeel aantal geacht. Dit bleek bij de keuze van 1% als norm gemiddeld het geval.

Voor gebruik in West-Europa zijn nu normen beschikbaar met betrekking tot 43 vogelsoorten. Deze normen worden in dit artikel gebruikt, voor zover ze althans van toepassing zijn op de soorten van het Deltagebied.

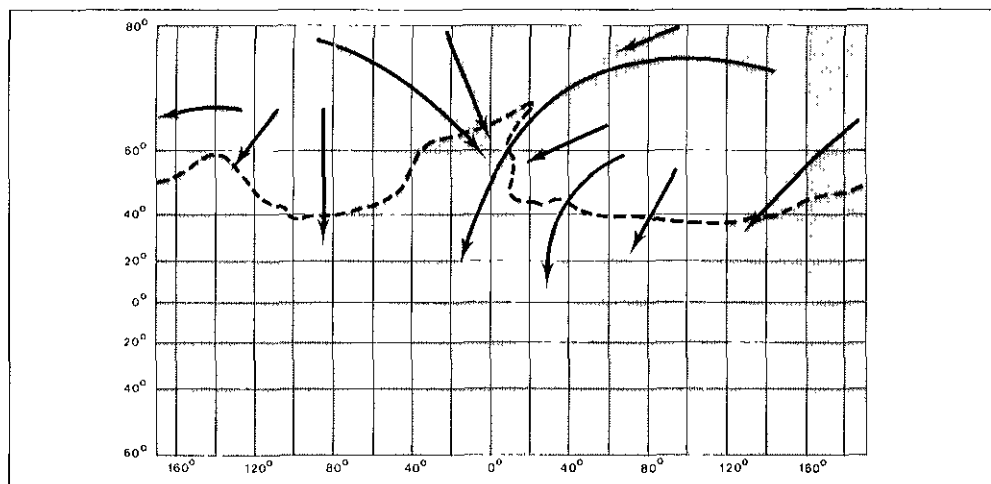
Voor al die vogelsoorten waarvan de aantallen in het Deltagebied hoger zijn dan de normaant-

tallen, is het Deltagebied dus van erkend internationaal belang. Van deze soorten zijn alle beschikbare vogelgegevens over de maand januari verzameld en zijn gemiddelde aantallen berekend over minstens de laatste drie jaar, doch veelal over zes jaar. Van 30 vogelsoorten bleken de gemiddelde januari-aantallen in het Deltagebied hoger dan de voor de soort geldende éénprocentsnorm. De resultaten van de evaluatie zijn in tabel 2 samengevat.

De totale normoverschrijding – dus de som van het aantal malen dat de norm werd overschreden – bedraagt voor het Deltagebied in januari ruim 250. Elk van de Deltabekken afzonderlijk blijkt zelfs in ruime mate aan de normen te voldoen.

In tabel 1 is per bekken alsmede voor enkele aansluitende gebieden aangegeven hoeveel soorten gemiddeld de norm overschrijden en hoe hoog de gemiddelde normoverschrijding is in januari

Fig.1. Najaarstrekkoutes van watervogels op het noordelijk halfrond. De gebroken lijn geeft de gemiddelde januari-isotherm van 0° weer



Hieruit blijkt dus dat niet alleen het Deltagebied als geheel, maar zelfs elk van de aangegeven bekkens of gebieden afzonderlijk een overwinteringsgebied voor watervogels is van internationale betekenis.

Zo beschouwd hebben deze cijfers voor de *niet-ingewijde slechts een beperkte betekenis*. Ze kunnen meer betekenis krijgen wanneer ze in groter verband met die van andere gebieden kunnen worden vergeleken. Voor 35 vogelsoorten waren voldoende gepubliceerde gegevens beschikbaar om een overzicht te maken van gebieden in West-Europa waar de normen in januari worden overschreden.

Dit overzicht kan niet geheel volledig worden gemaakt, omdat van sommige gebieden onvoldoende vogeltelgegevens beschikbaar zijn. Bovendien is de aard van de gepubliceerde gegevens soms zodanig, dat het moeilijk is om te concluderen tot betrouwbare cijfers voor een groter geheel. In de overzichtsartikelen van de resultaten van de internationale watervogeltellingen en aanvullende publikaties is gezocht naar gebieden die een functionele eenheid vormen, met oppervlakten tussen 1000 en 4000 km². De keuze van de grenzen van de beschouwde gebieden is arbitrair.

Er konden in West-Europa op deze wijze 55 gebieden worden gevonden waar de normaantallen van één of meer vogelsoorten in januari werden overschreden.

De resultaten van deze evaluatie zijn in figuur 2 weergegeven voor 5 soorten zwemeenheden, voor 10 soorten duikeneenheden met Meerkoet, voor 9 soorten ganzen en Kleine Zwaan, voor 11 soorten steltlopers en Bergeend en voor alle 35 vogelsoorten tezamen. Uit de figuren noteren we enige interessante feiten

Voor de vijf beschouwde soorten zwemeenden blijkt het Deltagebied de hoogste totale normoverschrijding in West-Europa te behalen. De Marismas G'quivir in Spanje volgt op de tweede plaats, maar is maar half zo belangrijk.

Voor de negen beschouwde duikeendoorten en de Meerkoet blijkt het IJsselmeer de hoogste normoverschrijding in West-Europa te behalen. De overige topgebieden in West-Europa voor deze soorten liggen alle in Denemarken. Voor de ganzen en zwanen blijken de Firth of Forth in Schotland en de Alborg Bugt in Denemarken de hoogste normoverschrijding te behalen. Hierna volgt het Deltagebied, terwijl ook het IJsselmeer en Friesland tot de topgebieden van Europa kunnen worden gerekend. Bij de ganzen zijn cijfers beschouwd van zeven soorten, die echter in dit verband worden onderscheiden naar in totaal 14 verschillende *fly-way-populaties*. In de Firth of Forth overwintert een groot deel van twee van zulke *fly-way-populaties*, en in de Alborg Bugt zelfs één *fly-way-populatie* in zijn geheel. Deze gebieden vervullen dus een volstrekte sleutelfunctie voor de betreffende populaties. En zo zijn er nog meer gebieden in West-Europa waar meer dan 50% van een *fly-way-populatie* overwintert.

Dit is niet zozeer het geval in de Nederlandse gebieden afzonderlijk, maar wel als men ze beschouwt als een totaal. Van de Kolgans overwintert gemiddeld meer dan 50% in Nederland; in strenge winters nog veel meer. Van de Rietgans is het gemiddelde 30%, maar in strenge winters ligt het ver boven de 50%. Van de Brandgans overwintert gemiddeld meer dan 70% van de Siberische populatie in Nederland. Ook voor de Kleine Zwaan is het gemiddelde aantal overwinteraars meer dan 50%. Voor de steltlopers en de Bergeend – ook een typische

Tabel 1. Overschrijding van de éénprocentnorm in het Deltagebied

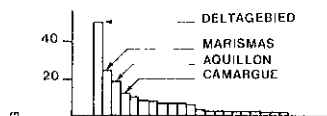
Bekken of gebied	Aantal soorten	Totale normoverschrijding
Haringvliet	2	33,0
Hollands Diep	3	5,0
Biesbosch	6	11,6
Krammer-Volkerak	3	5,0
Grevelingenmeer	3	5,3
Oosterschelde	17	65,6
Veerse Meer	6	14,8
Westerschelde	14	30,5
Voordelta	3	10,7
Binnendijkse gebieden Zuid-Holland	2	4,4
Binnendijkse gebieden Zeeland	5	28,8
Gehele Deltagebied	30	253,2

Tabel 2. Gemiddelde aantallen en normoverschrijdingen per soort in het Deltagebied

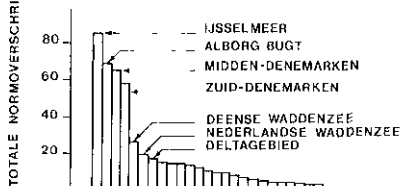
Soort	IWRB-norm	gem. jan aantal	aantal/ norm	indien groter dan 1, gemiddeld aantal/norm per bekken
Wilde Eend	10 000	58 000	5,8	Westerschelde 1,0
Wintertaling	2 000	11 300	5,6	Biesbos 1,6 – Westerschelde 1,7
Krakeend	50	117	2,3	Biesbos 1,0
Smient	5 000	53 500	10,7	Oosterschelde 2,4 – Veerse Meer 1,1 – Westerschelde 3,5
Pijlstaart	700	10 000	14,3	Biesbos 1,5 – Oosterschelde 5,7 – Westerschelde 5,4
Slobeend	200	1 700	8,5	Oosterschelde 4,4 – Veerse Meer 1,3 – Binnendijks Zeeland 1,3
Kurfeend	5 000	10 400	2,1	
Tafeleend	2 500	5 500	2,2	
Brilduiker	2 000	4 600	2,3	Grevelingen 1,0 – Veerse Meer 1,1
Zwarte Zeeëend	4 000	16 500	4,1	Voordelta 4,1
Middelste Zaagbek	400	4 550	11,4	Grevelingen 2,6 – Veerse Meer 8,0
Bergeend	1 250	10 200	8,2	Krammer Volkerak 1,1 – Oosterschelde 4,4 – Westerschelde 1,0
Grauwe Gans	400	6 500	16,3	Haringvliet 11,0 – Hollands Diep 1,2 – Biesbos 2,4 – Westerschelde 1,5
Kolgans	1 800	30 500	16,9	Hollands Diep 1,8 – Biesbos 3,1 – Oosterschelde 1,5 – Binnendijks Z H 3,4 – Binnendijks Zeeland 8,1
Rietgans	700	15 750	22,5	Biesbos 2,0 – Oosterschelde 4,3 – Westerschelde 1,4 – Binnendijks Z H 1,0 – Binnendijks Zeeland 12,1
Brandgans	500	15 500	31,0	Haringvliet 22,0 – Hollands Diep 2,0 – Grevelingen 1,7 – Oosterschelde 3,1 – Binnendijks Zeeland 1,2
Rotgans	1 300	7 500	5,8	Oosterschelde 4,3
Knobbelzwaan	1 200	1 300	1,1	
Kleine Zwaan	100	1 100	11,1	Oosterschelde 1,5 – Veerse Meer 2,2 – Binnendijks Zeeland 6,1
Meerkoet	10 000	40 000	4,0	Veerse Meer 1,1
Scholekster	6 500	106 600	16,4	Krammer Volkerak 2,8 – Oosterschelde 10,8 – Westerschelde 2,1
Zilverplevier	400	4 060	10,2	Krammer Volkerak 1,1 – Oosterschelde 5,3 – Westerschelde 2,8
Steenloper	200	2 290	11,5	Oosterschelde 4,2 – Westerschelde 3,1 – Voordelta 3,2
Wulp	3 000	9 050	3,0	Oosterschelde 1,6
Rosse Grutto	900	6 140	6,8	Oosterschelde 4,8 – Westerschelde 1,2
Tureluur	1 500	2 900	2,0	Oosterschelde 1,1
Kanoetstrandloper	3 500	21 000	6,0	Oosterschelde 3,2 – Westerschelde 2,5
Bonte Strandloper	13 000	73 700	5,7	Oosterschelde 3,0 – Westerschelde 2,0
Drieteenstrandloper	200	800	4,0	Voordelta 3,4
Kluut	250	340	1,4	
Totaal		531 600	253,2	

Brandganzen, net terug van de grote trek

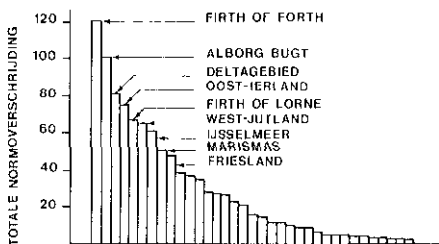




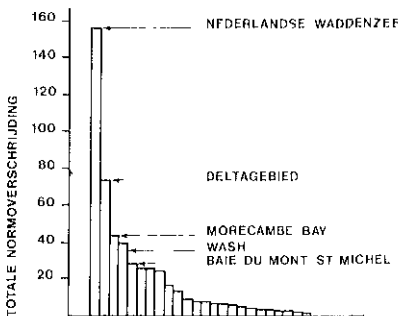
ZWEMEENDEN



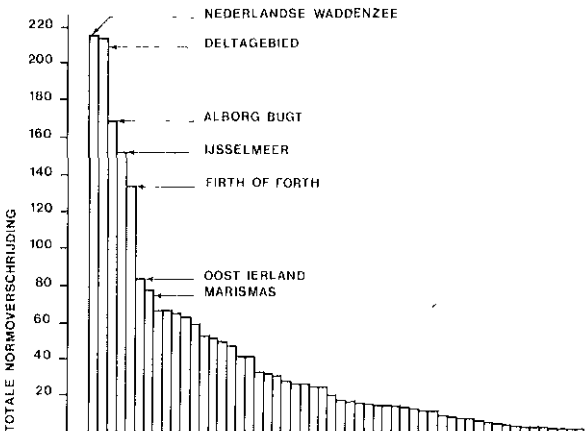
DUIKEENDEN EN OF MEERKOET



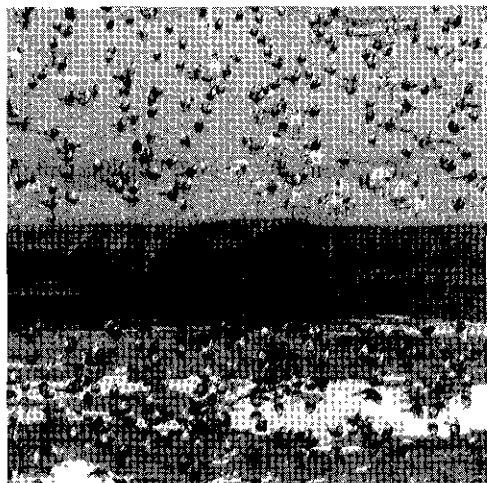
GANZEN EN OF KLEINE ZWAAN



STELTLOPERS EN OF BERGEEND



35 SOORTEN WATERVOGELS



Zwarte Sterns

Kolganzen

slikvogel – behaalt het Nederlandse Waddengebied veruit de hoogste score in West-Europa, gevolgd door het Deltagebied.

De aantallen overwinterende steltlopers in het Waddengebied worden voor zover bekend slechts op één plaats in de wereld overtroffen; dat is de Banc d'Arquin in Mauretanie.

Voor een aantal steltlopersoorten blijken Waddengebied en Deltagebied van eminent belang als overwinteringsgebied. Dit is onder andere het geval voor de Scholekster, de Zilverplevier, de Steenloper, de Wulp, de Rosse Grutto, de Ka-noetstrandloper en de Bonte Strandloper.

Wanneer de totale gemiddelde normoverschrijding van de 35 beschouwde vogelsoorten wordt bezien, dan blijken drie Nederlandse gebieden, de Waddenzee, het Deltagebied en het IJsselmeer, de hoogste normoverschrijding in West-Europa te behalen

De normoverschrijding van deze drie gebieden samen bedraagt ongeveer éénderde van het totaal dat in West-Europa kon worden gevonden. Over de doortrekfuncties van deze gebieden zijn helaas nog onvoldoende gegevens bekend om een soortgelijke evaluatie te kunnen maken.

Wel is reeds duidelijk, dat wanneer de doortrekfunctie van het Deltagebied mede in de beschouwing wordt betrokken, de totale normoverschrijding nog minstens anderhalf maal zo hoog wordt. Voor de Nederlandse Waddenzee zou dit mogelijk zelfs meer dan een verdubbeling van de totale normoverschrijding kunnen betekenen.

De Nederlandse watergebieden, en in het bijzonder de Waddenzee, het Deltagebied en het IJsselmeer, vervullen derhalve een zeer belangrijke functie voor het in stand houden van de watervogelpopulaties van de noordelijke toendra's van Canada tot in Oost-Siberië, en voor de watervogelpopulaties die broeden in Europa en de U.S.S.R. tot ver in Siberië.

Fig. 2. Totale overschrijdingen van de 1%-norm in het Deltagebied en enkele vergelijkbare gebieden in Europa

Wanneer wij spreken over een rivierdelta, denken we onwillekeurig aan de delta's van de Nijl en de Mississippi. De delta die in dit artikel wordt besproken, onderscheidt zich van alle andere soorten delta's doordat ze volledig onder water ligt. Het voorvoegsel 'voor' duidt erop dat we hier niet te maken hebben met een normale delta maar met een delta aan de zeezijde van een onderbroken lagune-kust; aan de landzijde bevindt zich eventueel een 'achterdelta', zoals bij het Waddengebied. De termen binnen- en buitendelta worden ook wel gebruikt.

Doordat in het Deltagebied geen lagune aanwezig is, vinden we daar ook geen binnendelta. De voordelta bestaat uit een stelsel van banken en geulen. Zeewaarts wordt ze ongeveer begrensd door de dieptelyn N.A.P. - 12,5 m. Aan de Noordzezijde van deze grens lopen de dieptelijnen voornamelijk in N.O.-Z.W.-richting. Landwaarts onderscheiden we een complex stelsel van dieptelijnen, waarvan de hoofdrichtingen worden bepaald door de geulen van het estuariene stroomsysteem. Om inzicht te krijgen in het verschijnsel voordelta is het nodig dat het ontstaan van de Deltakust kort wordt belicht.

Van oudsher speelden de volgende randvoorwaarden een rol in het Deltagebied: relatieve zeespiegelrijzing, zandige kust, rivieren, golven en getij. Op een gegeven moment kon hier een kustwal ontstaan met daarachter een lagunengebied in allerlei stadia van verlanding. Wat de eindtoestand van zo'n wadgebied is, hangt af van de omstandigheden. Overtreft de zeespiegelrijzing de sedimentatie, dan blijft het een waddenze. Gaat de sedimentatie overheersen, dan wordt het waddengebied ondieper, terwijl zich langs de randen slikken en schorren vormen die de breedte van de lagune verminderen. Brengen de rivieren veel slib in het gebied, dan kan op een gegeven tijdstip op de hoogste punten veen groeien. In sommige gevallen kan het gehele gebied verlanden en tenslotte een hooggelegen veengebied worden. Langs de Nederlandse kust treffen we in het noorden een waddenze aan, met langs de randen kwelders. Zuidelijker vinden we het grote Hollands-Utrechtse veengebied, dat een volledig verlandte lagune is. Aan het begin van onze jaartelling heeft het gebied van de Zeeuwse en Zuidhollandse eilanden een vrijwel aaneengesloten

Werken langs de kust

kustwal gehad, met daarachter een gesloten veendek. Het veenlandschap lag betrekkelijk veilig achter een brede kustwal met duinen. Deze kustwal werd wel eens doorbroken. Een eerste gevolg van een breuk kan zijn dat het milieu verzout. Hierdoor komt de veengroei tot stilstand, en tijdens stormen zal het veen wellicht aan afkalving onderhevig zijn. Juist in perioden met een grote stormfrequentie verliest het land het van de zee. De grote motor bij de instandhouding van de zeegaten is het getij. Door het grote kombergingsgebied trekt tweemaal daags een grote hoeveelheid water in en uit het bekken. Dit gaat gepaard met zulke hoge snelheden dat grote hoeveelheden zand heen en weer worden getransporteerd. Het zand dat vrijkomt bij het ontstaan van de zeegaten, wordt door de monden in zee afgezet; daaruit ontstaat dan de voordelta.

De koppen van de eilanden

Sinds de 10e of 11e eeuw heeft de mens in toenemende mate zijn invloed doen gelden op het verloop van de kustlijn. Door de bedijking van de rivieren vond men een veiliger bestaan, maar elimineerde tegelijkertijd de ophogende werking van een overstromende rivier. Tevens ontwaterde men de oorspronkelijke veengebieden, waardoor de bodem als gevolg van inklinking lager kon komen te liggen dan de rivieren. De noodzaak om de dijken te handhaven is met het toenemen van de bevolking steeds groter geworden, er was immers geen weg terug. Hetzelfde geldt voor het Deltagebied. Sinds zo'n 1000 jaar geleden de huidige duinenrij is ontstaan, heeft de bevolking zich daarachter zodanig uitgebreid, dat er voor de duinen geen ruimte is om zich aan te passen aan natuurlijke

schommelingen. Door beplanting van de duinen kunnen zij, indien de kust terugschrijdt, zich niet meer in landwaartse richting verplaatsen. In dergelijke tijden wordt de duinenrij aan de zee kant geerodeerd en wordt zij niet aan de landzijde uitgebouwd, met als logisch gevolg dat ze steeds smaller wordt.

Het is evident dat het Deltagebied zich in een dergelijke situatie bevindt. Uit meetgegevens blijkt dat de westkant van Schouwen in de laatste eeuw plaatselijk 500 m landwaarts is verplaatst. De maximale achteruitgang van 5 m per jaar neemt af in de richting van de noordelijke damaanzet van de Oosterscheldewerken. Omdat de erosie op Schouwen zich afspeelt ter plaatse van een zeer breed duingebied, is het tot nu toe niet noodzakelijk geweest om speciale voorzieningen te treffen ten behoeve van de hoogwaterkering. Wel zijn hier de laatste jaren

op het strand paalschermen aangebracht om de zandbeweging enigszins te beperken. Het eiland Walcheren neemt in dit verband een speciale plaats in. De kustachteruitgang is hier betrekkelijk gering; ze bedraagt slechts één tot hooguit enkele meters per jaar. Omdat het duingebied op dit eiland veel minder omvangrijk is dan op Schouwen en Goeree, was het al geruime tijd geleden noodzakelijk om hier verdedigingsmaatregelen te treffen.

Het is interessant om een vergelijking van de ontwikkeling van de kust te maken tussen de situaties zonder Deltawerken, bij volledige afsluiting en bij het huidige plan met de bouw van een stormvloedkering in de Oosterschelde

Door refractie van de golven worden de in zee uitstekende delen van het land zwaarder aangevallen dan de rechte kust. Indien de zeearmen





Fig. 1. Nederland omstreeks het jaar 1400

niet zouden worden afgesloten, zou de golfaanval op dezelfde manier voortgaan met het eroderen van de koppen van de eilanden. Uit peilingen blijkt dat het geerodeerde materiaal zowel in noordelijke als zuidelijke richting langs de kust van de eilanden wordt getransporteerd, en op enige afstand van de koppen sedimenteert. Deze aanzandingsgebieden, zoals de Kwade Hoek en de Punt van Goeree op Goeree en het Breezand op Walcheren blijven beperkt in omvang, aangezien zij grenzen aan diepe getijgeulen. Als deze aanzandingsgebieden volgesedimenteerd zijn, zal het zand zich niet meer daar afzetten, maar verdwijnen in de geulen en elders worden afgezet.

Vermoedelijk zou het erosieproces aan de koppen van de eilanden dus, indien er geen maatregelen waren genomen, bij open zeegaten ongestoord zijn doorgegaan.

De menselijke bedijkingsactiviteit in een periode zonder motorkracht



Was het gekomen tot totale afsluiting van de zeearmen, dan zouden zich vier processen zijn gaan afspelen. In de eerste plaats wordt er in deze situatie geen zand meer aangevoerd vanuit het bekken naar de voordelta. Het gevolg hiervan is dat de voordelta-rand in landwaartse richting opschuift. In de mond van het Haringvliet is dit proces duidelijk waarneembaar. Hier ontwikkelt zich in hoog tempo de Hinderplaat: het lijkt alsof zich een soort kustwal ontwikkelt met daarachter een lagune. In de tweede plaats worden de stroomsnelheden in de oude getijgeulen zeer sterk gereduceerd, zodat dit potentiële sedimentatiegebieden worden. Het blijkt dat de geulen voor het Haringvliet en de Brouwersdam zich verondiepen met 4 dm per jaar, voornamelijk door de afzetting van fijn materiaal. In de derde plaats zal het zand dat van de koppen van de eilanden wordt geërodeerd, niet

meer door de stroom in de getijgeulen verdwijnen, de sedimentatiegebieden zullen zich uitbreiden. In de vierde plaats zullen de maximale stroomsnelheden gaan optreden bij lagere waterstanden. Ook de ribbelvorming en de daarbij behorende zandaanvoer speelt zich af op een lager niveau. Dit heeft weer tot gevolg dat bij hogere waterstanden de erosie door golfwerking kan gaan overheersen, waardoor de hogere delen van de zandplaten worden verlaagd. Het geërodeerde materiaal zal in de diepere geulen worden afgezet. Als voorbeeld kan de Middelplaat voor de Brouwersdam genoemd worden, die sinds de afsluiting jaarlijks 1,5 dm groeit. Resumerend: verwacht kan worden dat het overgebleven mondingsgebied na volledige afsluiting van het zeegat met een dam relatief snel zou zijn aangezand, vooreerst in de geulen, later ook tegen de dam aan. Dit proces zou doorgaan tot-

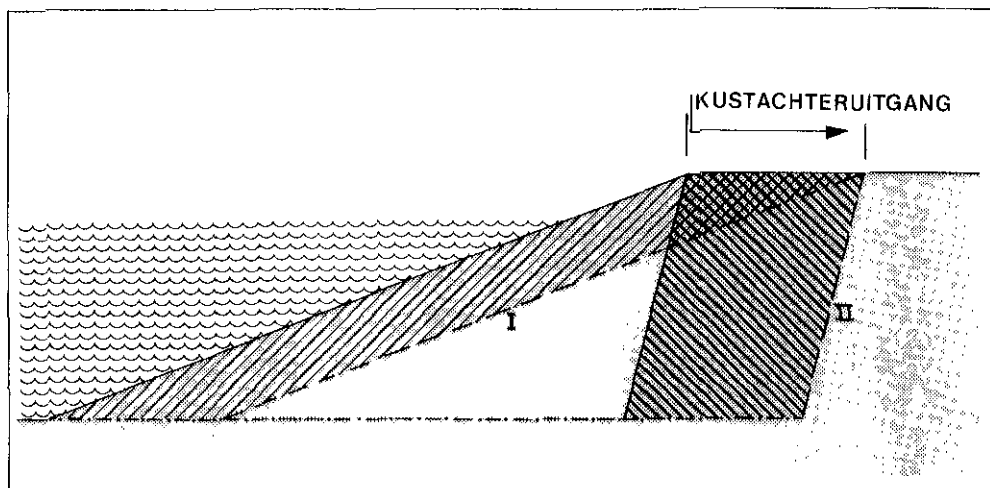


Fig. 2 Verschillende mogelijkheden van kustachteruitgang. Het grondverlies is in I even groot als in II

dat er een rechte kust was ontstaan. De vraag of de koppen van de eilanden extra erosie zouden ondergaan tengevolge van de afsluiting, blijft nog te beantwoorden over. De volgende overwegingen spelen daarbij een rol. Als er geen veranderingen optreden zeewaarts van de koppen van de eilanden, zullen de golfbrandvoorwaarden zich ook niet in belangrijke mate wijzigen. Voor de dammen zal zich dan een kustboog ontwikkelen. Het proces van rechtektrekking van de kust zal steeds langzamer verlopen, immers de gradienten in het zandtransport hangen nauw samen met de vorm van de kustboog. Het gevolg hiervan is dat het erosieproces bij de koppen van de eilanden gaandeweg trager verloopt. Dit alles onder de veronderstelling dat de situatie van het voorland stabiel blijft. Reeds eerder is echter al duidelijk gemaakt dat zich zand van de voordelta in landwaartse richting zal verplaatsen. Het omslagpunt ligt momenteel globaal op de dieptelijn van N.A.P. - 6 meter; onder deze dieptelijn treedt erosie op, daarboven sedimentatie, vooral in de geulen.

Bij versmalling van het ondiepe voorland, dat ligt op ongeveer N.A.P. - 5 m, moet de golfenergie ook op een smaller gebied worden verspreid. Dit behoeft echter niet te betekenen dat de kustachteruitgang versterkt wordt (fig. 2).

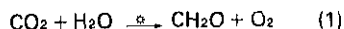
De bouw van de stormvloedkering zal voor het kustgebied een situatie oproepen die ligt tussen volledige afsluiting en volledige openheid van de Oosterschelde. De stroomsnelheden zullen afnemen. Op 12 km zeewaarts van de stormvloedkering zal de invloed ervan op de stroomsnelheden nihil zijn. Gaande naar de stormvloedkering zal de reductie van de stroomsnelheid toenemen tot 25%. Welke gevolgen dat zal hebben, is tot op heden nauwelijks te kwantifi-

ceren. Maar we kunnen wel zeggen dat er een grote omkeer te verwachten is in het mechanisme van erosie en sedimentatie. De Oosterschelde is zolang wij meten altijd een erosiebekken geweest; de voordelta bouwde zich daarbij steeds verder uit. Na aanleg van de stormvloedkering wordt het bekken sedimentatief, en zal de voordelta net als bij volledige afsluiting, maar in mindere mate, kleiner worden. Ongetwijfeld zullen de geulen zich gaan verleggen als gevolg van de verandering in de getijvoortplanting, maar vermoedelijk zal dit geen effect hebben op de koppen van de eilanden. Concluderend mag gesteld worden dat de ontwikkeling van de kust van Schouwen en Walcheren vermoedelijk nauwelijks beïnvloed zal worden door de aanleg van de stormvloedkering.

Naar een nauwkeurige kwantificering van de effecten en mogelijk te nemen maatregelen wordt nog onderzoek verricht.

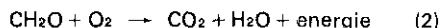
Het meten van algengroei in de Deltawateren

Groene planten staan aan de basis van alle voedselketens op aarde. Met behulp van zonlicht zetten ze anorganische stoffen zoals koolzuur, water, stikstof en fosfaat om in energierijke organische stoffen. Hierbij komt zuurstof vrij. Dit proces wordt fotosynthese of primaire productie genoemd, en kan vereenvoudigd worden weergegeven als:



De organische stoffen, hier vereenvoudigd weergegeven als CH_2O , vormen het voedsel voor alle diersoorten. Fig. 1 toont schematisch een meer waarin algen het voedsel vormen voor waterdiertjes en indirect dus ook voor vissen en andere dieren.

Om in hun eigen energiebehoefte te voorzien, verbranden groene planten weer een deel van de gevormde organische stof. Dit proces heet respiratie; het kan als volgt worden weergegeven:



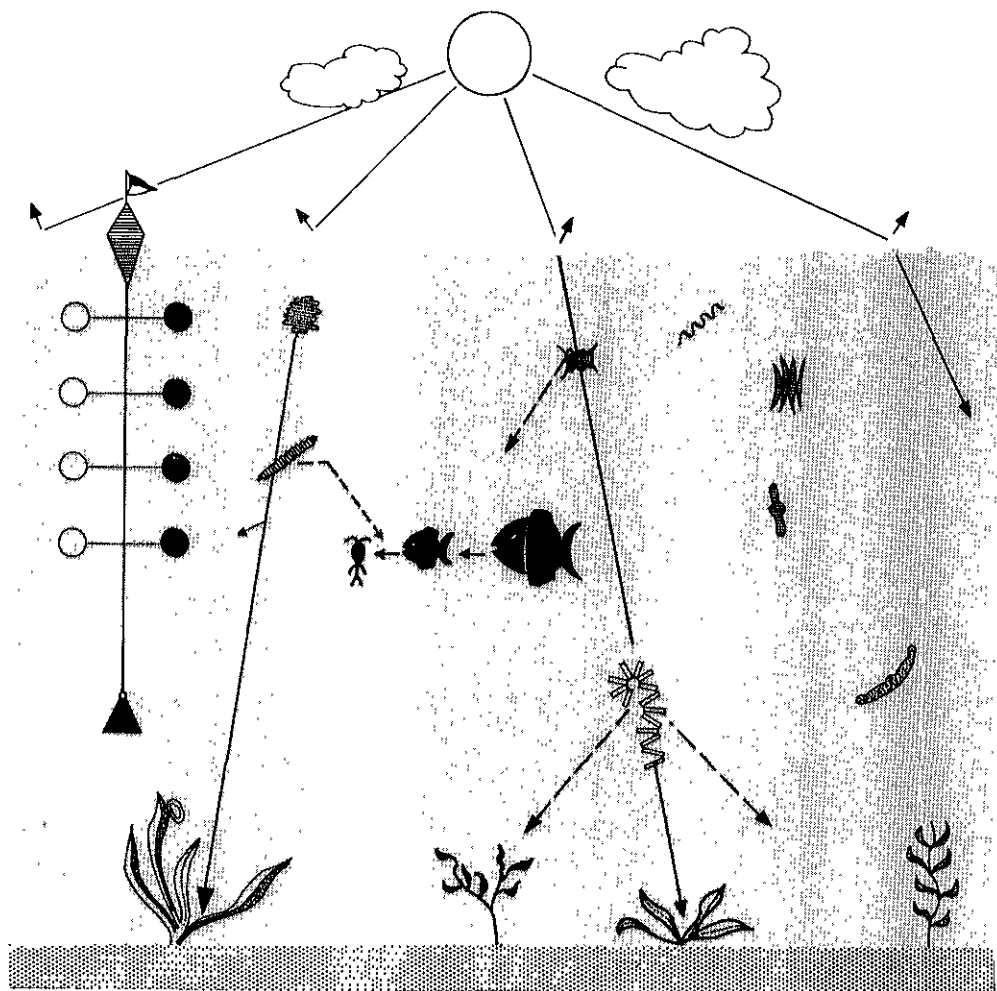
De productie van organische stoffen volgens (1) wordt meestal de bruto primaire productie genoemd. De bruto productie minus dat deel van de eigen productie dat verbrand wordt volgens (2) is dan de netto productie. In aquatische ecosystemen zijn het meestal algen, microscopisch kleine plantjes, die de belangrijkste primaire producenten zijn. De snelheid waarmee ze produceren of simpelweg gezegd groeien, bepaalt voor een belangrijk deel hoeveel algen er in het water aanwezig zijn. We spreken van algenbloei, wanneer we een zeer hoge concentratie van algen in het water aantreffen. Algenbloei kan ongewenste gevolgen hebben, zoals zuur-

stofgebrek, vermindering van de diversiteit van levensgemeenschappen en van de helderheid van het water.

De groei van algen is een functie van de hoeveelheid licht, de beschikbare hoeveelheid voedingsstoffen, de temperatuur of nog andere factoren. Het meten van de algengroei in een bekken en het analyseren van de factoren die deze groei bepalen, kan dan ook inzicht geven in het functioneren van dat bekken en een richtlijn opleveren voor het beheer. Stel, er is een meer waarin de algengroei voornamelijk beperkt wordt door de geringe lichtdoordringing in het water, veroorzaakt bijvoorbeeld door een hoge slibconcentratie of door een grote waterdiepte. Verhoging of verlaging van de nutriëntenconcentraties zal in dit meer betrekkelijk weinig effect hebben op de algengroei.

Reeds vanaf 1977 wordt op routinebasis de algengroei gemeten in het drinkwaterspaarbekken de 'Grote Rug' nabij Dordrecht. De metingen maken deel uit van een onderzoek naar de eutrofiëringsproblematiek van de toekomstige zoete bekkens in het Deltagebied (zie verder Bericht 91, februari 1980 en 80, mei 1977).

De groeisnelheid van algen kan op twee manieren gemeten worden. Allereerst kan men de zuurstofconcentratie in een watermonster bepalen als functie van de tijd. Aangezien algen zuurstof produceren, verwijst het verloop van de zuurstoflijn naar de algenactiviteit. Maar men kan ook de opname door algen meten van koolzuur, en wel door een radioactief isotoop van koolzuur aan een watermonster toe te voegen, en na enkele uren de activiteit van het radioactieve koolzuur te meten dat is opgenomen in de algen. De eerste methode heeft het voordeel dat de metingen wat gemakkelijker te interpreteren



zijn. Het is namelijk mogelijk om hiermee zowel de bruto als de netto productie te meten. Een nadeel is dat de gevoeligheid van deze meting, met de nu nog beschikbare meettechnieken voor zuurstof in water, vaak niet voldoende is in wateren met een geringe algengroei. De andere methode is zeer gevoelig, maar levert geen aparte schatting op van bruto en netto productie. Ook zijn er speciale maatregelen nodig vanwege de radioactiviteit waarmee gewerkt wordt. Teneinde de vereiste gevoeligheid te kunnen halen, is gekozen voor de zogenaamde C-14-methode, waarbij een radioactief isotoop van koolstof in de vorm van bicarbonaat gebruikt wordt. Voor speciale metingen wordt ook de zuurstofmethode toegepast. Er wordt nog gezocht naar mogelijke verbeteringen in de gevoeligheid van de zuurstofmeting. Als de stand van de meettechniek ver genoeg gevorderd is, zou men in

Fig. 1. Schematische voorstelling van een meer waarin algen aan het begin staan van de voedselketen. Links een aantal flessen met water, waarin de productiesnelheid van algen wordt gemeten

Fig. 2. Verloop van de instraling gedurende een dag

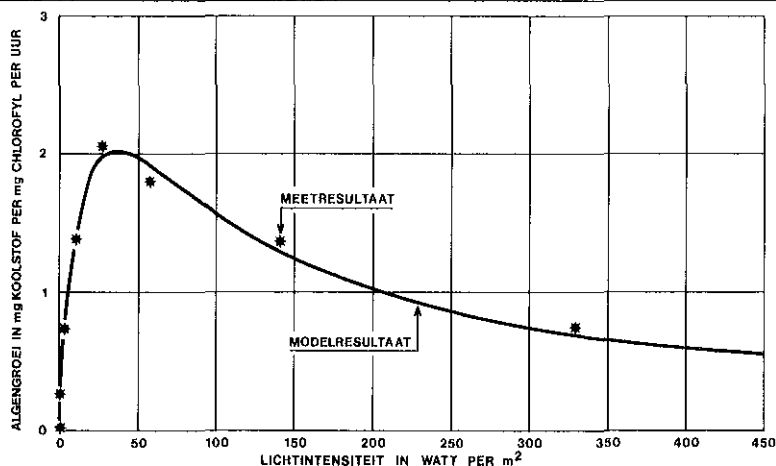
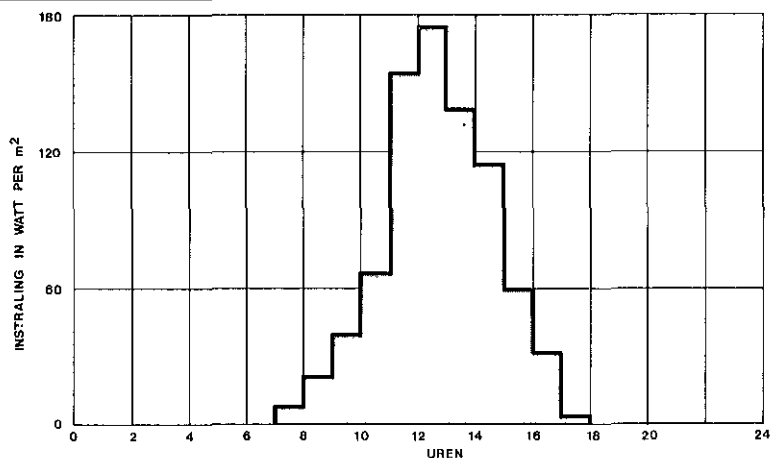
Fig. 3. De productiesnelheid als functie van de lichtintensiteit, gemeten in de incubator en berekend met de computer

de toekomst ook op routinebasis de zuurstof-methode kunnen gebruiken.

In de praktijk gaan de metingen als volgt in hun werk. Een watermonster uit het bekken wordt verdeeld over een aantal kolven, die vervolgens in een speciaal daarvoor ontwikkeld apparaat, de incubator, gezet worden. Daarin worden ze op een constante temperatuur gehouden, gelijk aan die van het bekken, en blootgesteld aan een reeks van lichtintensiteiten. Door de algengroei in de kolven te meten kan de relatie worden vastgesteld tussen lichtintensiteit en algengroei. De gemeten groei en gegevens omtrent de lichtintensiteiten worden met behulp van een wiskundig model in een computer verwerkt, met als resultaat een kromme die de gemeten waarden zeer goed benadert. Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 3. Met behulp van een lichtmeter wordt de instraling op de plaats van

bemonstering gemeten en geregistreerd (fig. 2). Ook de uitdoving van het licht onder water wordt gemeten (fig. 4). Doordat de instraling en uitdoving gemeten zijn, kan het onderwaterlichtklimaat berekend worden. De gevonden relatie tussen lichtintensiteit en algengroei maakt het dan mogelijk om de werkelijke groei onder water te berekenen.

Een alternatief voor de hiervoor beschreven methode is het ophangen van watermonsters in kolven op een aantal diepten in het bekken zelf. Door de algengroei in de kolven te meten, krijgt men dan een schatting van de groei over de diepte. Deze methode biedt als voordeel dat de omstandigheden meer natuurgetrouw zijn dan in een incubator. Gebruik van de incubator heeft echter het voordeel dat de omstandigheden van licht en temperatuur goed gedefinieerd zijn. Hierdoor is de voorspellende waarde van de



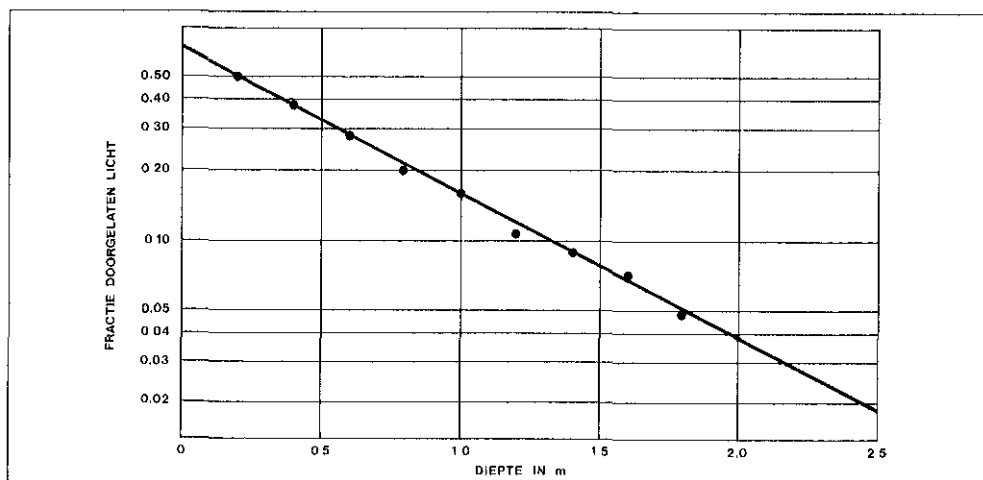
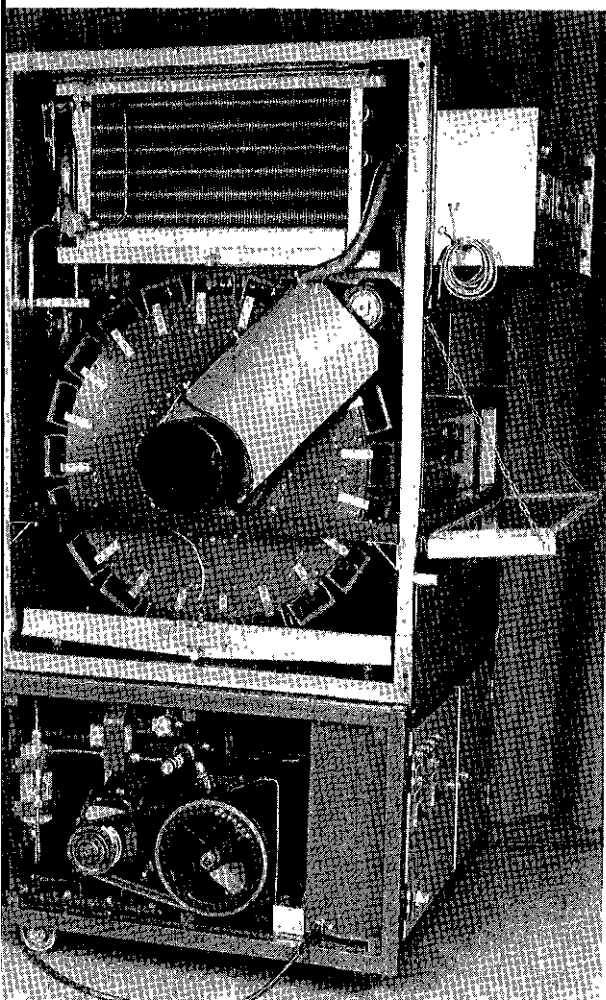
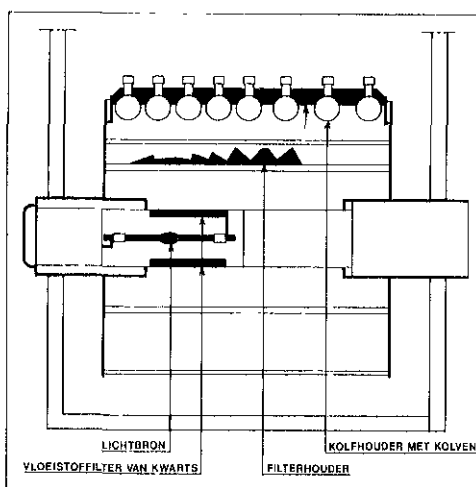


Fig. 4. De uitdoving van het licht onder water



Zij-aanzicht van de incubator (het paneel is verwijderd)

Fig. 5. Doorsnede van de incubatortrommel



metingen groter, dat wil zeggen dat men de meetresultaten en de verkregen kromme ook kan gebruiken voor andere onderwaterlichtklimaten dan die op de meetdag en -plaats zelf. Omdat de meetomstandigheden goed gedefinieerd zijn, is het ook makkelijker om de meetresultaten van verschillende bekken onderling te vergelijken.

De incubator

De foto bij dit artikel geeft een afbeelding te zien van de incubator, die is ontwikkeld in samenwerking met en gebouwd door TNO in Delft. Figuur 5 toont een doorsnede van de incubator-trommel. De monsterkolven, 160 in totaal, zijn cilindrisch om de lichtbron gegroepeerd. De kolven zijn gemonteerd in twintig rekken, acht per rek. De rekken zitten op een trommel die met een variabele snelheid rond de lichtbron draait. Van de 8 kolven in een rek wordt iedere kolf met een andere lichtintensiteit aangestraald, variërend van 0 tot 430 Watt/m²; de laatste waarde komt overeen met vol zonlicht. De verschillen in lichtintensiteit worden veroorzaakt door de verschillen in de afstanden tussen de lichtbron en de kolven van een rek, en door verzwakkingsfilters die men plaatst in de filterhouders. Ieder rek met zijn acht kolven wordt blootgesteld aan dezelfde vaste reeks van acht lichtintensiteiten. Omdat ieder rek gevuld kan worden met een ander watermonster, kunnen er maximaal 20 monsters tegelijk behandeld worden. Het is ook mogelijk om tussen de lamp en de kolven filters te plaatsen die de spectrale samenstelling van het licht veranderen en aanpassen aan de samenstelling van het licht onder water. De spectrale verdeling van het licht dat wordt afgegeven door de lamp – een halogeen metaaldamplamp van 2500 Watt – komt zeer goed overeen met die van daglicht. Het nieuwe van deze incubator ligt in de constructie met een puntlichtbron op de as van een cilinder waarop de monsters gemonteerd zijn. Hierdoor bereikt het licht iedere kolf via een eigen afzonderlijke en goed gedefinieerde route, en kan de spectrale samenstelling van het licht voor iedere kolf apart aangepast worden. Het hele systeem is geplaatst in een thermisch geïsoleerde roestvrij stalen kast. De inwendige temperatuur kan ingesteld worden tussen 0 en 23°C, met een onnauwkeurigheid van 1°C.

In de naaste toekomst zal veel aandacht besteed worden aan het meten van algengroei in de Oosterschelde. Deze primaire produktie vormt een zeer belangrijke voedselbron voor mosselen, oesters, vissen en andere waterorganismen. De variaties in de algenconcentratie en

lichtindringing die in een getijgebied als de Oosterschelde optreden over de tijd en de ruimte, stellen wel nieuwe eisen aan de tot nu toe gebruikte meetmethoden en rekenmodellen. Er is reeds een begin gemaakt met het ontwikkelen van een nieuw model incubator, die lichter en kleiner is en geschikt voor gebruik aan boord van een schip. Meetapparatuur, geschikt voor *het snel en routinematig meten van de uitdoving van licht onder water*, is reeds ontwikkeld en in gebruik aan boord van de Ventjager. Het ligt in de bedoeling in de loop van 1980 een groot onderzoek naar deze samenhang te beginnen, dat zich zal uitstrekken tot na de bouw van de stormvloedkering. Hierdoor zal het mogelijk worden de huidige en de toekomstige algengroei in de Oosterschelde met elkaar te vergelijken.

Toen in 1976 een nieuwe beslissing moest worden genomen over de wijze van afsluiting van de Oosterschelde, zijn er streefwaarden voor het zoutgehalte gesteld waaraan het water in de Oosterschelde zou moeten voldoen.

In de kom van de Oosterschelde werd als streefwaarde voor het zoutgehalte gesteld $15,5 \text{ g/l Cl}^-$ met $13,5 \text{ g/l Cl}^-$ als toelaatbaar minimum, mits dit van zeer korte duur is en zelden voorkomt.

Voor het in stand houden van een zoutminnende vegetatie zoals we die aantreffen in de Krabbenkreek is, een zoutgehalte van 13 g/l Cl^- voldoende.

Wanneer in deze gebieden aan de expliciet gestelde streefwaarden werd voldaan, zou ook elders in de Oosterschelde aan de impliciet gestelde streefwaarden worden voldaan, behalve eventueel in de nabijheid van de Krammersluizen in de Philipsdam.

In 1977 verscheen de nota 'Analyse varianten doorlaatopening stormvloedkering Oosterschelde'. Daarin werden enkele beheersmaatregelen geformuleerd om het zoutgehalte van de Oosterschelde gunstig te beïnvloeden, mocht dat dalen onder invloed van externe factoren. Op dat moment konden de effecten van die beheersmaatregelen nog niet worden gekwantificeerd. Sindsdien is onze kennis met betrekking tot deze problematiek zodanig verdiept, dat thans een indicatie kan worden gegeven welke zoutgehalten zullen optreden als gevolg van verscheidene beheersvarianten.

In figuur 1 is schematisch aangegeven welke externe factoren het zoutgehalte op de Oosterschelde beïnvloeden. Niet alleen het zoutgehalte van het kustwater, ook de neerslag en de zoetwaterbelasting van het sluizencomplex in de Philipsdam zijn van invloed op zowel de Krabbenkreek als de Kom van de Oosterschelde. Verspreid in het gebied komen polderwaterlozingen voor. Zij zijn een afgeleide van de neerslag. Als zodanig veroorzaken zij een zoetwaterbelasting in de vorm van puntlasten (fig. 2). Op de Kom van de Oosterschelde is bovendien nog sprake van een zoetwaterlast via de Bergse-Diepsluis in de Oosterdam. Hoewel van geringe omvang dan de zoetwaterbelasting ter plaatse als gevolg van neerslag en polderwaterlozingen, is deze belasting wegens de continuïteit ervan toch niet te verwaarlozen. De invloed van de zoetwaterbelasting via de Krammersluizen op de Krabbenkreek is daarentegen groter dan

Het zoutgehalte in de Oosterschelde na 1985

de zoetwaterlast ter plaatse ten gevolge van neerslag en polderwaterlozingen.

Het zoutgehalte van het kustwater is een volgende belangrijke factor. Een globale indruk van het verloop van het zoutgehalte in de monding van de Oosterschelde geeft figuur 3. Deze figuur geeft ook het verloop van het zoutgehalte in de Kom van de Oosterschelde.

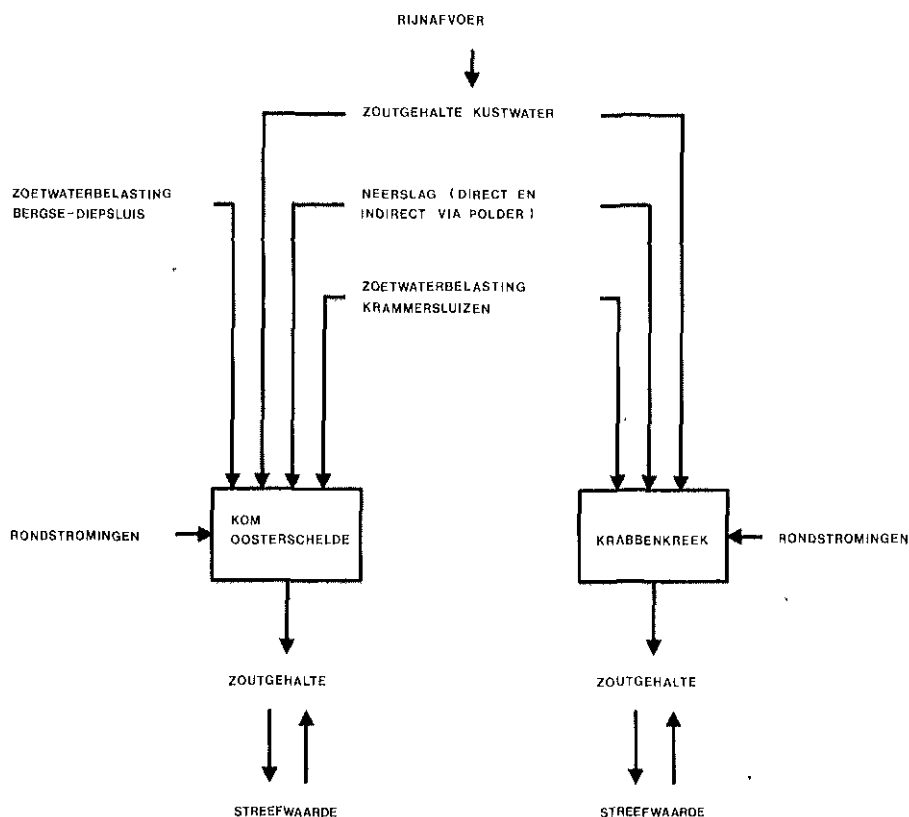
De afvoeren van Rijn en Maas zijn van invloed op het zoutgehalte van het kustwater. De huidige infrastructuur, die wordt bepaald door de Volkerakdam, de Haringvlietsluizen en de Brouwersdam, bestaat echter pas sinds 1972. Voordien verliepen de rivierafvoeren voor een belangrijk deel via het Volkerak en de Oosterschelde, waardoor de nu gestelde streefwaarden voor de Krabbenkreek en de Oosterschelde bij hoge rivierafvoeren soms belangrijk werden overschreden. De periode waarover toepasbare gegevens aangaande het zoutgehalte beschikbaar zijn, is daarom slechts kort. Afhankelijk van de Rijnafvoeren en de windrichting kan het zout in het kustwater dan ook lager zijn dan tussen 1972 en 1979 is voorgekomen. Temeer als men bedenkt dat de afvoeren van Rijn en Maas in die jaren naar verhouding geen grote waarden hebben bereikt.

Om de uitwerking van de beheersmaatregelen op het zoutgehalte te kunnen kwantificeren, is uitgegaan van twee situaties die zijn opgetreden in de jaren tussen 1972 en 1978. In tabel 1 zijn die perioden, die beide vielen in het winterhalfjaar, weergegeven. Er is gekozen voor perioden in het winterhalfjaar, omdat uit berekeningen bleek, dat voor de minimale zoutgehalten in de Oosterschelde een natte zomer niet maatgevend is; dit vanwege de relatief geringe zoetwa-

Tabel 1 Uitgangssituatie

	okt.-dec '74	nov. '77-jan. '78
Neerslagoverschot	105 mm/mnd	74 mm/mnd
Frequentie neerslagoverschot (vanaf 1911)	1/10 jaar	1/3 jaar
Zoutgehalte kustwater	17,4 g/l Cl ⁻	17,2 g/l Cl ⁻
Onderschrijding van het zoutgehalte van 1972 t/m 1978	ca. 40 % v.d. tijd	ca. 30 % v.d. tijd
Minimum waargenomen zoutgehalte ('72-'78, maandgemiddelde)	16,7 g/l Cl ⁻	
Maximum waargenomen zoutgehalte ('72-'78, maandgemiddelde)	18,6 g/l Cl ⁻	

Fig. 1 Invloed van externe factoren op het zoutgehalte van de Oosterschelde



terbelasting en het optredende verdampingsoverschot.

Vanwege de korte periode waarover gegevens van het kustwater beschikbaar zijn, is het niet mogelijk aan te geven hoe vaak de in de tabel genoemde situaties zich voordoen. Wel is de frequentie van voorkomen van het neerslagoverschot vermeld.

Voor de factoren uit de omgeving die van invloed zijn op het zoutgehalte moesten aannamen worden gedaan. Zo is men ervan uitgegaan dat de stormvloedkering volledig geopend blijft, met een gemiddelde doorstroomopening van 14 000 m². Daarnaast is aangenomen dat de omvang en situering van de polderwaterlozingen gelijk zijn aan de tegenwoordige. Voor de zoetwaterbelasting via de Krammersluizen en de Bergse-Diepsluis zijn waarden aangehouden van respectievelijk 20 en 0,1 m³/sec. Tenslotte is men ervan uitgegaan dat de zoetwaterlast vanuit het Kanaal door Zuid-Beveland geen rol speelt. Deze zoetwaterlast ontstaat als gevolg van een noordwaarts gerichte stroom in het kanaal van minder zout water uit de Westerschelde, als gevolg van het verschil in de hoogwaterstanden van Ooster- en Westerschelde.

Voor het beheer van de Oosterschelde zijn in dit verband verschillende varianten mogelijk. In beginsel zal men een beheer willen voeren waarbij geen aanvullende maatregelen noodzakelijk zijn. Laten we dat beheer A noemen. Er wordt dan geen zoet water teruggewonnen bij de Krammersluizen, evenmin vindt rondstroming plaats via het Grevelingenmeer of het lozingsmiddel voor het Zoommeer, het Kanaal door Zuid-Beveland of het Veerse Meer. Ook de zoetwaterlast van het Veerse Meer wordt niet geneutraliseerd. Deze vorm van beheer is mogelijk zolang het zoutgehalte op de Oosterschelde voldoet aan de gestelde streefwaarden. Zoals gezegd is er op grond van de tot nu toe beschikbare onderzoeksgegevens geen aanleiding om aan te nemen dat aan de gestelde streefwaarden niet zal worden voldaan; doch volledige zekerheid hierover kan slechts worden verkregen uit metingen in de nieuwe situatie. Als uit die metingen mocht blijken dat het zoutgehalte toch zou dalen tot beneden de streefwaarden, dan zijn beheersmaatregelen noodzakelijk; dat noemen we beheer B.

Het aanvullend beheer kan worden onderscheiden in zeven maatregelen. Voor enkele maatregelen, zoals nummer 1 en 3, zijn of worden de bouwkundige voorzieningen al getroffen. Voor andere zullen reserveringen worden gedaan, om ze te kunnen uitvoeren als dat nodig mocht blijken.

De eerste maatregel van het aanvullend beheer

bestaat in het terugwinnen van zoet water bij de Krammersluizen. Hierdoor zal de zoutlast op het Zoommeer wellicht toenemen. Wanneer nu ter bestrijding daarvan het Zoommeer wordt doorgespoeld met water vanuit het Haringvliet, dan is het lozingsmiddel niet beschikbaar voor een rondstroming Oosterschelde-Westerschelde. Onder andere omstandigheden is het echter wel mogelijk het lozingsmiddel van het Zoommeer te gebruiken.

Er wordt dan Oosterscheldewater via dit lozingsmiddel naar de Westerschelde gevoerd. Dat heeft tot gevolg dat de Oosterschelde, met name de Kom, wordt doorgespoeld met water vanuit zee. Uit het huidige ontwerp van het lozingsmiddel – 100 m³/sec – volgt een capaciteit voor rondstroming van 50 à 60 m³/sec. Bij een ontwerpcapaciteit van 150 m³/sec bedraagt de capaciteit voor rondstroming 90 m³/sec. Het gebruik van het lozingsmiddel voor rondstroming zou een investering van 80 miljoen gulden vergen, terwijl vergroting van de ontwerpcapaciteit ook tot een extra investering noodzaakt. Het bezwaar dat het kanaal niet gelijktijdig voor lozing van het Zoommeer en voor rondstroming van de Oosterschelde kan worden gebruikt, blijft echter bestaan. Daarom moet ook rondstroming via het Grevelingenmeer worden overwogen, al zal dat mogelijk gevolgen hebben voor de waterkwaliteit op dat bekken. Welke die gevolgen zullen zijn, en in hoeverre ze aanvaardbaar zijn, dient nog nader onderzocht te worden. Na de reeds begonnen bouw van het doorlaatmiddel in de Grevelingendam zijn geen extra investeringen meer nodig voor deze beheersmaatregel. Vanzelfsprekend vervalt deze mogelijkheid als tot verzoeting van het Grevelingenmeer wordt besloten.

Rondstroming via het Kanaal door Zuid-Beveland zal meebrengen dat nabij de schutsluizen te Hansweert een spuimiddel moet worden gebouwd. De vijfde mogelijke aanvullende beheersmaatregel, neutralisering van de zoetwaterlast die het Veerse Meer door lozing van overtollig water teweegbrengt, zal doorspoeling van het meer in westelijke richting noodzakelijk maken. De hiervoor noodzakelijke werken vereisen investeringen waarvan de hoogte afhankelijk is van de te kiezen oplossing. Rondstroming in de mond van de Oosterschelde, een zesde aanvullende beheersmaatregel, kan worden opgewekt door gedeeltelijke sluiting van de stormvloedkering. Met de huidige kennis is de invloed ervan op het zoutgehalte echter niet goed te kwantificeren. Het effect van deze beheersmaatregel is derhalve onzeker; maar waarschijnlijk is het niet groot in vergelijking met dat van de andere beheersmaatregelen. Deze beheersmaatregel is dan ook verder bui-

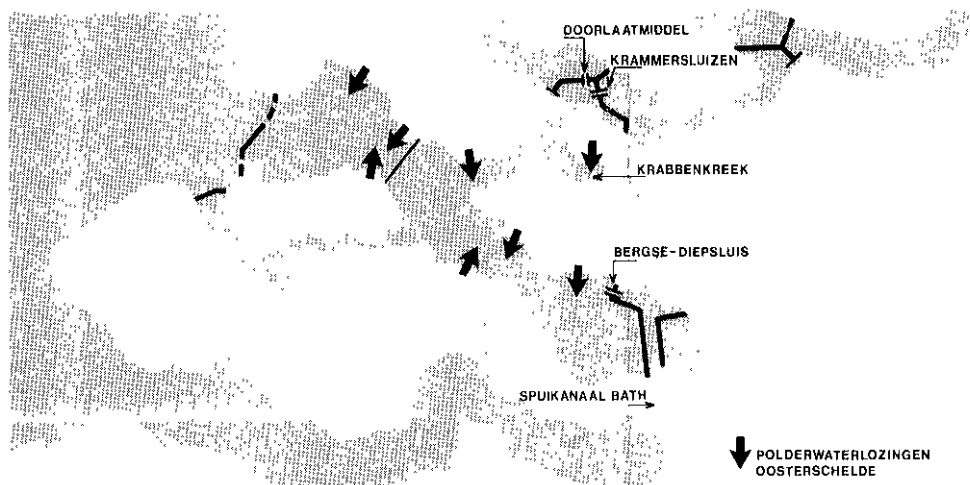


Fig. 2. Polderwaterlozingen vormen voor de Oosterschelde puntbelastingen met zoet water

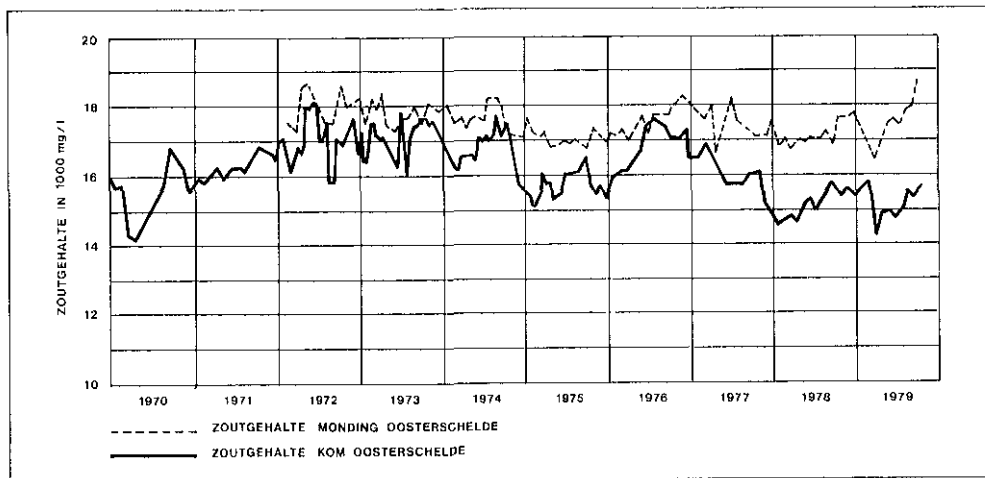
ten beschouwing gelaten, evenals afleiding van de polderwaterlozingen die nu de Kom van de Oosterschelde belasten, naar het Zoommeer. Berekeningen tonen aan dat het effect van die maatregel marginaal is.

Uit modelberekeningen zijn nu de zoutgehalten op de Oosterschelde tijdens de in tabel 2 genoemde perioden berekend.

Daarbij is uitgegaan van minimale en maximale aannamen voor de modelparameters. De in tabel 2 gepresenteerde getallen geven dan ook alleen de onder- en bovengrens van het zoutgehalte weer. De spreiding tussen onder- en bovengrens kan alleen verkleind worden door een verbetering van de berekeningsmethoden, in samenhang met een beter inzicht in het functioneren van het systeem.

Als gevolg van fluctuaties in het getijgemiddeld zoutgehalte in tijd en ruimte zal er echter altijd

Fig. 3. Maandgemiddelde van het zoutgehalte in de mond en de Kom van de Oosterschelde



Tabel 2 Zoutgehalten in de Oosterschelde (in g/l Cl⁻)

	Kom Oosterschelde		Krabbenkreek	
	okt-dec. '74	nov '77-jan. '78	okt-dec. '74	nov. '77-jan. '78
Beheer A afvoer = 14 000 m ³	13,4 - 15,5	14,0 - 15,7	12,7 - 14,7	12,7 - 15,0
Beheer B				
B1 terugwinnen (35%)	13,8 - 15,7	14,4 - 15,9	13,7 - 15,1	14,0 - 15,2
B2 rondstroming lozingsmid- del (100 m ³ /sec)	14,7 - 15,8	14,9 - 15,9	13,2 - 14,9	13,1 - 15,1
B3 rondstroming Grevelingen- meer (50 m ³ /sec)	13,8 - 15,7	14,2 - 15,8	14,1 - 15,1	13,9 - 15,3
B4 rondstroming Kanaal Z-Be- veland (100 m ³ /sec)	14,4 - 15,8	14,8 - 15,9	13,1 - 14,8	13,0 - 15,1
B5 neutralisering Veerse Meer	13,9 - 15,9	14,3 - 16,0	12,9 - 14,9	12,8 - 15,1
Streetwaarden	15,5		13	

een speling van 1 g Cl⁻ per liter blijven bestaan hoe goed het onderzoek ook is. Verkleining van de huidige marge van 2 g/l tot 1 g/l hangt af van het beschikbaar komen van onderzoeksresultaten

Een nauwkeurige voorspelling van de effecten van de verschillende beheersalternatieven op het zoutgehalte zal pas mogelijk zijn nadat gedurende een geheel jaar waarnemingen in de praktijk zijn verricht, dus omstreeks 1987.

De in tabel 2 weergegeven effecten van de verschillende beheersmaatregelen kunnen niet bij elkaar worden opgeteld. Naarmate het zoutgehalte in de Oosterschelde stijgt, neemt het effect van de beheersmaatregelen namelijk af. Wel zullen verscheidene maatregelen die gelijktijdig worden genomen, een groter effect hebben dan elke maatregel afzonderlijk. In de berekeningen is het debiet voor rondstroming via het Grevelingenmeer gesteld op 50 m³/sec.

De beschikbare middelen laten echter een debiet van 100 m³/sec toe. Bij een debiet van 100 m³/sec zal het zoutgehalte dan ook nog wat verder toenemen. Gezien het afnemend effect bij een toenemend debiet zal er echter geen sprake zijn van verdubbeling.

Hoewel de gekozen uitgangspunten de nodige beperkingen opleggen, kan op grond van de verkregen inzichten en de berekeningsresultaten worden geconcludeerd dat in de Oosterschelde met stormvloedkering onder omstandigheden als zijn voorgekomen in de jaren 1972-1978 ten aanzien van het zoutgehalte gedurende de zomermaanden nauwelijks proble-

men zijn te verwachten. Daarentegen kan in natte perioden het zoutgehalte zowel in de kom van de Oosterschelde als in de Krabbenkreek wellicht dalen tot onder de streefwaarden.

Omdat het hier resultaten van voorlopige studies betreft, kunnen er, afhankelijk van de mogelijk nog beschikbaar komende gegevens uit modelberekening dan wel waarnemingen in de natuur, alsnog aanvullende beheersmaatregelen noodzakelijk blijken. In verband hiermee, en ten behoeve van de flexibiliteit van het beheer, wordt daarom de mogelijkheid open gehouden om indien noodzakelijk voorzieningen te treffen.

In zout water moet men te allen tijde rekening houden met de aangroei van mariene organismen op stalen onderdelen, zoals scheepshuiden, koelwaterleidingen van energiecentrales en poten van boorplatforms. Zulke aangroei wordt ook verwacht in de Krammersluizen van het Philipsdamcomplex.

Mosselaangroei in de Krammersluizen

In 1978 werd daarom een werkgroep ingesteld met als taak het analyseren van de gevolgen die aangroei mogelijk zou hebben voor de bedrijfsvoering van de toekomstige Krammersluizen en indien nodig, het aandragen van maatregelen. Het werk van deze groep zou dus anticiperend van aard zijn: in plaats van te wachten totdat de aangroei in de sluizen het nemen van maatregelen achteraf noodzakelijk maakte, zouden de verwachte gevolgen vooraf ingeschat worden.

Een van de eerste vragen die beantwoord moesten worden was: wat is de omvang van de te verwachten aangroei, en zal ze bezwaarlijk zijn voor de bedrijfsvoering van de sluizen? Op grond van ervaringen met aangroei in de leidingen van de Borselse centrale en in diverse sluizen in het Deltagebied moet in de Krammersluizen een aangroei verwacht worden van 5 à 10 cm dikte per jaar, voornamelijk bestaand uit mosselen.

Voor sommige delen van de sluis zou deze aangroei grote, voor andere delen slechts betrekkelijk kleine gevolgen hebben. Al vrij vroeg werd daarom besloten, de verschillende delen van de sluis die gevoelig zijn voor aangroei, ieder afzonderlijk te bekijken.

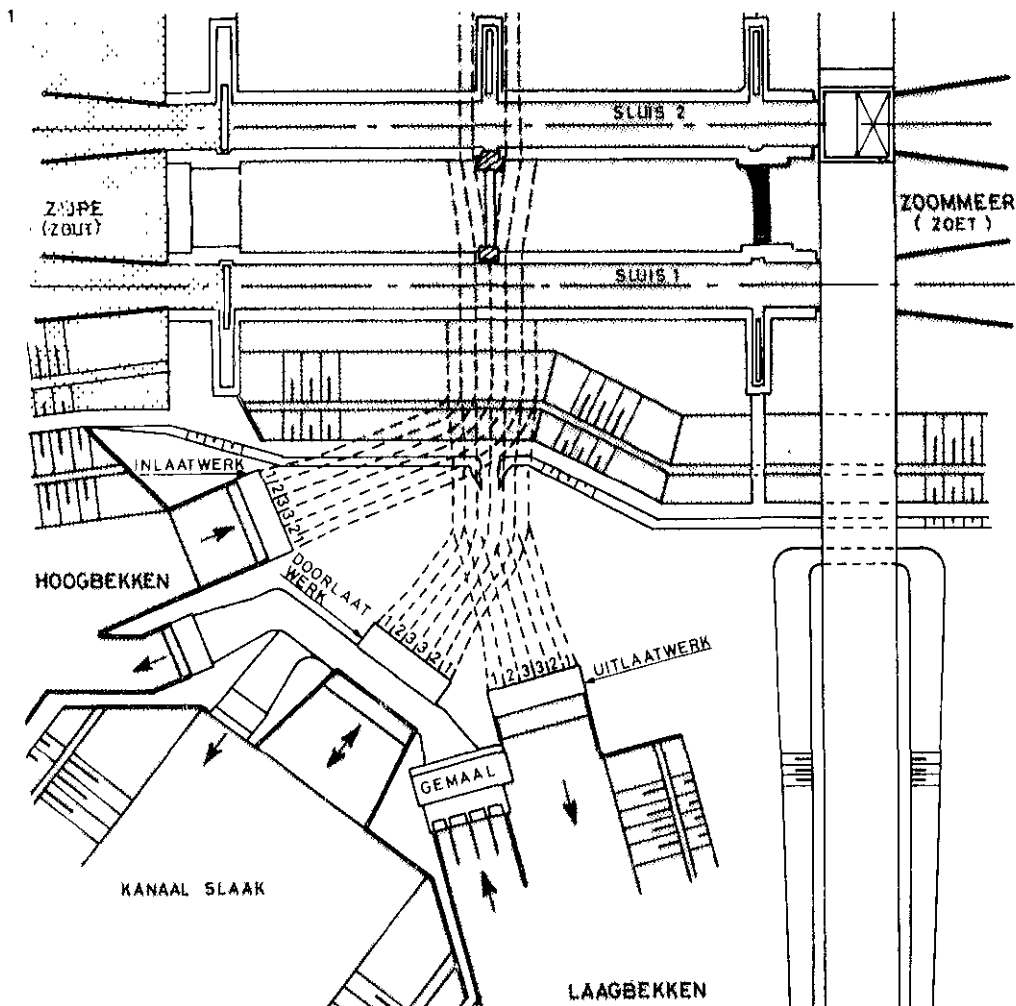
De Krammersluizen zijn uitgerust met een zout/zoet-scheidingssysteem, waardoor zout en zoet water uitgewisseld worden tussen de sluisolk en één van de erbij behorende kunstmatige bekens, via een geperforeerde sluisvloer en via riolen. Aangroei van mosselen langs dit traject verhoogt de weerstand, en leidt tot langere schuttijden. Afhankelijk van het tijdstip in de schutcyclus staat de sluisvloer afwisselend in zout en zoet water. De riolen zijn altijd gevuld met zout water. De relatief kleine afmetingen

van de gaten in de sluisvloer maken dit gedeelte zeer gevoelig voor aangroei.

De sterk wisselende zoutgehalten zullen de aangroei hier echter beperken. De riolen zijn enigszins overgedimensioneerd – de doorsnede is 75 cm ruimer genomen dan voor de berekende afvoer nodig is – om de gevolgen van aangroei in eerste instantie op te kunnen vangen. Het rioolgedeelte bij de uitmonding in de sluis waarin de geleidingsschotten zitten (zie fig. 2), is vanwege de relatief nauwe doorgangen extra gevoelig voor aangroei. De pompen van het hoofdgemaal zijn niet overgedimensioneerd en ook zij zijn dus bijzonder gevoelig voor aangroei. Daar staat weer tegenover dat er een reservepomp aanwezig is.

Van de technieken die bekend zijn voor het bestrijden van aangroei viel een aantal op zich efficiënte middelen om praktische redenen af: chloor, ultrasone trillingen, radioactieve straling, bekleding met een laag koper of ander metaal, hoge stroomsnelheden en hoge temperatuur, hoewel de laatste maatregel bij de pompen wel bruikbaar is. Uiteindelijk bleven er drie praktisch uitvoerbare methoden over: aangroeiwerende verven, mechanische reiniging en verlaging van het zoutgehalte.

Aangroeiwerende verven worden veel toegepast in de scheepvaart. Het zijn verven die gedeeltelijk een gifstof, meestal een koper- of tinverbinding, loslaten. De concentratie daarvan moet dan op het behandelende oppervlak voldoende hoog zijn om aangroei te voorkomen. De werkingsduur is meestal een jaar of twee, waarna een nieuwe laag aangebracht moet worden. Een voordeel van deze methode is dat ze preventief werkt en het oppervlak vrij schoon houdt.



Een nadeel is dat er stoffen in het milieu geloosd worden die schadelijk kunnen zijn. De werkelijke gevolgen voor het milieu zullen afhankelijk zijn van de hoeveelheden verf en de verversing en verspreiding van het water in en om de sluisen.

Mechanische reiniging met eenvoudige hulpmiddelen of met geautomatiseerde werktuigen wordt toegepast in koelwatersystemen en bij schepen. Een nadeel is dat men niet preventief maar curatief werkt, en pas ingrijpt nadat aangroei is opgetreden. Dit kan overigens ook een voordeel zijn, aangezien men flexibel op kan treden door de mate en de frequentie van ingrijpen aan te passen aan de optredende aangroei. De werkwijze die voor de riolen het meest in aanmerking komt, is het werken in den droge met in te brengen machines. Werken in den natte met duikers is te arbeidsintensief en ook te

gevaarlijk. Machines onder water zouden zelf te lijden hebben van corrosie en aangroei. Voor het verwijderen van aangroei in den droge zijn geschikte machines voorhanden, die op perslucht werken. Ze worden onder andere gebruikt in cementovens om die vrij te maken van mantelsteen.

De toegangsschachten die gepland zijn bij het in- en uit- en doorlaatwerk kunnen gebruikt worden voor het aan- en afvoeren van machines en mossels.

Bij de geleidingsschotten en de geperforeerde vloer kan het beste gewerkt worden met waterstralen onder hoge druk.

De aangroei van mossels kan tenslotte gedeels voorkomen worden door *verlaging van het zoutgehalte*.

Mytilus edulis, de mossel die in de Nederlandse

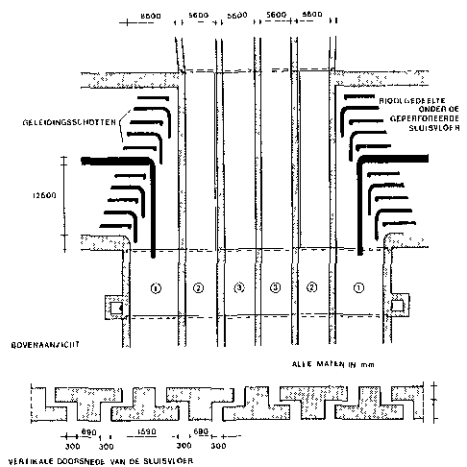


Fig. 1. Overzicht van de Kramersluizen met het riolenstelsel

Fig. 2. Uitmonding van het zoutriool in de sluisvloer, een plaats die zeer gevoelig is voor aangroei

wateren voorkomt, gedijt alleen bij saliniteiten boven 16 ‰, dus als er minstens 16 gram zout aanwezig is per kilogram water.

De saliniteit van het water in het sluizencomplex zal gelijk zijn aan die in de hoge en lage bekkens en die aan de Zijpe-kant van de sluizen. Deze laatste waarden zullen op hun beurt afhankelijk zijn van het aantal sluizen, het scheidingsrendement van de sluizen en van de vraag of er wel of niet zoet water via de sluizen moet worden teruggewonnen teneinde de zoetwaterlasten op de Oosterschelde te beperken. Volgens recente prognoses zal de saliniteit komen te liggen tussen 23 en 29 ‰, dus ruim voldoende voor mossels. Maar er zijn wel mogelijkheden om de saliniteit sterk te verlagen. Eén van de maatregelen die men heeft overwogen om het zout/zoet-scheidingsrendement van de sluizen te beïnvloeden, is gebruik te maken van een zogenaamd

'luchtbellenscherm'. Een gordijn van luchtbelletjes voor de sluis aan de zoute Zijpe-kant zou er dan voor moeten zorgen dat de zoute en de zoete watermassa's beter van elkaar gescheiden blijven. Toepassing van een bellenscherm zou ook de saliniteit in de bekkens en de riolen van de sluis kunnen verlagen tot 60 % van die aan de Zijpe-kant, dus tot 14 à 17 ‰.

De saliniteit bij de geperforeerde sluisvloer zou eveneens beïnvloed worden door gebruik van een luchtbellenscherm. Zonder bellenscherm ontstaat er een zout/zout-regime van afwisselend gedurende 40 minuten 5 ‰ en gedurende 40 minuten 23 à 29 ‰. Een luchtbellenscherm zou de lage waarden onaangestast laten, maar de hoge terugbrengen tot 14 à 17 ‰.

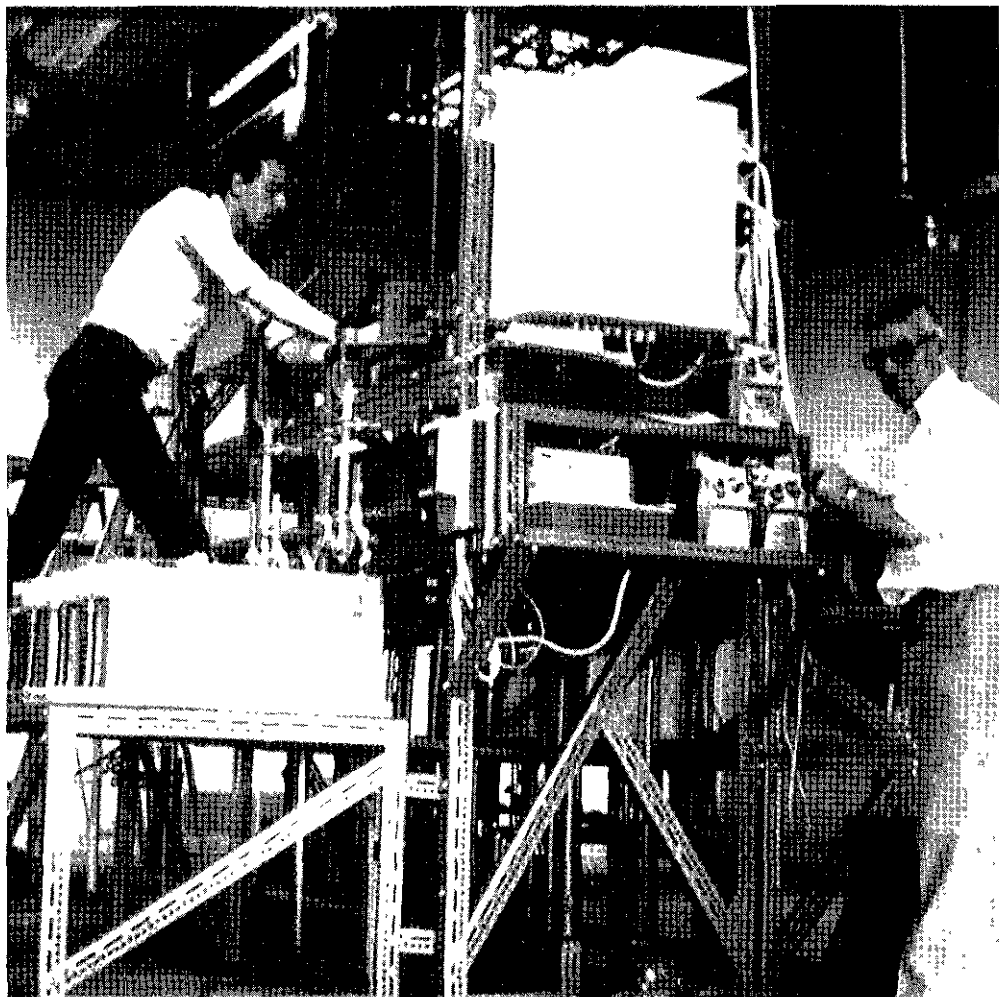
De invloed van de saliniteitsverlaging op de mosselaangroei wordt duidelijk als men iets weet van het gedrag van mossels. Mosseleieren worden voornamelijk afgezet in april en mei.

Na bevruchting in het vrije water en een zwevende planktonische groeifase van 1 à 2 maanden ontwikkelt zich een mosselbroedje van 0,3 mm. Het broedje wordt meegevoerd met de stroom totdat het een geschikte vaste ondergrond tegenkomt, zoals bijvoorbeeld de wand van een riool in een sluis. Wanneer de stroomsnelheid niet hoger is dan 2 m/sec, stulpt het broedje dan hechtdraden naar buiten en hecht zich binnen enkele minuten vast. Vervolgens ondergaat het broedje een gedaantewisseling, en er ontstaat een mosseltje dat geschikt is voor een plaatsgebonden leefwijze. Ook kleine mosseltjes, tot 2 mm lang, kunnen zich via de stroom verplaatsen, sluizen binnenkomen en zich met hechtdraden vastzetten.

Mossels groter dan 2 mm verplaatsen zich nauwelijks meer over grote afstanden. Het grootste deel van de mosselafzetting op stenen, mosselbanken en sluisdelen vindt dus plaats in de maanden mei tot en met augustus. In mei gehechte broedjes van 0,3 mm kunnen bij optimale groei in oktober al 4 cm lang zijn!

Verlaging van de saliniteit van 29 tot 18 ‰ blijft nu de vorming van hechtdraden sterk te beperken. Verschillende onderzoekers melden bovendien dat bij saliniteiten tussen 14 en 18 ‰ verhoogde sterfte en slechte groei optreden. Helaas ontbreken goede kwantitatieve gegevens over de invloed van saliniteit op de groei van mossels nagenoeg geheel.

Ook blijken er erfelijke verschillen te bestaan in zouttolerantie tussen populaties uit verschillende gebieden. In de Oostzee bijvoorbeeld komt een populatie voor die gedijt bij een saliniteit van 5 ‰. In het Deltagebied is de ondergrens waarbij *Mytilus edulis* nog geregeld voorkomt, 14 à 18 ‰ saliniteit. Ook is op grond van gegevens uit de literatuur te verwachten dat de sali-



niteitsfluctuaties bij de geperforeerde sluisvloer zeer ongunstig zullen zijn voor mosselaangroei. Mossels hoog in het intergetijdgebied, die de helft van de tijd niet kunnen eten omdat ze droog staan, groeien niet of nauwelijks. Ook bij de sluisvloer zullen de mossels gedurende ongeveer 40 % van de tijd niet kunnen eten, in dat geval vanwege een te lage saliniteit.

In 1978 is een aanvullend onderzoek gedaan naar de invloed van constante lage salinititeiten op de mosselaangroei. Tevens werd de invloed onderzocht van wisselende salinititeiten zoals die zullen optreden bij de sluisvloer. Het onderzoek werd uitgevoerd in het Mosselproefstation op Texel. Allereerst werd daar de mate van aangroei bepaald bij een reeks salinititeiten onder semi-natuurlijke omstandigheden. Vervolgens werden de overleving en de groei van mossel-

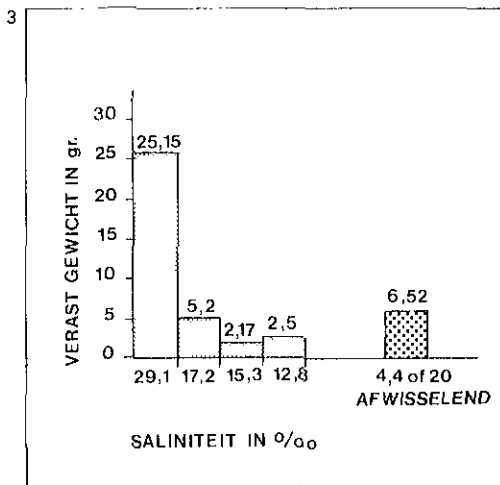
tjes van 1 à 2 mm bepaald bij dezelfde reeks salinititeiten.

De reeks bestond enerzijds uit constante gehalten van 13, 15 en 17 ‰ en anderzijds uit een wisselend regime van 40 minuten 20 ‰ en 20 minuten 5 ‰, met 5 à 10 minuten voor de wisseling van zoet naar zout water en omgekeerd. Het tijdschema voor de wisselende salinitelten was gebaseerd op een inmiddels verouderde prognose voor de saliniteit bij de sluisvloer; een meer recente prognose gaat uit van 40 minuten 25 ‰ en 40 minuten 5 ‰. De proeven werden uitgevoerd in glazen bakken, ieder doorstroomd met 70 liter water per uur uit de Waddenzee, waarvan de saliniteit op de gewenste waarde werd gebracht door verdunning met kraanwater. Als controle diende een bak met onbehandeld water uit de Waddenzee, waarvan de saliniteit 28 à 30 ‰ bedroeg. Met het water zijn ook

Proefopstelling in het mosselproefstation, voor de bepaling van de saliniteit op de mosselgroei

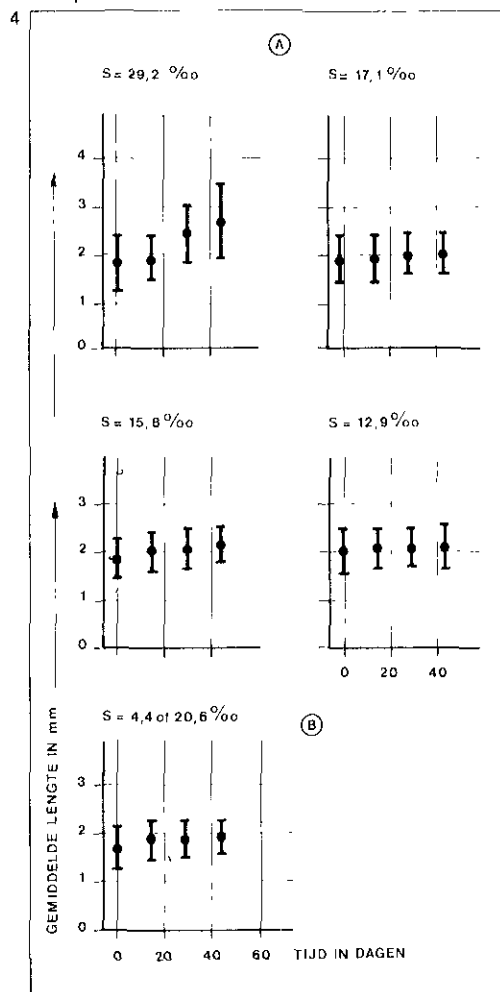
Fig. 3. De groei van mossels als afhankelijk van een gunstige, een verlaagde en een wisselende saliniteit

Fig. 4. Groeibeperking bij jonge mosselen onder invloed van verlaagde of wisselende saliniteit



mossellarven en broedjes de bakken binnengekomen. Om het hechten van de broedjes te bevorderen zijn frames, gespannen met gaas, in de bakken geplaatst. Na afloop van één groeiseizoen zijn alle mossels uit de bakken verwijderd en is het verast gewicht bepaald. De resultaten zijn weergegeven in figuur 3. Duidelijk is dat zowel constante lage saliniteiten als fluctuaties in saliniteit de aangroei sterk beperken. Voor de tweede serie proeven werden mosseltjes van 1 à 2 mm aan dezelfde reeks van saliniteiten blootgesteld. De mossels werden opgesloten tussen twee diaraampjes gespannen met gaas en in de proefbakken gehangen. De resultaten zijn weergegeven in figuur 4. Ongeveer 20 % van de ingesloten mossels is tijdens de proef via het gaas ontsnapt. Zowel bij verlaagde als bij wisselende saliniteiten komt de groei bijna tot stilstand en begint er sterfte op te treden. Uit observatie van de mosseltjes tijdens de proef bleek dat de individuen bij 13, 15, 17 en 5 ‰ de schelpen dicht hielden, niet bewogen en niet filtreerden. Bij 28 à 30 ‰ saliniteit verplaatsten de mosselen zich en filtreerden ze op de gebruikelijke wijze.

Ongeacht de maatregelen die eventueel genomen worden ter bestrijding van aangroei, is het wenselijk de mate van aangroei in de toekomst te bewaken. Een mogelijkheid hiertoe biedt de controle op de schuttimes. Als de schuttijd langer wordt, kan dat wijzen op aangroei. Ook weerstandsmetingen over de riolen kunnen een indirecte indicatie geven van de mate van aangroei. Direct en snel kan de optredende aangroei worden vastgesteld door duikers. Om de aangroei op de geleidingsschotten en in de onderkant van de sluisvloer – twee onderdelen die extra gevoelig zijn voor aangroei – te kunnen in-



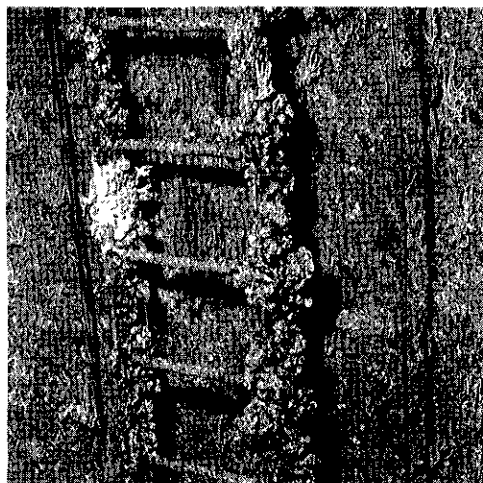
specteren zijn dan ook speciale toegangsluiken in de sluisvloer opgenomen.

Afweging van de alternatieven

In tabel 1 worden de belangrijkste eigenschappen van de sluisonderdelen met betrekking tot de aangroei samengevat. De geleidingsschotten kunnen als er geen maatregelen genomen worden een knelpunt gaan vormen. De geperforeerde vloer zal ook een knelpunt vormen indien aangroei optreedt, maar de aangroei zal niet of langzaam toenemen vanwege het wisselende zoutgehalte. Het pompgemaal is gevoelig voor aangroei, maar de aanwezigheid van een reservepomp kan de gevolgen hiervan in eerste instantie opvangen. De riolen zijn ruim gedimensioneerd en de gevolgen van aangroei daar zullen maar langzaam – na 2 à 5 jaar – merkbaar worden.

In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de mogelijke maatregelen, gerangschikt per sluisonderdeel, en een aantal beoordelingscriteria. Onder 'Kosten' wordt met 'hoog' een bedrag bedoeld van meer dan een half miljoen gulden per jaar; met 'laag' een bedrag van minder dan een kwart miljoen gulden per jaar, en met 'matig' een bedrag daartussenin.

De kosten zijn slechts benaderd, de stilligkosten voor de sluisen die aan een maatregel zijn verbonden, worden ook meegerekend. De kosten verbonden aan een verlaging van het zoutgehalte door installatie en bedrijf van een luchtbelenscherm zijn verdeeld over alle drie de sluisonderdelen, aangezien ze alle drie profiteren



Mosselaangroei in omloop-
riool 9 van de proefopstelling

Tabel 1 Vergelijking van de onderdelen van de sluis met betrekking tot aangroei

	Gevoelig voor aangroei	Verwachte aangroei	Bewaking aangroei
Geperforeerde sluisvoer	ja kleine openingen	weinig milieu ongunstig	Goed mogelijk
Geleidings- schotten	ja nauwe doorgangen	veel milieu gunstig	Goed mogelijk
Riolen	nee ruime dimensie	veel milieu gunstig	Beperkt mogelijk
Pompgemaal	ja pompen niet over- gedimensioneerd; reservepomp aan- wezig	veel milieu gunstig	Goed mogelijk

Tabel 2 Overzicht van maatregelen per sluisonderdeel met beoordelingscriteria

		Kosten	Stilligtijd sluis	Wanneer behandelen	Lozing giftstoffen
Aangroei werende verf	geperforeerde sluisvloer	hoog	± 5 dag/jaar	voor aangroei	ja
	geleidings- schotten	laag	± 4 dag/jaar		
	riolen	hoog	± 7 dag/jaar		
Mechanische reiniging	geperforeerde sluis- vloer	laag of matig afhanke- lijk van aangroei	0 à 4 d/jr afhankelijk van aangroei	na aangroei	nee
	geleidings- schotten	laag	0,5 à 2 d/jr afhankelijk van aangroei		
	riolen	laag	1 à 3 d/jr afhankelijk van aangroei		
Verlaging van zoutgehalte	geperforeerde sluis- vloer	laag	geen	voor aangroei	nee
	geleidings- schotten	laag	geen		
	riolen	laag	geen		

van deze maatregel. Bovendien wordt de uitwisseling van zout en zoet water via de sluisen positief beïnvloed door gebruik van een bellen-scherm. De kosten voor mechanische reiniging van de riolen zijn vrij hoog per behandeling, maar vrij laag op jaarbasis vanwege de ruime afmetingen van de riolen, waardoor de frequentie van behandeling beperkt blijft tot 1 x per 2 tot 5 jaar. Van de drie methodes levert alleen het gebruik van aangroeiwerende verf een oppervlak op dat op de oorspronkelijke schone toestand lijkt.

Een beslissing over de te nemen maatregelen hoeft niet per se te vallen vóór het in gebruik nemen van de sluis. Alle maatregelen kunnen ook daarna genomen worden, behalve het gebruik van een aangroeiwerende verf op de sluisvloer, die al vóór het leggen van de vloer, in de bouw-fase moet worden aangebracht. Nadat de sluis-

zen in bedrijf zijn genomen, zullen de meerkosten aan energie, veroorzaakt door eventuele aangroei, afgewogen moeten worden tegen de kosten van de te nemen maatregelen. Het gaat hierbij om energiebesparing in de ruime zin van het woord.

Herstel van het contact tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee

Medio 1980 is de Brouwerssluis gereedgekomen, een doorlaatwerk in de Brouwersdam, die de Noordzee scheidt van het Grevelingenmeer. De spuilsuis herstelt echter de verbinding; hij kan gemiddeld ruim 100 m³ water per seconde in beide richtingen doorlaten, zeewater naar het meer en meerwater naar de Noordzee.

Dit artikel geeft een overzicht van de invloed, die de Brouwerssluis tot nu toe heeft gehad op de zout- en zuurstofhuishouding in het Grevelingenmeer

Het Grevelingenmeer ontstond bij de sluiting van de Brouwersdam in mei 1971. Het contact met de zee werd door deze sluiting voor een periode van 7 jaar verbroken. Er is reeds veel geschreven over de directe gevolgen van deze sluiting. Daarbij werd doorgaans veel aandacht besteed aan de negatieve aspecten van de veranderingen die plaatsvonden bij de overgang van dit getijgebied in een meer met stilstaand water. Geleidelijk aan echter werden deze berichten vervangen door meer positieve meldingen van de ontwikkelingen die in het meer plaatsvonden. Deze ontwikkelingen werden zo waardevol gevonden, dat het meer als hoofdbestemming, naast de recreatieve functie, een natuurfunctie kreeg toegewezen in de Nieuwe Inrichtings Schets voor het Grevelingenmeer.

Eén voor deze natuurfunctie mogelijk beperken- de ontwikkeling in het meer was de geleidelijke daling van het zoutgehalte, die optrad ten gevolge van het wegvallen van de uitwisseling met de zee en van de verzotende invloed van neerslag en uitgeslagen polderwater.

Het meer ontvangt uit deze bronnen een overschot aan water, zodat er water moet worden afgespuid. Geleidelijk aan verdringt het minder

zoute water het zoute water dat oorspronkelijk was ingesloten.

Voortgaande daling van het zoutgehalte zou uiteindelijk de aan zout water aangepaste flora en fauna in hun ontwikkeling remmen of zelfs het bestaan ervan onmogelijk maken. Om dit te voorkomen was verversing met zeewater gewenst.

Als bijkomend voordeel van de invoer van zeewater kan gelden dat er zoutwaterorganismen worden aangevoerd, die momenteel niet meer in het Grevelingenmeer voorkomen. De verscheidenheid aan soorten kan bij herstel van contact met de zee verder toenemen; de mogelijkheden voor het verder tot ontwikkeling brengen van de natuurfunctie zouden daarvoor worden uitgebreid.

Het inspoelen van zeewater in het Grevelingenmeer is niet zo eenvoudig als het inspoelen van rivierwater in bijvoorbeeld het IJsselmeer. De doorspoeling van een zoetwatermeer met zoet rivierwater gaat niet vergezeld van beperkingen in de verticale menging en kan over het algemeen te allen tijde plaatsvinden. Zulke beperkingen treden wel op bij inspoeling van zeewater in het Grevelingenmeer. De oorzaak daarvan is gelegen in dichtheidsverschillen tussen het meer- en het zeewater. De dichtheid van water – het gewicht per volume-eenheid – is afhankelijk van het zoutgehalte. Eenvoudig gezegd: zouter water is zwaarder dan zoeter water. Tot op zekere hoogte geldt dit ook bij verschillen in temperatuur: kouder water is veelal zwaarder dan warmer water. Om de gedachte te bepalen: een zoutgehalteverlaging van 1 g Cl⁻ per liter heeft hetzelfde effect op de dichtheid als een temperatuursverhoging van 10°C. Nu was het

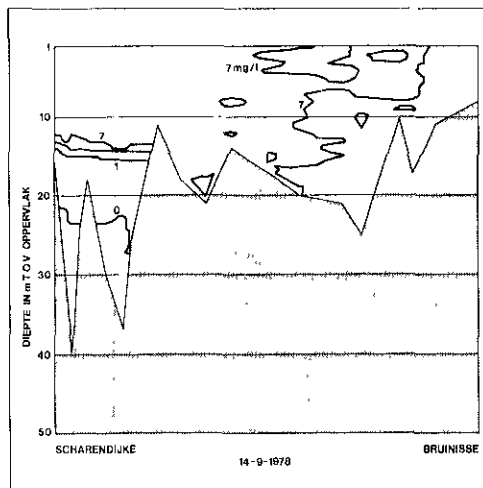
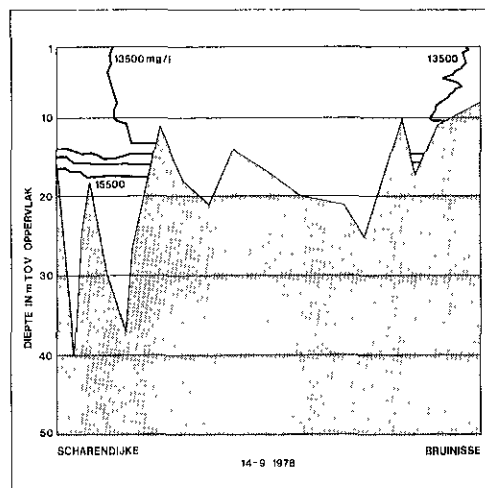
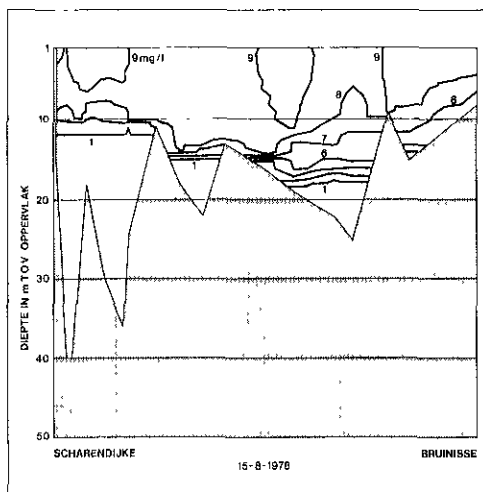
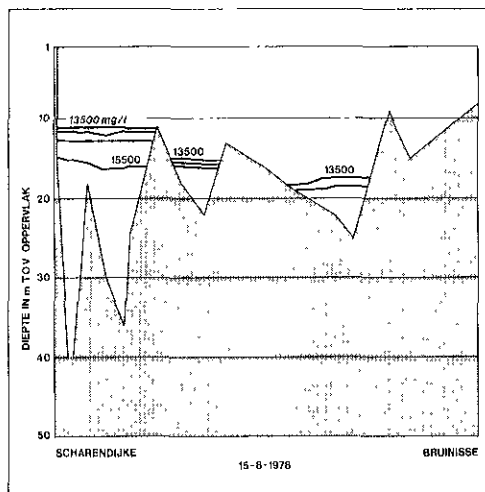


Fig. 1 en 2. Zoutgehalte (links) en zuurstofgehalte in het Grevelingenmeer op respectievelijk 15 augustus (boven) en 14 september 1978

zoutgehalte in het meer in 1977 gedaald tot 13 g Cl^- per liter.

In het kustwater schommelt het zoutgehalte rond de 17,5 g Cl^- per liter: een verschil dus van enkele grammen zout per liter water. Wordt er nu zeewater ingelaten in het Grevelingenmeer, dan verplaatst dit relatief zware water zich langs de bodem, en door het verschil in dichtheid vermengen de verschillende watermassa's zich nagenoeg niet met elkaar. We krijgen dus stratificatie, dat wil zeggen een tweelaagensysteem in het meer: een zoute, zware onderlaag en een minder zoute, lichtere bovenlaag.

Het wegvallen van de verticale uitwisseling beperkt niet alleen de uitwisseling van bijvoorbeeld zout tussen beide waterlagen, maar ook van andere opgeloste stoffen, waaronder zuurstof. De bovenlaag blijft wel in contact met de

atmosfeer, zodat daar vrijelijk zuurstof door het grensvlak water-lucht kan worden getransporteerd. Menging in de bovenlaag zorgt ervoor, dat er nergens tekorten ontstaan aan zuurstof, mits er slechts in beperkte mate afbreekbare stoffen op worden geloosd. Maar menging naar de onderlaag toe vindt nauwelijks plaats. De onderlaag blijft dus verstoken van aanvulling met zuurstof uit de atmosfeer. Als er dus zuurstof wordt verbruikt in de onderlaag of in de onderwaterbodem, dan zal het zuurstofgehalte van de onderlaag dalen, waarbij zuurstofloosheid en sterfte kan optreden. De enige bron van zuurstof voor de onderlaag is de aanvulling via zuurstofrijk water uit zee.

Hoe de gelaagtheid in een meer zich ontwikkelt, hoe diep de grenslaag zich zal bevinden, is in hoofdzaak afhankelijk van vier factoren: windsterkte, uitwisselingssnelheid, vorm van het bekken en dichtheidsverschil tussen boven- en onderlaag. Verhoogde turbulentie drukt de grenslaag naar grotere diepte doordat water van de onderlaag wordt 'afgeschraapt' en vervolgens in de bovenlaag opgemengd.

Het ingelaten zeewater wordt aan de onderlaag toegevoegd, zodat verhoogde uitwisseling van meer- en zeewater de onderlaag vergroot en de grenslaag opstuwt.

Het zal tenslotte duidelijk zijn dat, naarmate het verschil in dichtheid tussen beide lagen afneemt, de menging gemakkelijker wordt.

De beheerder van het Grevelingenmeer ziet zich dus niet alleen geconfronteerd met een uniek systeem – een zoutwatermeer – maar ook met een uniek en complex gedrag van het meer. Hoewel er al veel bekend is aangaande de optredende processen, blijft de ervaring hier de belangrijkste leermeester.

Begleitend onderzoek

De begeleiding van het beheer heeft met name gesteund op twee onderzoekpijlers: het veldonderzoek en het modelonderzoek.

Dankzij de hoge automatiseringsgraad van de meetschepen 'Ventjager' en later ook de 'Delta' is het mogelijk geweest tot twee maal per week de actuele toestand van het Grevelingenmeer op te nemen met betrekking tot de verdelingen van zout, temperatuur, zuurstof en dichtheid over de lengte en de diepte).

Voor een beheerder is het inschatten van effecten van toekomstig handelen minstens zo belangrijk als het hebben van actuele informatie, zo niet belangrijker. Ten behoeve van toekomstige verkenningen is mathematisch modelonderzoek dan ook geboden. Daarom is een sterk geschematiseerd model ontwikkeld, dat de gelaagtheidsveranderingen en de conse-

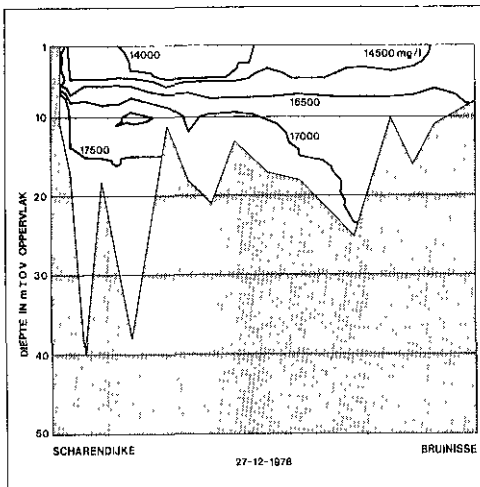
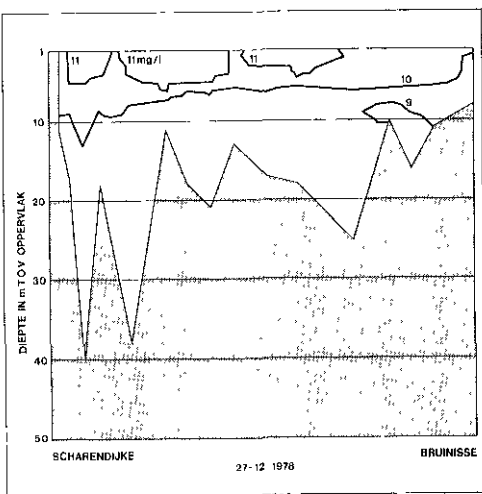
quenties voor de zuurstofhuishouding beschrijft. Aan de hand van dit model wilde men te weten komen wanneer het eerste contact tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee het best kon plaatsvinden, met welke snelheid het water het best kon worden uitgewisseld, en welke minimale zuurstofgehalten er zouden optreden. Aanvullend zijn met betrekking tot de zuurstofproblematiek nog twee andere typen onderzoek verricht, te weten onderwateronderzoek, dus inspectie door biologisch geschoolde duikers, en laboratoriumonderzoek ter bepaling van de zuurstofbehoefte van de onderwaterbodem. De opzet van dit onderzoek bleef echter beperkt tot incidentele waarnemingen. Naast de zuurstofhuishouding is voor het waterbeheer de vraag van belang of de inspoeling van zeewater vrijkend zal werken op de voedingsstoffenniveaus en daarmee op de algenontwikkeling in het meer. Aangezien de consequenties van algengroei in het meer minder acuut zijn dan die van een gebrekkige zuurstofhuishouding, is dit onderzoek losgekoppeld van de directe advisering aan de beheerder.

Tenslotte loopt er momenteel een nader onderzoek naar de kwaliteitsvariëaties in het kustwater als afhankelijk van de heersende windrichting en windsterkte, in samenhang met de afvoer van de Haringvlietssluis. Dit onderzoek zal aanwijzingen moeten geven over de mogelijke voorspelbaarheid van de kwaliteit van het in te laten zeewater.

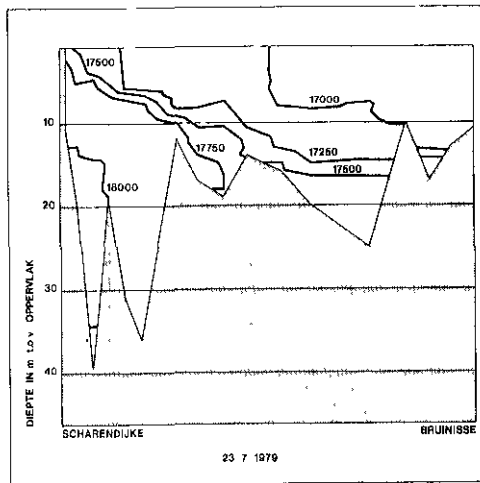
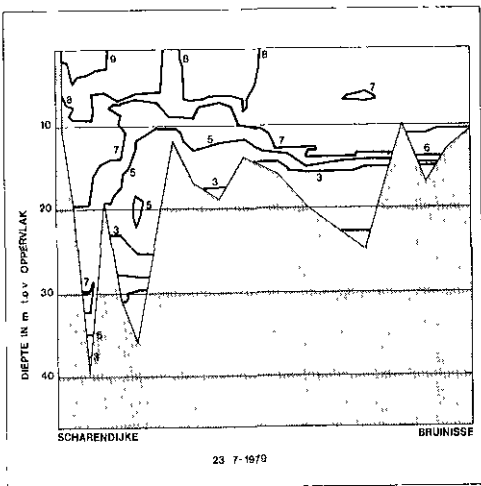
We zullen nu achtereenvolgens de ervaringen die opgedaan zijn met het gebruik van de Brouwerssluis over de periodes zomer 1978, winter 1978–1979 en zomer 1979 toelichten. Bij deze schetsen zullen ook enige overwegingen worden gewijd aan de besluitvorming met betrekking tot het gebruik van de sluis.

Fig. 3, 4, 5. Zoutgehalte (links) en zuurstofgehalte in het Grevelingenmeer op respectievelijk 27 december 1978 (boven), 23 juli 1979 (midden) en 6 augustus 1979

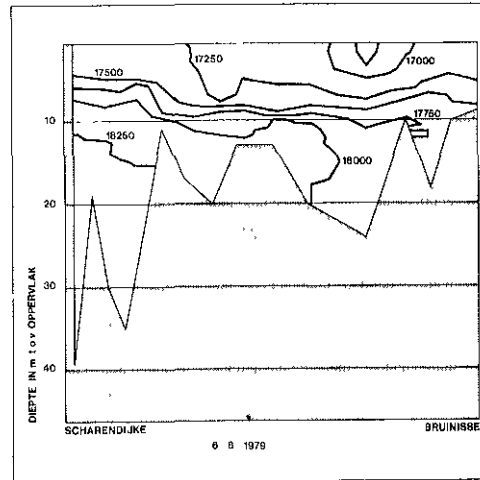
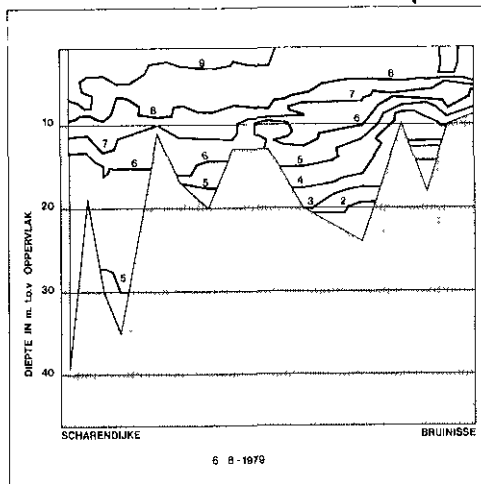
3



4



5



Zomer 1978

In het voorjaar van 1978 is de Brouwerssluis voor het eerst geopend; dat gebeurde toen om het debiet van de sluis te iken. Daarbij werd circa 80 miljoen m³ meerwater vervangen door zeewater, ofwel 13 % van de meerinhoud. Deze hoeveelheid bevond zich in de diepe geulen en sloot 800 ha – 8 % van de totale 10 000 ha – onderwaterbodem af van het verticale zuurstoftransport. Bij een routinemetende werd deze stand van zaken aangetroffen.

Moest men nu doorgaan met de totale verversing, of de uitwisseling met de zee voorlopig stoppen? Enkele inleidende berekeningen toonden aan dat voortzetting van de uitwisseling niet aan te bevelen was, aangezien de met het zeewater aangevoerde hoeveelheid zuurstof in de zomerperiode door de bodem geheel zou worden verbruikt. Aangezien in de diepe delen van het Grevelingenmeer relatief weinig bodemdieren per m² voorkwamen en men er zeker van kon zijn dat deze diepere bodemgebieden wel zouden worden herbevolkt, werd besloten de verdere uitwisseling van meer- en zeewater uit te stellen tot de winterperiode. Doorgaan met uitwisselen zou het oppervlak dat onder de grenslaag viel alleen maar hebben vergroot, zodat ook de rijkere ondiepe delen van het meer zouden kunnen worden aangetast. Dit besluit tot uitstel hield ook in, dat het zeker was, dat een aantal hectaren onderwaterbodem tijdelijk te kampen zou krijgen met zuurstoftekorten, wat tot sterfte zou leiden van de daar op dat moment aanwezige fauna. Door windinvloeden was de grenslaag op het moment van zuurstofloosheid zover gezakt, dat 50 ha tijdelijk moest worden afgeschreven. Het zoutere water is alleen doorgedrongen in de zuidelijke geul van het meer.

Op 14 september 1978 had de wind de gelaagdheid overal opgeruimd, op de diepe putten van Scharendijke-Den Osse na.

Een positief effect van dit eerste contact met de zee is de inspoeling van enkele nieuwe vissoorten geweest. Ook zijn enkele jonge scholletjes waargenomen.

Winter 1978–1979

Op 4 december 1978 is een begin gemaakt met de definitieve verversing van het Grevelingenmeer. De verdeling van zuurstof en zout over de lengte en diepte in de zuidelijke geul van het Grevelingenmeer op 27 december 1978 wordt weergegeven in figuur 3. In dit diagram is duidelijk te zien dat de gelaagde opbouw van het water zich reeds na 3 weken aftekent. Het zeewater dringt langs de bodem het bekken

binnen. In elke put is sprake van een zekere gelaagdheid. Het bovenste water van een put stroomt over naar de volgende put, zodat er in oostwaartse richting een geleidelijke vermindering waar te nemen valt van de maximale zoutgehalten in de onderlaag. Het oorspronkelijke zuurstofarme water uit de putten van Scharendijke-Den Osse wordt vermengd met zuurstofrijker zeewater en weggespoeld naar de Grevelingensluis, waar dag en nacht bij eb nog eens gemiddeld 15 m³/sec water van het Grevelingenmeer wordt uitgelaten.

Uit het verloop van het zout- en het zuurstofgehalte in de periode december 1978–december 1979 blijkt dat het gemiddelde zoutgehalte onder de spronglaag het snelst is gestegen.

Aankankelijk was de stijging van het zoutgehalte in de bovenlaag nauwelijks meetbaar, maar naarmate de grenslaag hoger werd opgestuwd, kreeg de wind meer vat op de onderlaag en begon de menging van water uit de onder- naar de bovenlaag op gang te komen; het zoutgehalte in de bovenlaag steeg toen snel.

Uit het vrijwel constante zuurstofgehalte in de onderlaag gedurende de wintermaanden blijkt, dat de ingespoelde hoeveelheid zuurstof nauwelijks werd aangesproken door het bodemverbruik.

In de besluitvorming omtrent de beëindiging van de winterversing werden twee criteria centraal gesteld: het gemiddelde zoutgehalte in het meer moest boven 16 g Cl⁻ per liter komen de gelaagdheid in het meer moest verdwenen zijn. Het eerste criterium was gesteld om de soortendiversiteit in het meer te verhogen, het tweede om een gunstige uitgangspositie te verkrijgen voor de zomer.

Gelaagdheid zonder uitwisseling van meer- en zeewater in de zomer – zo was bekend – hield risico's in voor de zuurstofhuishouding van de onderlaag.

Met name vanwege het laatste criterium kon niet besloten worden de winterversing eind maart te beëindigen. In die maand werd de stratificatie namelijk weer versterkt, door overmatige neerslag.

Naar verwachting zou deze stratificatie binnen enkele weken wel weer worden opgeheven, wanneer het uitwisselingsproces tenminste werd gecontinueerd. Eind april, begin mei zou men de vorderingen beoordelen, mede in het licht van de beheersstrategie die in de daaropvolgende zomer zou worden gevolgd.

Zomer 1979

Maar eind april was de gelaagdheid in het meer nog niet verdwenen. Dat werd veroorzaakt door

de tijdelijk relatief lage zoutgehalten in het kustwater, waardoor slechts in beperkte mate meer met zeewater kon worden uitgewisseld. Het werd nu vooral zaak, te kiezen tussen de te volgen beheersstrategie voor de zomer: een strategie van 'dicht, tenzij ...' of 'open, tenzij ...'. Volledig dicht houden was na de ingebruikneming van de sluis onmogelijk, aangezien de *sluis moest worden gebruikt voor verbetering van het peilbeheer*.

Dit zou evenwel inhouden, dat het ingelaten zeewater vrijwel continu stratificatie teweeg zou brengen nabij de sluis, terwijl zuurstofloosheid in de onderlaag als zekerheid moest gelden.

Volledig open zetten van de sluis zou weinig zinvol zijn, met name in tijden met verzoet kustwater. Naar verwachting kon 270 ha onderwaterbodan te kampen krijgen met zuurstofproblemen bij toepassing van de strategie 'dicht, tenzij ...' en 710 ha bij de strategie 'open, tenzij ...'. In het voordeel van deze laatste strategie werd aangetekend, dat er organismen uit zee zouden worden geïmporteerd en dat er nieuwe informatie over de beheersbaarheid van het meer kon worden verkregen. Het risico, dat deze strategie meebracht, werd als nadeel aangetekend, maar men verwachtte, dat het zuurstofgehalte in de onderlaag bij continue doorspoeling met 100 m³/sec niet verder zou dalen dan tot gemiddeld 5 mg/l. Het geheel van verwachtingen met betrekking tot zowel voorspelbare als onvoorspelbare factoren leidde tot keuze van de strategie 'open, tenzij ...'.

De feiten hebben deze keuze achteraf wel gerechtvaardigd, al zijn er moeilijke perioden geweest. In de maanden juni en juli heeft het meer te kampen gehad met zeer lage zuurstofgehalten in de onderlaag. Oorzaak hiervoor was een samenloop van enkele ongunstige omstandigheden. Ten eerste is er van half april tot half mei minder water uitgewisseld dan de bedoeling was. Er moesten toen extra veiligheidsvoorzieningen worden aangebracht aan de sluis, en bovendien kwam er opnieuw een periode van verlaagde zoutgehalten in het kustwater. Ten tweede is er een combinatie van temperatuursstijgingen in de bovenlaag en een zeer geleidelijke stijging van het zoutgehalte van het kustwater opgetreden, die verhogend heeft gewerkt op de plaats van de spronglaag.

De onverwacht hoge ligging van de spronglaag heeft een grotere aanslag op de zuurstofvoorraad tot gevolg gehad dan voorzien, aangezien meer oppervlakte van de altijd zuurstofconsumerende bodan werd ingesloten. Door het matige zoutgehalte in het kustwater bleef de noodzakelijke toevoer van zuurstofrijk zwaar water beperkt tot het westelijk gedeelte van de

geulen, zodat met name in het oosten zuurstofarmoede optrad tot op 8 m onder het oppervlak. Eind juli steeg het zoutgehalte in het kustwater voldoende om binnen veertien dagen een eind te maken aan de zuurstofproblemen. Eind september kwam vervolgens een eind aan de ge-laagdheid in het meer.

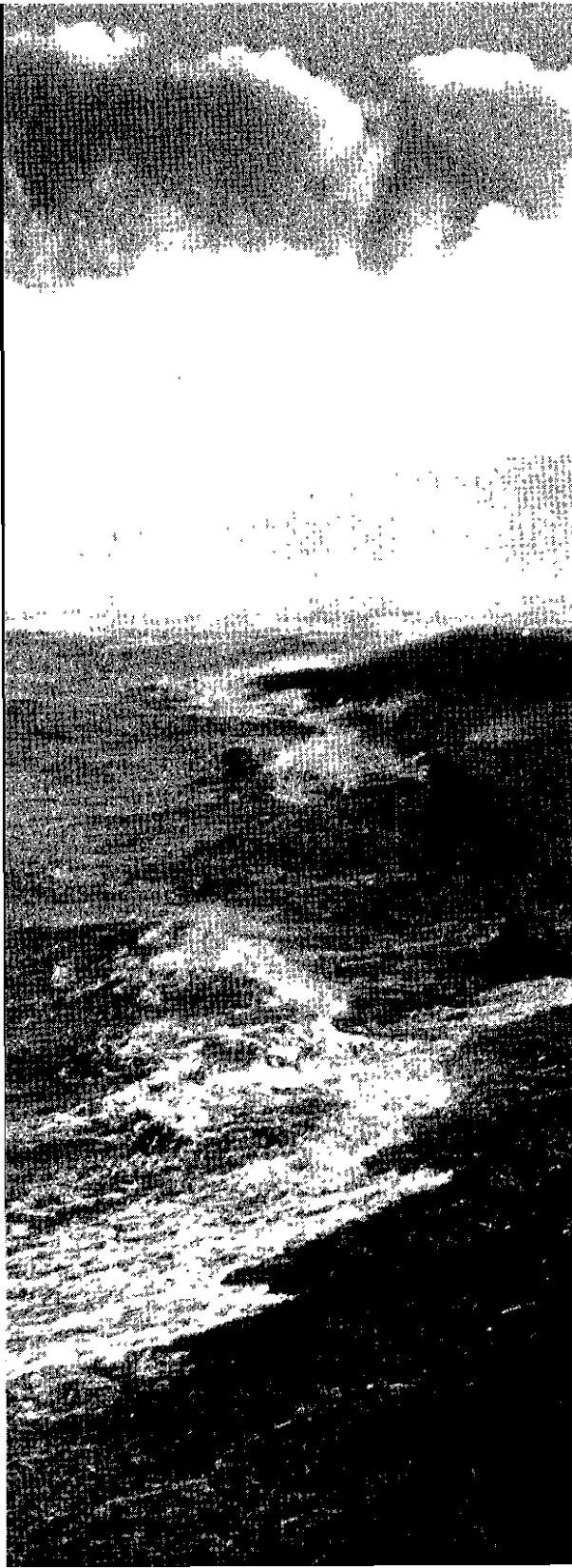
Conclusies

De ervaringen die zijn opgedaan met de Brouwerssluis sedert de ingebruikneming hebben een zeer grote waarde gehad voor het beheer van dit nieuwe type bekken: het zoute stagnante bekken. *Het verschil in gedrag van het meer gedurende de zomer en de winter is zeer groot gebleken*. Tevens is duidelijk geworden, dat inzicht in de processen alleen onvoldoende is om prognoses voor het zomerseizoen te maken. De grote invloed van moeilijk voorspelbare factoren, met name de weersomstandigheden, maken hooguit een prognose mogelijk binnen alternatieve scenario's.

De import van organismen uit zee ter verrijking van het Grevelingenmeer is zeker succesrijk gebleken, zoals onderwateronderzoek door duikers inmiddels heeft uitgewezen. Het herstel van de levensgemeenschappen in de diepe geulen verliep na de zuurstofarme periode van zomer 1979 ook zeer snel.

In de bepaling van het toekomstige beheer zal de gunstige invloed van de import van organismen afgewogen moeten worden tegen de risico's van zuurstofarmoede.

De effecten zijn het hevigst in de zomerperiode. Verversing van de meerinhoud uitsluitend gedurende de winterperiode garandeert in de toekomst een voldoende zoutgehalte in het meer om gunstige ontwikkelingen in de levensgemeenschappen mogelijk te maken, zonder problemen in de zuurstofhuishouding.



Golfverwachtingen op de Noordzee en aan de Nederlandse kust

De beweging van het zeeoppervlak is onregelmatig en grillig. De vaak chaotisch lijkende bewegingen worden hoofdzakelijk veroorzaakt door golven die door de wind zijn opgewekt. De golfbeweging is echter in wezen niet chaotisch, alleen heel ingewikkeld; ze is voor wetenschappelijke analyse vatbaar. En bij het ontwerpen, uitvoeren en beheren van kustverdedigingswerken, maar ook voor de scheepvaart, de visserij en de natte mijnbouw, is kennis van de golfbeweging noodzakelijk.

De studie van de zeegolven kreeg tijdens de Tweede Wereldoorlog een krachtige stimulans. In verband met militaire landingsoperaties die toen op grote schaal moesten worden uitgevoerd en zorgvuldig dienden te worden voorbereid, moest men zo goed mogelijk voorspellen welke golfbeweging men op het tijdstip van de operatie in het desbetreffende kustgedeelte zou aantreffen. Het inzicht in het ontstaan, de voortplanting en de vervorming van golven werd daardoor in betrekkelijk korte tijd aanzienlijk verdiept. De beweging van het zeeoppervlak kan nu goed beschreven worden met behulp van een theorie die gebaseerd is op natuurkundige principes, en die getoetst is aan metingen. De golfinformatie komt langs twee verschillende wegen tot stand: via metingen en via berekeningen. Om een voorbeeld te geven: ter plaatse van de toekomstige stormvloedkering in de Oosterschelde tracht men met behulp van meetpalen en meetboeien de golfbeweging te beschrijven (fig. 1). Uit een groot aantal metingen kan vervolgens berekend worden welke kans van optreden een bepaalde golf heeft. Om twee redenen is deze informatie onvoldoende. Ten eerste is het voor het ontwerpen van kustverdedigingswerken noodzakelijk ook inzicht te hebben in extreme golven, golven dus

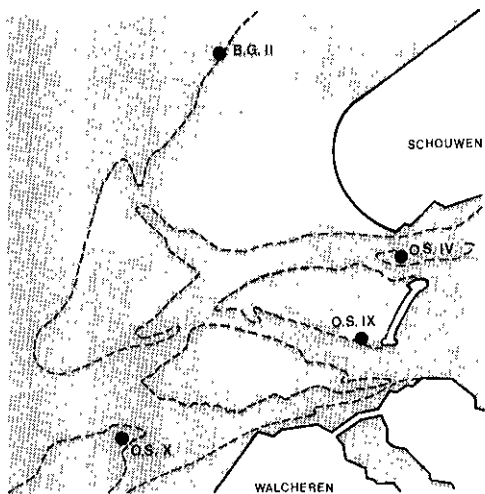


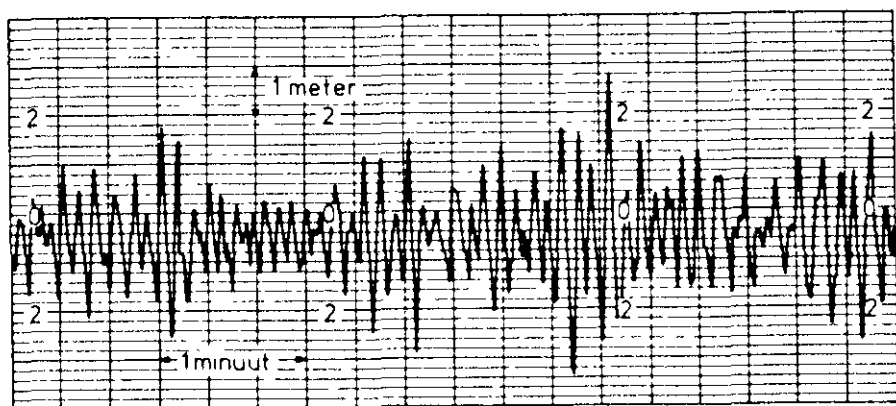
Fig. 1. Golfmeetpalen in de Oosterschelde-monding

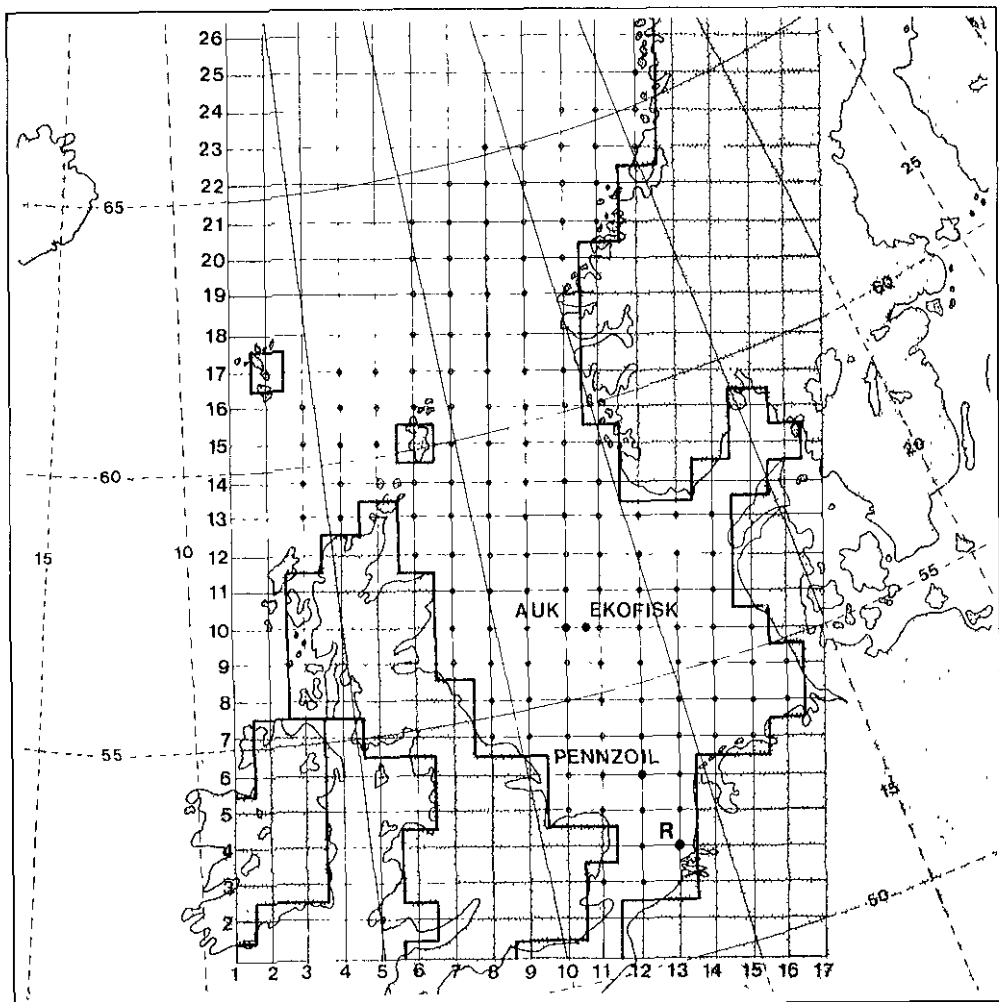
die een heel kleine kans hebben om op te treden. Voor de stormvloedkering in de Oosterschelde kan daarbij gedacht worden aan de extreem hoge golven die behoren bij de superstorm waarop de stormvloedkering is ontworpen. In Bericht 86 (november 1978) is aangegeven dat niet alleen de golven, maar ook de waterstand de belasting op de kering bepaalt, en dat de ontwerpbelasting berekend is uit de simultane kansverdeling van zowel golven als waterstanden. Om de stormvloedkering zo te kunnen ontwerpen dat hij bestand is tegen een storm met een overschrijdingsfrequentie van 1/4000 per jaar, is de meetduur van de golfregistraties in ieder geval te kort, zodat met een extrapolatie zal moeten worden gewerkt. Ten tweede komen bij de bouw van de stormvloedkering situaties voor waarbij de golfbeweging enige uren tot enige dagen van tevoren bekend moet zijn. Het neerzetten van een pijler kan bijvoorbeeld niet plotseling worden onderbroken. Hetzelfde probleem doet zich voor in de Eurogeul, de aanvoerroute naar Rotterdam, waar diepstekende tankers tijdens hun vaart door de geul niet overvallen mogen worden door hoge golven.

Zowel voor de extrapolaties naar extreme omstandigheden als voor de golfverwachtingen op korte termijn is een theorie nodig die de golfbeweging op voldoende betrouwbare wijze beschrijft. Zo'n theorie is inderdaad ontwikkeld. In dit theoretisch model wordt het onregelmatige zeeoppervlak als het ware uiteengerafeld in oneindig veel regelmatige sinusvormige golven, ieder met een eigen golfhoogte en golfperiode (fig. 5).

Golven ontstaan doordat de wind energie overdraagt aan het wateroppervlak. Men heeft getracht dit verschijnsel wiskundig te beschrijven

Fig. 2. Gedeelte van een golfregistratie





door vier stadia te onderscheiden in de groei van golven. In het eerste stadium, zo is uit proeven op zee en in laboratoria gebleken, groeit een golfcomponent lineair, dat wil zeggen dat de energie ervan met de tijd constant toeneemt. Nu blijkt dat de snelheid van de wind varieert met de hoogte boven het wateroppervlak, van vrijwel nul vlak boven het water tot een zekere grootte op de standaardmeethoogte van 10 meter. Naarmate een golf hoger wordt, voelt hij als het ware meer van de wind, waardoor de energie-overdracht toeneemt. De golf wordt daarvoor nog verder opgezet, wat vervolgens weer leidt tot een grotere energie-overdracht, enz. In het tweede stadium is dan ook sprake van een zogenaamde exponentiële groei (fig. 4). Verder is gebleken dat de golfcomponenten niet alleen rechtstreeks door de wind worden opgewekt, maar dat er ook een samenspel is met de an-

dere golfcomponenten, die, vooral in het derde stadium, wat van hun energie afstaan aan een nieuwe golfcomponent. Tenslotte treedt in het vierde stadium een verzadigingstoestand op, waarbij evenveel energie wordt afgegeven als er door de wind wordt toegevoerd. De afgifte van energie vindt vooral plaats door inwendige wrijving, breking en energieverlies aan de bodem. In het verzadigingsgeval spreekt men van volgroeiende zeegang.

Tot nu toe is alleen gesproken over golven die groeien of even hoog blijven onder invloed van de wind. Een heel nieuwe situatie ontstaat wanneer de golven worden onttrokken aan de werking van de wind, bijvoorbeeld wanneer de wind gaat liggen, het windveld zich verwijderd, of wanneer de golven het windveld uitlopen. We spreken dan van deining. Het uiterlijk van de golven verandert nu belangrijk: de witte koppen

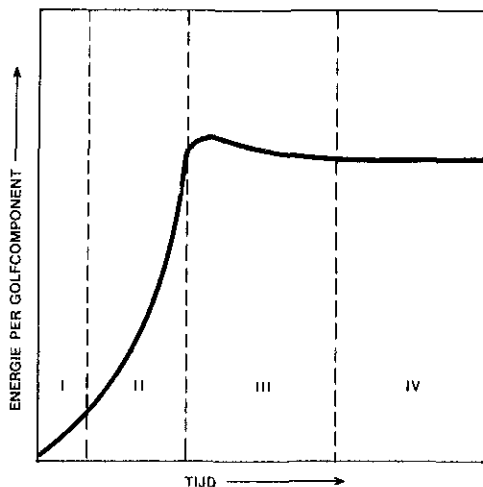


fig. 4. Opbouw van de golf-energie in vier stadia

Fig. 3. Raster van het GONO-windmodel van het K.N.M.I. R is het rasterpunt dat het dichtst ligt bij de Oosterschelde-mond

verdwijnen, evenals de rimpels die bij zeegang altijd op de golven aanwezig zijn; de golven krijgen een veel gladder aanzien. Dit is voornamelijk een gevolg van energieverlies door inwendige wrijving.

De deining afkomstig van windvelden in de noordelijke Noordzee is voor onze kust zeer belangrijk. Lange golven die daar zijn ontstaan kunnen diepstekende tankers in de Eurogeul in moeilijkheden brengen. Ook belasten deze lange golven de toekomstige stormvloedkering in de Oosterschelde meer dan de lokaal opgewekte korte golven. Wanneer de deining zich over grote afstanden verplaatst treedt in het algemeen hoogteverlies op. Dat komt onder meer doordat lange golven zich sneller voortplanten dan korte, zodat het deiningsveld uiteenvalt, met de langste golven voorop. Tevens treedt hoogteverlies op doordat de golven uit-

waaieren. Passeert nu een deiningsveld een windveld, dan zal de in dit windveld opgewekte zeegang de passerende deining beïnvloeden. Dit proces van de herverdeling van energie tussen zeegang en deining maakt de beschrijving van het golfbeeld extra gecompliceerd. Als basis voor de beschrijving van de golfbeweging gebruiken we de energievariatie die elke component afhankelijk van tijd en plaats ondergaat. De energieverandering van een golf component per tijdseenheid stellen we dan gelijk aan de hoeveelheid energie die de component ontvangt van de wind en van andere golfcomponenten, verminderd met de energie die hij op zijn beurt weer afstaat, aan bijvoorbeeld de bodem. Wanneer we bovendien de energie van iedere golfcomponent in rekening brengen die per tijdseenheid een bepaald gebied in- of uitloopt, kunnen we voor dat gebied een energiebalansvergelijking opstellen. Deze vergelijking kan echter niet zomaar per golfcomponent worden opgelost, omdat de verschillende golfcomponenten aan elkaar gekoppeld zijn via de eerder genoemde wisselwerking. Wat we krijgen is dus een systeem van gekoppelde vergelijkingen, dat zelfs op een geavanceerde computer nog nauwelijks kan worden opgelost. In ieder geval kan van dit systeem van gekoppelde vergelijkingen thans nog geen operationele toepassing worden verwacht.

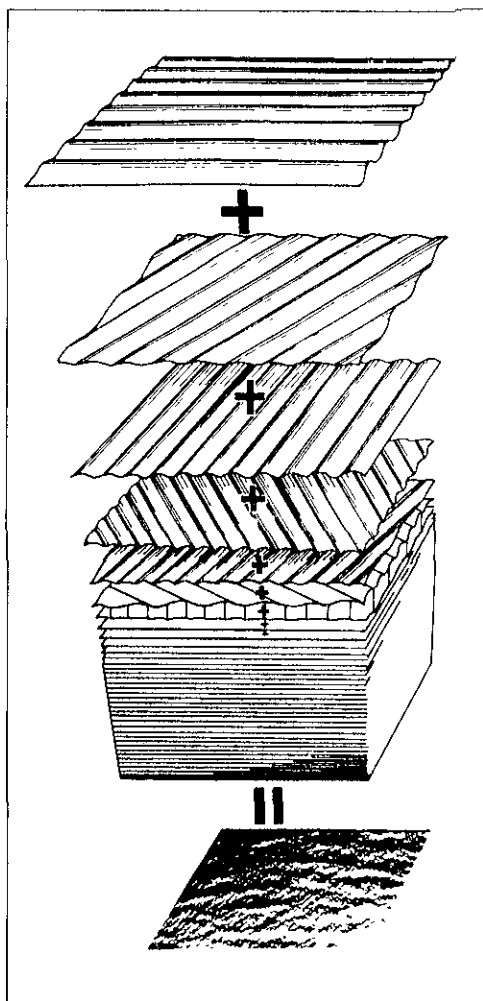
Ter vereenvoudiging van het probleem heeft het K.N.M.I. een computerprogramma geschreven waarin enige vereenvoudigde aannamen zijn opgenomen, geënt op ervaringen en metingen. In dit GONO-programma wordt de golfbeweging berekend in een beperkt aantal punten op de Noordzee. Een nadeel van het programma is wel dat het de afzonderlijke processen niet afzonderlijk beschrijft, waardoor in bepaalde situaties niet meer goed bepaald kan worden welke processen verantwoordelijk zijn voor welke aspecten van het golfbeeld. Het grote voordeel is echter dat dit programma operationeel toepasbaar is.

Wanneer het doel is operationele golfverwachtingen te produceren, ligt het voor de hand het golfmodel te koppelen aan de windverwachting; op de Noordzee ontstaan de golven immers onder invloed van de wind.

Een belangrijke handicap daarbij is gelegen in het feit dat windinformatie slechts verkregen wordt van een beperkt aantal schepen en vaste waarnemingstations. Omdat het totale windveld moeilijk uit deze geringe hoeveelheid waarnemingen kan worden bepaald, wordt het berekend uit het isobarenpatroon. Dit patroon, dat de verdeling van de luchtdruk weergeeft, is echter ook, zij het in mindere mate, behept met onnauwkeurigheden, omdat het eveneens

moet worden afgeleid uit te weinig scheeps-
waarnemingen.
De laatste jaren is het GONO-model door het
K.N.M.I. in samenwerking met de Rijkswater-
staat en het Waterloopkundig Laboratorium ver-
beterd. Ook het windverwachtingsmodel van
het K.N.M.I. is grondig opgepoetst. Het eerder
vermelde nadeel van het GONO-model, dat de

Fig. 5. De beweging van het
zee-oppervlak kan ontleed
worden in een groot aantal re-
gelmatige golfbewegingen



beschrijving der processen aan de hand van
empirische relaties is vereenvoudigd, zal in de
nabije toekomst nader worden onderzocht met
behulp van een model dat deze beperking niet
heeft, en daardoor moeilijk operationeel kan
worden toegepast, maar dat wel geschikt is als
evaluatie-instrument van het operationele
model.

Tijdens de bouw van de stormvloedkering in de
Oosterschelde zal het GONO-model elke zes uur
een prognose leveren van zeegang en delning
in een aantal punten verdeeld over de gehele
Noordzee. De prognose geeft de verwachte
waarden voor de komende 6, 12, 18 en 24 uur.
Het modelresultaat moet voortdurend worden
getoetst aan actuele waarnemingen. Daartoe
zullen metingen worden uitgevoerd aan de olie-
platforms Aukfield, Ekofisk en Pennzoil (fig. 3).
Deze metingen kunnen op zich reeds een voor-
spellende waarde hebben, omdat golven uit
noordelijke richtingen later ook hun invloed
doen gelden in het mondingsgebied van de
Oosterschelde.

Zoals blijkt uit fig. 3 voorspelt GONO niet de
golfgrootheden in de Oosterschelde zelf. Het
dichtstbijzonde roosterpunt, R, ligt ongeveer
30 km zeewaarts van Hoek van Holland. Het
kustgebied, en zeker ook de monding van de
Oosterschelde vereisen andere technieken om
de golfvoortplanting en de golfgroei door lokale
windvelden te beschrijven. Daarbij komt dat
banken en geulen de golfbeweging nog weer in-
grijpend vervormen, waarbij effecten als golf-
breking, refractie, wrijving aan de bodem en
getijstromingen essentieel zijn. Om de filterwer-
king van de kustzone en de lokale golfgroei te
beschrijven is daarom een afzonderlijk golfmo-
del FILTER ontwikkeld, dat uitgaat van de
GONO-resultaten voor punt R, en dat verder
lokale informatie verwerkt over de windver-
wachting, de waterstanden en de stroomsnel-
heden. Zelf geeft het dan golfinformatie die geldt
voor het tracé van de toekomstige stormvloed-
kering.

De kwaliteit van de golfverwachtingen voor de
bouw van de stormvloedkering is inmiddels op
een peil waarbij de modellen operationeel ge-
toetst kunnen gaan worden. Er zal een vergelij-
king worden getrokken met een verbeterde ver-
sie van de handmethode die voor de Eurogeul
wordt gebruikt. Bij de evaluatie zullen de resul-
taten van de golfmeetpalen en -boeien dienen
ter controle van de modeluitkomsten. Als proef-
periode wordt de tijd genomen dat het verdich-
tingsschip in het tracé van de stormvloedkering
werkzaam is, zodat daarna, wanneer de pijlers
voor de stormvloedkering moeten worden ge-
plaatst, gerekend kan worden op betrouwbare
golfverwachtingen.

In 1977 is een studie begonnen naar het toekomstige beheer van de stormvloedkering in de Oosterschelde. Deze zogenaamde BARCON-studie – van 'Barrier Control' – wordt verricht in samenwerking met de Rand Corporation in Santa Monica (V.S.). Ze heeft een tweeledig doel. In de eerste plaats moest worden vastgesteld welke eisen het beheer van de stormvloedkering stelt aan het ontwerp ervan; vervolgens wilde men inzicht hebben in de consequenties die de verschillende mogelijke beheersstrategieën zouden hebben voor het Oosterscheldebekken.

Het toekomstige beheer van de stormvloedkering in de Oosterschelde

De eerste doelstelling hield in dat er randvoorwaarden moesten worden geformuleerd voor het ontwerp van de kering. Die zijn namelijk afhankelijk van de strategie die bij het beheer wordt toegepast. Met het oog op de tweede doelstelling wordt vanaf voorjaar 1980 een beleidsanalytische studie uitgevoerd, waarin de effecten worden beoordeeld die de verschillende strategieën zullen hebben op de veiligheid, het natuurlijk milieu, de waterhuishouding, de scheepvaart enzovoort in de Oosterschelde. De resultaten van deze beleidsanalyse moeten dienen om een verantwoorde keuze mogelijk te maken uit de verschillende voor het beheer van de kering mogelijke strategieën. Over dit deel van de studie zal in een later Bericht worden gerapporteerd.

In dit artikel zullen we eerst ingaan op de structuur van het studieproject en daarna enkele resultaten bespreken van de eerste studiefase. Tenslotte volgt een korte uiteenzetting van enkele zaken die op dit moment aan de orde zijn. De resultaten van de BARCON-studie zullen voor advisering worden voorgelegd aan de Raad van de Waterstaat, en bovendien met alle betrokkenen worden doorgesproken.

Bij het beheer van de stormvloedkering kan onderscheid worden gemaakt tussen gebruik tijdens stormvloed en gebruik in andere situaties. We geven een paar voorbeelden van zulke 'andere situaties'.

Stel, er doet zich op zee een ramp voor waarbij olie of een andere schadelijke stof in het water terechtkomt; stel verder dat het hiermee verontreinigde water de Oosterschelde dreigt binnen te dringen. De stormvloedkering kan dan worden gebruikt om ernstige vervuiling van de Oosterschelde te voorkomen. Ook zou de storm-

vloedkering een actieve rol kunnen spelen in het vermijden van extreem lage waterstanden op het bekken als daar dijk- of oevervallen dreigen. Wanneer er eenmaal strategieën zijn ontwikkeld, dan moeten ze vervolgens worden gedetailleerd naar tactieken – waarin bijvoorbeeld wordt gekeken naar de volgorde waarin de verschillende schuiven moeten worden gesloten – en worden vertaald naar het operationele beheer. Dat laatste gebeurt in het project BARBOTI, waarin BAR de eerste lettergreep van BARCON is, en BOTI een samentrekking van de eerste letters van Beslissen, Organisatie, Training en Informatie. De studies voor het toekomstige beheer zijn reeds in 1977 gestart, omdat de randvoorwaarden voor het ontwerp van de stormvloedkering in een vroeg stadium bekend moesten zijn. Voor deze randvoorwaarden is het gebruik bij stormvloed bepalend. Daarom heeft de studie zich tot eind 1979 in hoofdzaak daarop gericht. Het beheer is er in deze situaties op gericht, zoveel mogelijk te vermijden dat er tijdens stormvloed op de Noordzee hoge waterstanden optreden op de Oosterschelde. Deze doelstelling leidt tot criteria voor het moment van sluiten en voor de manier van sluiten.

Voor de beslissing tot sluiten kan gebruik gemaakt worden van voorspelde of van optredende waterstanden. In het eerste geval verlaat men zich op de voorspellingen van hoogwaterstanden door het K.N.M.I. en de Stormvloed-waarschuwingsdienst. Voor deze situatie is een *sluitpeil* gedefinieerd. Als het eerstvolgende hoogwater aan de buitenzijde van de kering volgens de voorspellingen hoger zal zijn dan het sluitpeil, dan moet de kering worden gesloten. Over het algemeen wordt gesloten voordat de buitenwaterstand het sluitpeil bereikt.

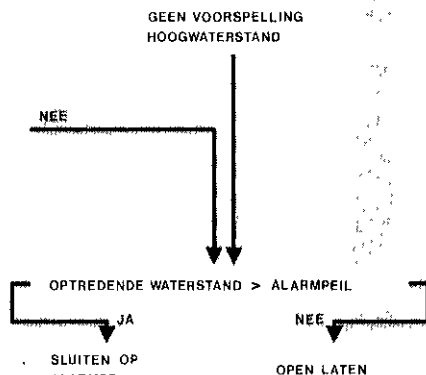
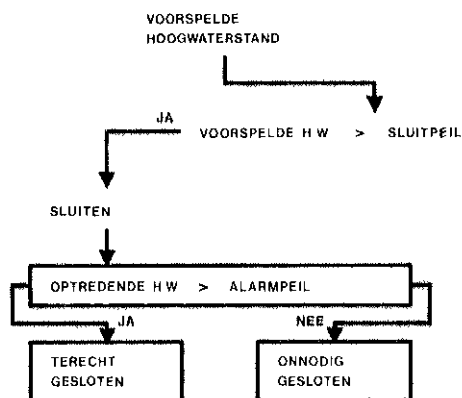


Fig. 1 Schema voor de besluitvorming inzake het sluiten van de stormvloedkering

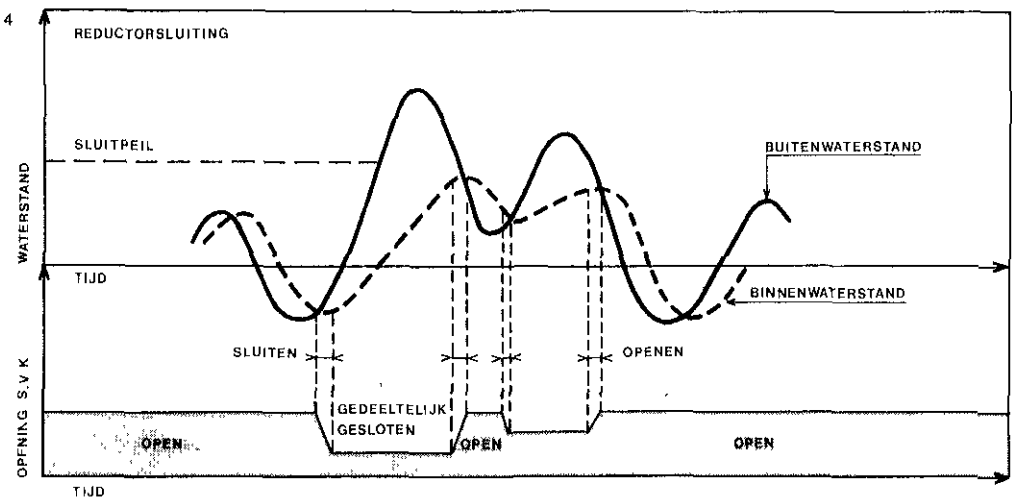
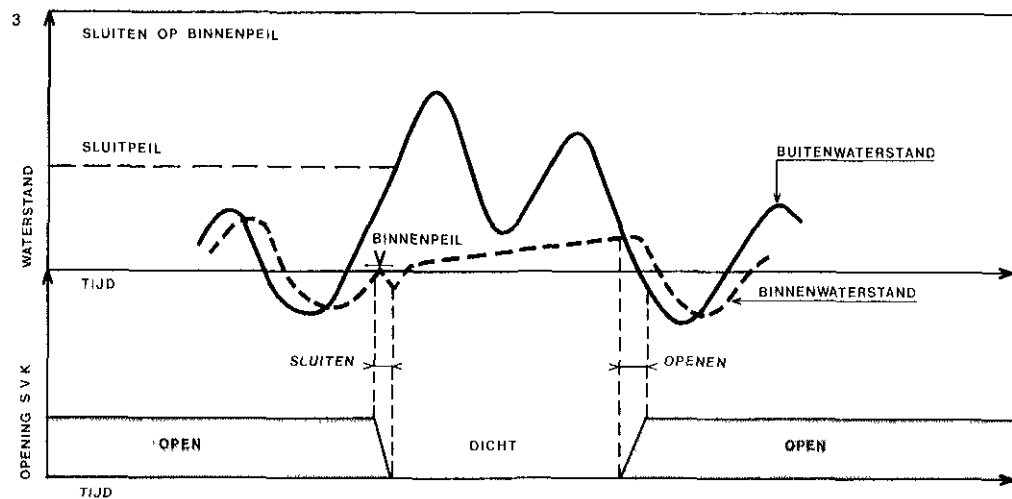
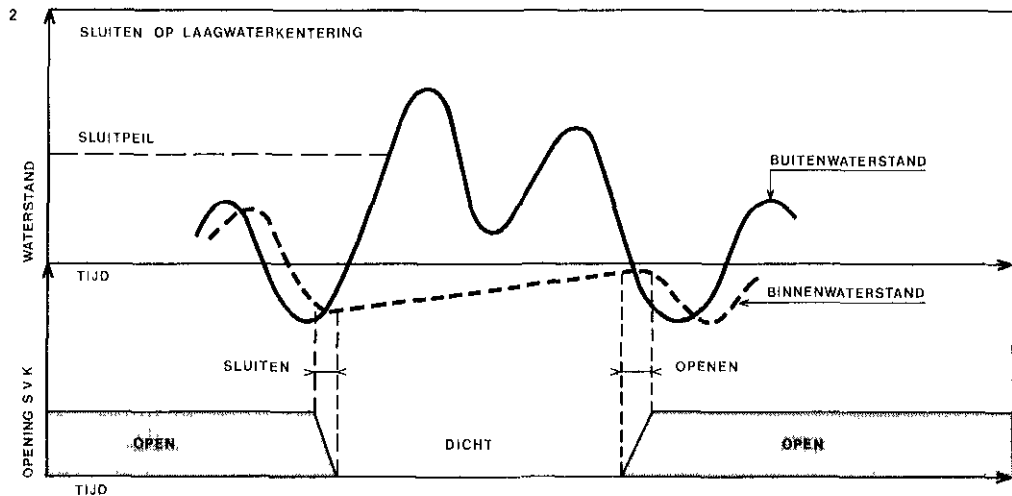
Fig. 2, 3, 4. Buiten- en binnenwaterstanden bij verschillende sluitmanoeuvres

In het tweede geval gaat men af op de feitelijk optredende waterstanden. Voor deze situatie is er een *alarmpeil* gedefinieerd. Indien de optredende waterstand aan de buitenzijde van de stormvloedkering het alarmpeil overschrijdt, wordt de kering direct gesloten. Als er bij het beheer gebruik wordt gemaakt van voorspelde hoogwaterstanden, dan spelen zowel het sluitpeil als het alarmpeil een rol. Men vindt dat in het schema van figuur 1 aangegeven. Beginnen we links bovenaan bij de situatie dat er een voorspelling van de hoogwaterstand ter beschikking is, dan wordt getoetst of deze stand hoger is dan het sluitpeil. Zo ja, dan wordt de stormvloedkering gesloten: zo nee, dan blijft hij open. De voorspelling van de hoogwaterstanden heeft echter een marge van onnauwkeurigheid. Er bestaat een kans dat een stormvloed-hoogwater te laat, of zelfs in het geheel niet wordt voorspeld. Daarom wordt ook altijd getoetst of de optredende buitenwaterstand het alarmpeil niet overschrijdt. Zo ja, dan wordt de stormvloedkering alsnog onmiddellijk gesloten; zo nee, dan blijft de kering open.

We kunnen achteraf vragen of de sluitingen op basis van een voorspelde overschrijding wel nodig zijn geweest. Een sluiting wordt nodig genoemd als de optredende buitenwaterstand het alarmpeil heeft overschreden. Op de onderste regel in figuur 1 staan de vier situaties die kunnen voorkomen: terecht gesloten, onnodig gesloten, gesloten op alarmpeil en open gelaten. Door deze structuur is de veiligheid gewaarborgd. Bij een bepaalde nauwkeurigheid van de voorspellingstechniek wordt de verhouding tussen het aantal terrechte sluitingen, onnodige sluitingen en sluitingen op het alarmpeil bepaald door de hoogte van het alarmpeil en het sluitpeil.

Te bespreken valt verder, hoe er wordt gesloten. Over het algemeen is de voorspelde hoogwaterstand ruim zes uur van tevoren bekend, zodat men de mogelijkheid heeft, op verschillende tijdstippen te sluiten; bovendien kan men geheel of gedeeltelijk sluiten. De wijze van sluiten bepaalt het verloop van de binnenwaterstand: dit is belangrijk voor het effect van de sluiting op de Oosterschelde.

Sluit men op de laagwaterkentering, dan betekent dat dat er wordt gesloten op het moment dat de buiten- en de binnenwaterstand aan elkaar gelijk zijn. Het gevolg is een relatief lage binnenwaterstand, die vrijwel niet meer schommelt. Alleen door water dat bijvoorbeeld langs de schuiven lekt, en mogelijk door golfoverslag kan de binnenwaterstand nog wat oplopen. Het verval over de kering is tijdens het sluiten gering, het maximale verval in gesloten toestand



is daarentegen groot. Sluiten op binnenpeil betekent dat niet wordt gesloten op de laagwaterkentering, maar dat gewacht wordt totdat de binnenwaterstand een bepaald peil heeft bereikt. In figuur 3 is dat peil gesteld op N.A.P.; het kan echter ook op verscheidene andere hoogten worden gekozen. Het gevolg is dat men de binnenwaterstand redelijk nauwkeurig kan instellen op een vooraf gekozen peil. Het verval over de stormvloedkering is groter dan bij een laagwaterkenteringssluiting, maar het maximale verval in gesloten toestand is kleiner.

Bij de zogenaamde reductorstrategie (fig. 4) wordt de stormvloedkering op de laagwaterkentering gedeeltelijk gesloten. De overblijvende opening wordt zo gekozen dat de binnenwaterstand, die nu niet stagnant is maar variabel, onder een bepaald voorgeschreven peil blijft. Het verval over de stormvloedkering is tijdens het sluiten gering, en ook in gedeeltelijk gesloten toestand is het niet groot.

Tot nu toe bespraken we situaties waarin wordt gesloten op basis van een voorspelde buitenwaterstand. Er kan echter ook worden gesloten op basis van een optredende waterstand. Bij zo'n sluiting op alarmpeil wordt de sluiting pas ingezet op het moment dat de buitenwaterstand het alarmpeil overschrijdt. Dit leidt tot relatief hoge binnenwaterstanden na het sluiten. Het verval over de kering is tijdens het sluiten groot, het maximale verval in gesloten toestand daarentegen betrekkelijk klein.

Ook het weer openen van de kering kan op verschillende manieren verlopen. In de figuren 2 tot en met 5 is steeds geopend op het moment dat de buitenwaterstand zakt tot beneden de binnenwaterstand. Indien er gewerkt wordt met voorspelde buitenwaterstanden is er ook een tweede manier van openen mogelijk: namelijk op het moment dat de buitenwaterstand zakt tot onder de binnenwaterstand, nu echter met de restrictie dat het eerstvolgende voorspelde hoogwater aan de buitenzijde van de kering onder het sluitpeil blijft. Is het voorspelde hoogwater hoger dan het sluitpeil, dan blijft de stormvloedkering dicht. Men wil namelijk niet de kans lopen dat er opnieuw gesloten moet worden tijdens een zware storm. Figuur 6 toont twee manieren van openen volgend op een sluiting op hoog binnenpeil. De tweede manier heeft een langere duur van de stagnante waterstand tot gevolg.

Voor het bepalen van de hydraulische omstandigheden bij de verschillende manieren van openen en sluiten van de stormvloedkering is gebruik gemaakt van een wiskundig model, dat bij een gegeven verloop van de buitenwater-

stand en een gegeven manier van sluiten en openen het verloop van de binnenwaterstand berekent. Met dit model is een groot aantal berekeningen uitgevoerd. Daarvoor werd gebruik gemaakt van buitenwaterstanden die zijn opgetreden bij stormen tussen 1920 en 1970. Tevens zijn de buitenwaterstanden van enkele extreme stormen gebruikt. De maximale waterstanden hebben een frequentie van 1 maal per 4000 jaar. Deze waterstanden zijn nog nooit in werkelijkheid voorgekomen, maar ze zijn berekend met behulp van een wiskundig model van het K.N.M.I.

Uit deze berekeningen zijn de maximale vervallen af te leiden die kunnen optreden tijdens het sluiten van de kering, alsook de maximale vervallen in gesloten toestand, en het verloop van de binnenwaterstand.

Voor het ontwerp van de stormvloedkering zijn natuurlijk juist deze maximale waarden bepalend. Uit de berekende vervallen bij de opgetreden en bij de extreme stormen zijn overschrijdingsfrequentie-verdelingen afgeleid, zowel voor de vervallen tijdens sluiten, als voor die in gesloten toestand (fig. 7). Bij de daar als voorbeeld gegeven lijnen liggen het sluitpeil en het alarmpeil beide op N.A.P. + 2,75 m. Bij het sluiten op binnenpeil ligt dit peil op N.A.P. - 0,15 m. De overschrijdingsfrequentielijnen hangen af van de hoogte van het sluitpeil en het alarmpeil.

De stormvloedkering is nu zo ontworpen dat alle genoemde strategieën van openen en sluiten mogelijk zijn. Dit betekent dat voor het verval tijdens een sluiting is uitgegaan van sluiting op alarmpeil. Voor het verval in gesloten toestand is sluiten op de laagwaterkentering als maatgevend aangenomen. Van de overschrijdingsfrequentielijnen zoals die in figuur 7 zijn weergegeven, is gebruik gemaakt bij het vaststellen van de randvoorwaarden voor de stormvloedkering.

We zullen nu nog even ingaan op het BARBOTI-project. In dit project wordt de operationalisering van de ontwikkelde strategieën ter hand genomen. Elk van de deelontwerpen die hierbij aan de orde komen - Beslissen, Organisatie, Training en Informatie - zal kort worden toegelicht. Bij het operationele beheer van de stormvloedkering zijn twee typen beslissingen te onderscheiden. Het eerste type betreft de beslissing of de stormvloedkering op grond van voorspellingen van de buitenwaterstand of van ernstige verontreiniging van het Noordzeewater nabij de monding van de Oosterschelde in actie moet komen. Een positieve beslissing impliceert dat de organisatie van de stormvloedkering in paraatheid moet worden gebracht. Het tweede type beslissingen heeft betrekking op

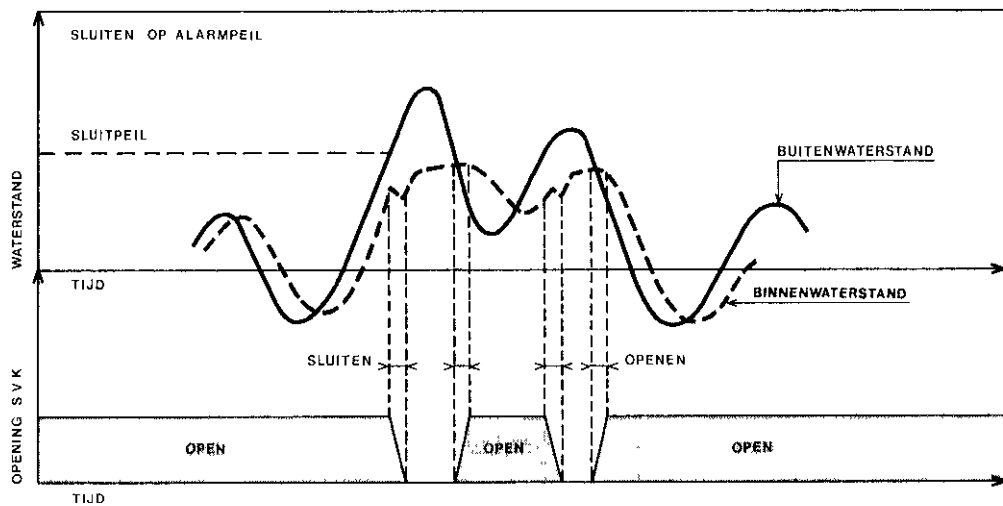
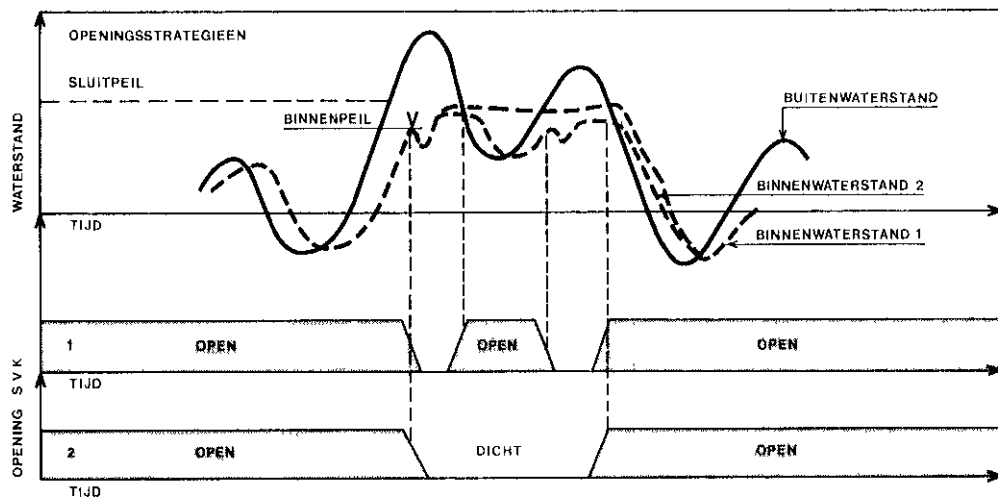


Fig 5 (boven). Waterstanden binnen en buiten de stormvloedkering bij sluiten op alarmpeil

Fig. 6 (beneden). Openingsstrategieën



het opereren met de stormvloedkering zelf: welke schuiven het eerst gesloten moeten worden, welke actie er moet worden ondernomen bij storingen, enzovoort. In normale situaties zal er worden gewerkt volgens een draaiboek, maar in onvoorziene omstandigheden wordt gedacht aan een beslissingsteam. De organisatie moet een eenduidige structuur bezitten. Duidelijk moet vastliggen wie in welke omstandigheden een beslissing neemt. Een belangrijk aspect van de organisatie is het in paraatheid brengen. Dit moet op een waterdichte en efficiënte manier worden geregeld.

De kennis die in de studies over het toekomstige beheer van de stormvloedkering wordt verzameld, moet aan de toekomstige beheerder worden overgedragen. Op grond van deze overgedragen kennis moeten de leden van de beheersorganisatie en in het bijzonder zij die in onvoor-

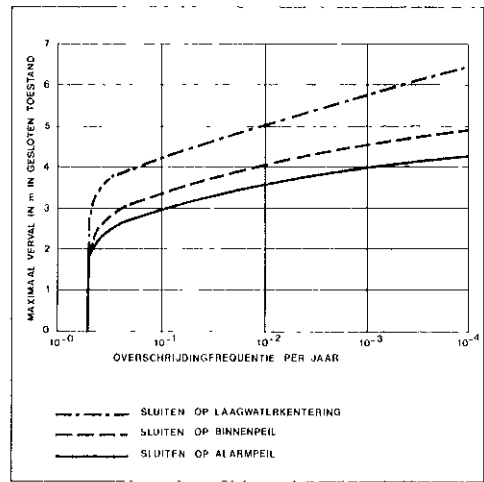
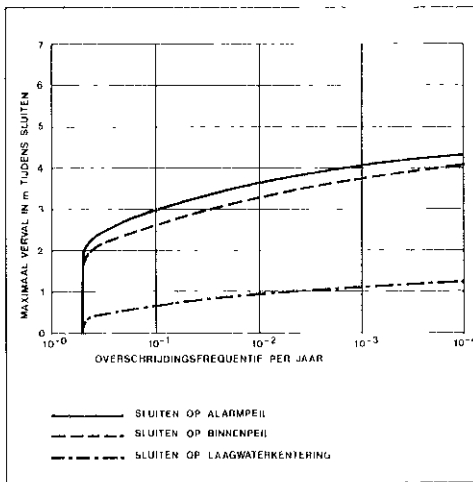


Fig. 7. Frequentieverdeling van de maximale vervallen over de stormvloedkering tijdens het sluiten (links) en in gesloten toestand (rechts)

ziene omstandigheden beslissingen moeten nemen, vooraf getraind worden voor hun werk. Op het ogenblik is voor dit doel al een eenvoudig simulatiemodel voorhanden, dat wellicht zal worden uitgebreid tot een simulator waarbij verschillende beheerssituaties nagebootst kunnen worden, zodat de toekomstige beheerder er ervaring mee kan opdoen.

De informatie die bij het beheer van de stormvloedkering een rol speelt, kan worden onderscheiden in binnenkomende informatie en uitgaande informatie. De binnenkomende informatie betreft de voorspelde en optredende waterstanden, de stroomsnelheden en andere hydro-meteo-informatie (zie Bericht 90, november 1979). Ook informatie over de toestand van de kering zelf, zoals de standen van de schuiven, en mogelijke storingen, hoort hiertoe. Hier speelt de informatie-presentatie een belangrijke rol.

Bij uitgaande informatie moet men denken aan meldingen over het moment van sluiten en de waterstanden die op het bekken worden verwacht, te verstrekken aan dijkbeheerders, scheepvaartsluizen en havens langs de Oosterschelde.

Samenvattingen

De internationale betekenis van het Delta-gebied als overwinteringsgebied voor vogels

Om het Deltagebied als overwinteringsgebied voor vogels te kunnen vergelijken met andere gebieden wordt de internationale éénprocent-norm gehanteerd. Deze norm stelt dat een gebied van internationaal ornithologisch belang is, wanneer zich geregeld meer dan één procent van de totale fly-way-populatie van een soort in dat gebied ophoudt. Het aantal malen dat deze norm wordt overschreden, geeft het relatieve belang aan van een gebied.

De totale 'normoverschrijding' van het Deltagebied bedraagt voor 30 soorten watervogels ruim 250 maal. In vijf grafieken worden de waarden voor verschillende groepen vogelsoorten uitgedrukt, in vergelijking met enige andere overwinteringsgebieden in Europa.

Werken langs de kust

Toen de vrijwel gesloten Nederlandse kustwal aan het begin van onze jaartelling werd doorbroken, ontstond in het zuidwesten van ons land de onderwaterdelta, tengevolge van het massale zandtransport dat op gang kwam met de getijbeweging in de zeegaten.

De nieuwe hydraulische toestand die ontstaat bij uitvoering van de Deltawerken, zal op de ligging van de voordelta en op de ontwikkeling van de eilandkoppen van Walcheren, Schouwen en Goeree allicht van invloed zijn. Nagegaan wordt welke toestand vermoedelijk zou zijn ontstaan bij voortduren van de oude situatie, bij volledige afsluiting van de centrale zeegaten, en wat er gaat gebeuren als gevolg van de bouw van de stormvloedkering in de Oosterschelde. De ont-

wikkeling van de kust van Schouwen en Walcheren zal onder invloed van de stormvloedkering waarschijnlijk geen ongunstige wending nemen.

Het meten van algengroei in de Deltawateren

De groei van algen, de belangrijkste primaire producenten in een aquatisch ecosysteem, is onder meer afhankelijk van de temperatuur, de hoeveelheid voedingsstoffen en de lichtintensiteit in het water. Er is een nieuwe methode ontwikkeld om de samenhang te meten tussen de lichtintensiteit en de algengroei. In een zogenaamde 'incubator' worden watermonsters in kolven geplaatst op een trommel die rond een lichtbron is gebouwd. Door de watermonsters op verschillende afstanden van de lichtbron te plaatsen, en door tussenplaatsing van lichtfilters, wordt elk monster aan een afzonderlijke, goed meetbare hoeveelheid licht blootgesteld. Meet men de algengroei per monster, dan kan het verband tussen licht en groei worden bepaald.

Er wordt thans een nieuw model incubator ontwikkeld, klein genoeg om te worden meegenomen aan boord van een meetschip.

Het zoutgehalte in de Oosterschelde na 1985

Het zoutgehalte in de Oosterschelde zal moeten voldoen aan een streefwaarde van $15,5\text{g/l Cl}^-$, met $13,5\text{g/l Cl}^-$ als toelaatbaar minimum voor korte perioden. Rivierafvoeren, lozingen vanaf het zoete Zoommeer en polderlozingen op de Oosterschelde kunnen het soms moeilijk maken, dit gehalte te bereiken. Dan kunnen aanvullende beheersmaatregelen nodig zijn, waarvoor zeven verschillende mogelijkheden worden opgesomd. Voor sommige daarvan is uitbreiding van bestaande kustwerken nodig; in een enkel geval zal een nieuw werk moeten worden aangelegd.

Mosselaangroei in de Krammersluizen

De Krammersluizen in de Philipsdam zullen worden uitgerust met een zout/zoetscheidings-systeem. Dat maakt onder meer gebruik van riolen voor de af- en aanvoer van zout water in de sluiscolk. In die riolen zou de aangroei van zoutwater-organismen, mosselen met name, kunnen leiden tot verkleining van de effectieve doorstroombiameter.

Verschiede methoden worden besproken om deze vervuiling tegen te gaan. Vooral is een onderzoek ingesteld naar de effectiviteit van verlaging van het zoutgehalte in de riolen. Zowel verlaagde als wisselende zoutgehalten blijken een

sterke beperking mee te brengen van de mosselgroei.

Herstel van het contact tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee

De in 1978 gereedgekomen Brouwerssluis maakt het mogelijk het Grevelingenmeer te verversen met zout water vanuit de Noordzee. Door zijn hogere soortelijke gewicht komt het zoutere zeewater terecht in de diepste gedeelten van het meer, veroorzaakt daar stratificatie en beperkt daarmee de zuurstofuitwisseling tussen de verschillende waterlagen.

In de zomer van 1978 had het inlaten van zout water een voornamelijk ongunstig effect op de zuurstofhuishouding. De verversing werd daarom stopgezet en eerst hervat tegen de winter, toen het zuurstofgebruik tengevolge van organische processen veel geringer was. Door allerlei omstandigheden moest de verversing in het voorjaar en de zomer van 1979 worden voortgezet. Begin augustus 1979 waren de zuurstofproblemen in het meer voorbij; eind september kwam er een eind aan de stratificatie.

Golfverwachtingen op de Noordzee en aan de Nederlandse kust

De studie van zeegolven is tijdens de Tweede Wereldoorlog sterk geïntensiveerd. Thans is er een goede theorie beschikbaar voor de beschrijving van de bewegingen van het zee-oppervlak. Behalve waarnemingen gebruikt men ook modellen voor de bestudering van de golfbeweging ter plaatse van de stormvloedkering, zowel onder gemiddelde als onder extreme omstandigheden. Er is voor de Noordzee zowel een golfverwachtingsmodel als een windverwachtingsmodel in gebruik. Het dichtstbijzijnde roosterpunt R van het golfverwachtingsmodel GONO ligt nog 30 km van de Nederlandse kust. Een tweede model transposeert de waarden van punt R naar waarden voor de Oosterscheldedemon.

Het toekomstige beheer van de stormvloedkering in de Oosterschelde

Sinds 1977 loopt er een studie naar het toekomstige beheer van de stormvloedkering in de Oosterschelde. Deze studie heeft zich in eerste instantie gericht op de eisen die vanuit het beheer worden gesteld aan het ontwerp van de stormvloedkering (BARCON I), en in tweede instantie op de effecten die het beheer zal hebben op het milieu in de Oosterschelde (BARCON II). De stormvloedkering kan worden gesloten wegens extreem hoge waterstanden, maar ook ter

beveiliging van het Oosterscheldebekken bij milieurampen op zee, of ter vermindering van extreem lage waterstanden op het bekken. Er zal bij voorspelde extreme waterstanden worden gesloten op een vooraf gedefinieerd sluitpeil en bij plotselinge waterstandsverhogingen op een afgesproken alarmpeil. Nagegaan wordt wat de consequenties zijn van het sluiten en openen van de stormvloedkering bij bepaalde binnen- en buitenwaterstanden.

Summaries

The international significance of the Delta region as a wintering area for birds

To be able to compare the importance of the Delta region as a wintering place for birds with other areas, the international one percent norm is being used.

This norm implies, that a region is of international ornithological importance, when continuously more than one percent of the total fly-way population of one species stays in that region. The number of times this standard is being exceeded, indicates the relative importance of a region.

In the Delta region this norm has been exceeded over 250 times by thirty species of water-fowl.

In five diagrams the values for the various groups of bird species have been given in equation with some other wintering regions in Europe.

Coastal defence

When the practically closed shoreline of the Netherlands was breached in the beginning of the Common Era and the sea wedged into the land, the massive mud transports induced by the tidal motion in the estuaries, created an underwater delta in the South West of the Netherlands. The new hydraulic situation caused by the Delta Works will certainly influence the lie of the fore-delta and the development of the island heads of Walcheren, Schouwen and Goeree. One tries to assess what the probable condition would have become by continuing the old situation; what would have happened by completely closing off the central estuaries and what will be the effect ensuing from the construction of the Oosterschelde

barrier. It is assumed that the development of the shores of Schouwen and Walcheren will not take a turn for the worse because of the building of the barrier.

Measuring the algae growth in the Delta Waters

The growth of algae, the most important primary producer in an aquatic ecosystem, depends, among other things, upon the temperature, the amount of nutrients and the intensity of light in the water. A new method has been developed to measure the connection between the light intensity and the algae growth.

This is done in a so-called 'incubator' where specimens of water in test tubes are fixed on a drum which has been built around a source of light. By placing the water samples at various distances, interspersed by light filters, from the light source, each sample is being exposed to a separate but easily measurable amount of light. By measuring the algae growth in each sample the connection between light and growth can be established.

At the moment a new type of incubator is being developed, which will be small enough to be taken aboard a measuring vessel.

The salinity in the Oosterschelde after 1985

The salinity in the Oosterschelde will have to meet a standard of 15,5 g/l Cl^- , with, during short periods of time, an allowable minimum of 13,5 g/l Cl^- . Discharges from rivers, the fresh water Zoommeer and the polders will sometimes make it difficult to meet this standard.

This may call for additional operational actions, seven of which are summed up. However, some of them would necessitate expansion of the existing engineering structures, whereas some others would demand complete new structures.

Growth of mussels in the Krammersluices

A system to divide the salt and fresh water will be installed in the Krammersluices in the Philipsdam. For the supply and discharge of salt water in the lock chamber, a sewage system will be used. The growth of salt water organisms, such as mussels, could lead to a constriction of the effective flow through diameter.

Various methods to prevent this pollution are under discussion. Especially the effectivity of a decrease in the salinity in the sewage system is being investigated. Both a decrease in and a

variation of the salinity resulted in a strong limitation of the mussel growth.

Restoration of the link between the Grevelingenmeer and the North Sea

Through the Brouwerssluis, completed in 1978, it is possible to replenish the Grevelingenmeer with salt water from the North Sea. Due to its higher gravity this water, with a higher degree of chlorinity, sinks to the lowest parts of the lake, causing stratification and limiting thereby the exchange of oxygen between the various water layers.

During the summer of 1978 the influx of salt water had an adverse effect on the oxygen conditions in the water. The replenishment was therefore halted and recommenced in winter, when less oxygen is consumed by organic processes. Owing to various circumstances the replenishment continued all through the summer of 1979. In the first half of August 1979 the oxygen problems belonged to the past; and by the end of September the stratification had also ended.

Wave prediction on the North Sea and at the Netherlands coast

The study of sea waves was intensified during the Second World War. Accordingly a sound theory has evolved regarding the motion of the surface of the sea.

Not only observations but also models are used to study the wave motion both under mean and extreme conditions where the storm surge barrier is located. For the North Sea use is made of both a wave prediction model and a wind prediction model. The nearest grid point R of the wave prediction model GONO is situated 30 kilometers off the Netherlands coast. A second model converts the values of point R into values for the Oosterschelde mouth.

The future operational control of the Oosterschelde barrier

Since 1977 a study is in progress concerning the operational control of the Oosterschelde barrier. In the first place this study is aimed at the demands made for the operational control of the barrier and in the second place at the impacts on the ecosystem in the Oosterschelde. There can be various reasons why the barrier must be closed for example, at a time of extremely high water levels; also, when polluting agents from the sea threaten to enter the Oosterschelde basin; or, to avoid extremely

low water levels on the basin. The barrier will be closed at a predetermined 'safety' level at times of predicted extreme water levels and during periods of unpredicted rising water levels at a predetermined 'emergency' level. Endeavours are being made to determine the consequences of opening and closing the barrier at certain inside and outside water levels.

Vorderingen

In de periode 1 oktober 1979 –
1 januari 1980

A. De werken van het Deltaplan

Beplantingen

De in de vorige verslagperiode vermelde ontwateringswerkzaamheden hadden een zeer gunstig effect. De doorlatendheid van de grond is echter toch vrij slecht, zodat het water maar zeer langzaam doorzakt naar de drains. Daarom zullen de nog in te planten oppervlakken pas in het voorjaar worden afgewerkt, om structuurbederf te voorkomen.

De struiken die in het plantseizoen 1978–1979 in kwekerijverband waren opgezet, zijn gedeeltelijk gerooid en ingekuuld. Ze zullen nu zo spoedig mogelijk op de meest doorlatende gronden worden ingeplant. De bomen zullen ook pas in het voorjaar van 1980 worden geplant, mede omdat door schaarste aan grauwe abeel hiervoor in de plaats eik en iep zijn aangevoerd. Deze laatste soorten zijn gevoelig voor natte grond. Aan de westzijde van het schutsluizencomplex zal een terrein van 2,5 ha worden ingeplant met bomen. Hiertoe dient met de aannemer een wijzigingsovereenkomst te worden gesloten.

Philipsdam

Damvak Plaat van de Vliet, omkading van het bufferbekken en havendammen van de oostelijke voorhaven

In de verslagperiode zijn het damvak en de omkading van het lage bekken verder afgewerkt, zodat het gehele werk op 14 december 1979 ver-

vroegd kon worden opgeleverd.

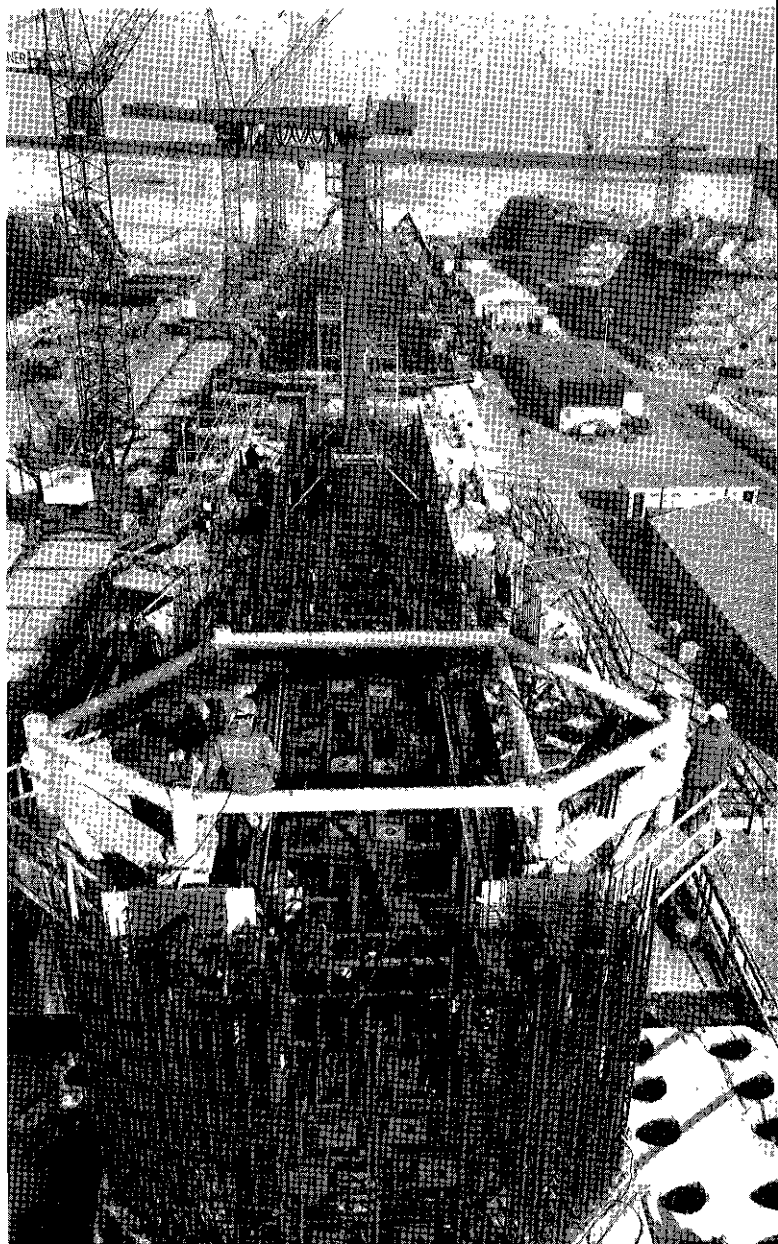
Een uitzondering daarop vormt nog de aanleg van een kleidepot van 120 000 m³ inhoud. Het Rijk heeft namelijk klei ter beschikking gesteld die wordt gewonnen bij de verbreding van het Amsterdam-

Rijnkanaal. Deze specie is thans voor de helft aangevoerd op het werkeiland.

Krammersluizen

Voortgegaan werd met de aanleg van werkwegen in de bouwput, en met ander grond-

Opbouw van de pijlerschacht
in het bouwdok Schaar



werk, zoals een grondverbetering ter plaatse van de duwvaartsluizen en de riolen-zuid. Heiwerk is verricht voor de onderloopscheidschermen bij de sluishoofden aan de Zoommeerzijde, en bij de in-, door- en uitlaatwerken van de riolen en hetemaal.

Oosterdam

In oktober is asfalt aangebracht op de werkwegen. Tevens zijn de taluds en bermen afgewerkt. Thans is men bezig met de aanleg van telefoon, waterleiding en elektriciteit, ten behoeve van het centrale directiekantoor op de Molenplaat.

Werkeiland voor de Bergse-Diepsluis en werkhavens in Tholen en Bergen op Zoom

Het noordelijk haventerrein en de noordelijke en oostelijke ringdijk werden verder uitgebouwd. In de week van 10 tot 14 december is het zuigwerk gereedgekomen; de zuiger werd afgevoerd van het werk. Op de kop van de westelijke havendam zijn enkele zinkstukken afgezonken. Voor de verdediging worden betonblokken en stortsteen aangebracht. De uitvoering verloopt geheel volgens schema.

Stormvloedkering

In de bouwput Schaar, waarin de pijlers voor de stormvloedkering worden gebouwd, is het zandbedrijf gereedgekomen. Totaal is 2 miljoen m³ zand verwerkt in de delingsdammen die de bouwput in vier compartimenten verdelen. De taluds van deze dammen worden, voorzover dat nog niet is gebeurd, afgedekt met fosforslakken en klei. De wegen in compartiment 1 en 2 zijn gereed. Een aanvang is gemaakt met de bouw van een loswal voor

de verwerking van funderingsmatten; deze loswal zal deel uitmaken van de mattenfabriek die gebouwd gaat worden op het werkterrein van de bouwput Roompot.

De uitvoering van de binnen- en buitenhaven bij het sluizencomplex Noordland kwam gereed.

De koppen van de ringdijk nabij de ingang van de bouwput Roompot werden bekleed met asfaltbeton, terwijl het onderwatertalud werd beschermd met kraagstukken.

Wegens de natuurlijke verplaatsing van de stroomgeul Schaar in zuidelijke richting moest de kop van het voormalige werkeiland Neeltje Jans worden ingekort. In deze periode is daarmee een begin gemaakt. In de sluitgaten werd het leggen van bodembescherming, bestaande uit blokkenmatten, voortgezet. In deze periode werd 253 000 m³ blokkenmat gelegd en afgestort met 200 kg staalslakken per m².

In oktober werd een aanvang gemaakt met de aanleg van een gedeelte van het asfaltmastieken stortebed in de stroomgeul Hammen, 16 000 m² groot. Het werk kwam in deze periode ook gereed.

Met behulp van een dustpanzuiger werd een grondverbetering uitgevoerd in de Roompot, over een lengte van 850 m. Daarna verhuisde de dustpanzuiger naar de Hammen, om daar een grondverbetering uit te voeren. Het door de dustpan gemaakte cunet wordt door twee hopperzuigers aangevuld met schoon zand. De onderste laag wordt opgevuld met Oosterschelde-zand, de bovenste laag bestaat uit grover zand, dat wordt gewonnen op de 35 km verderop gelegen Rabsbank.

In oktober is het nieuwgebouwde verdichtingsschip op de werken in de Oosterschelde aangekomen, en aan de Rijks-

waterstaat overgedragen. Er is een begin gemaakt met de beproeving van het schip. Een aantal tekortkomingen zal in de garantiëperiode alsnog in orde worden gebracht. Ook gebruikt men deze inwerkperiode om ervaring op te doen met het vaartuig, en de werkwijze te optimaliseren.

In de verslagperiode is gestart met het tweede pijlerbestek, omvattende de gedeeltelijke bouw van 13 pijlers. Tezamen met het eerste pijlerbestek is dan inmiddels opdracht gegeven voor de bouw van 32 pijlers. Eind december is opdracht gegeven voor de bouw van het hefschip. Het vaartuig zal worden gebouwd door de Rijn-Schelde-Verolmegroep. Eind 1981 moet het worden opgeleverd.

Fotoverantwoording

Wil Grond 62-67-69

Bart Hofmeester 71

Atlas van Stolk 73

Rijkswaterstaat,

Reprografie 113

