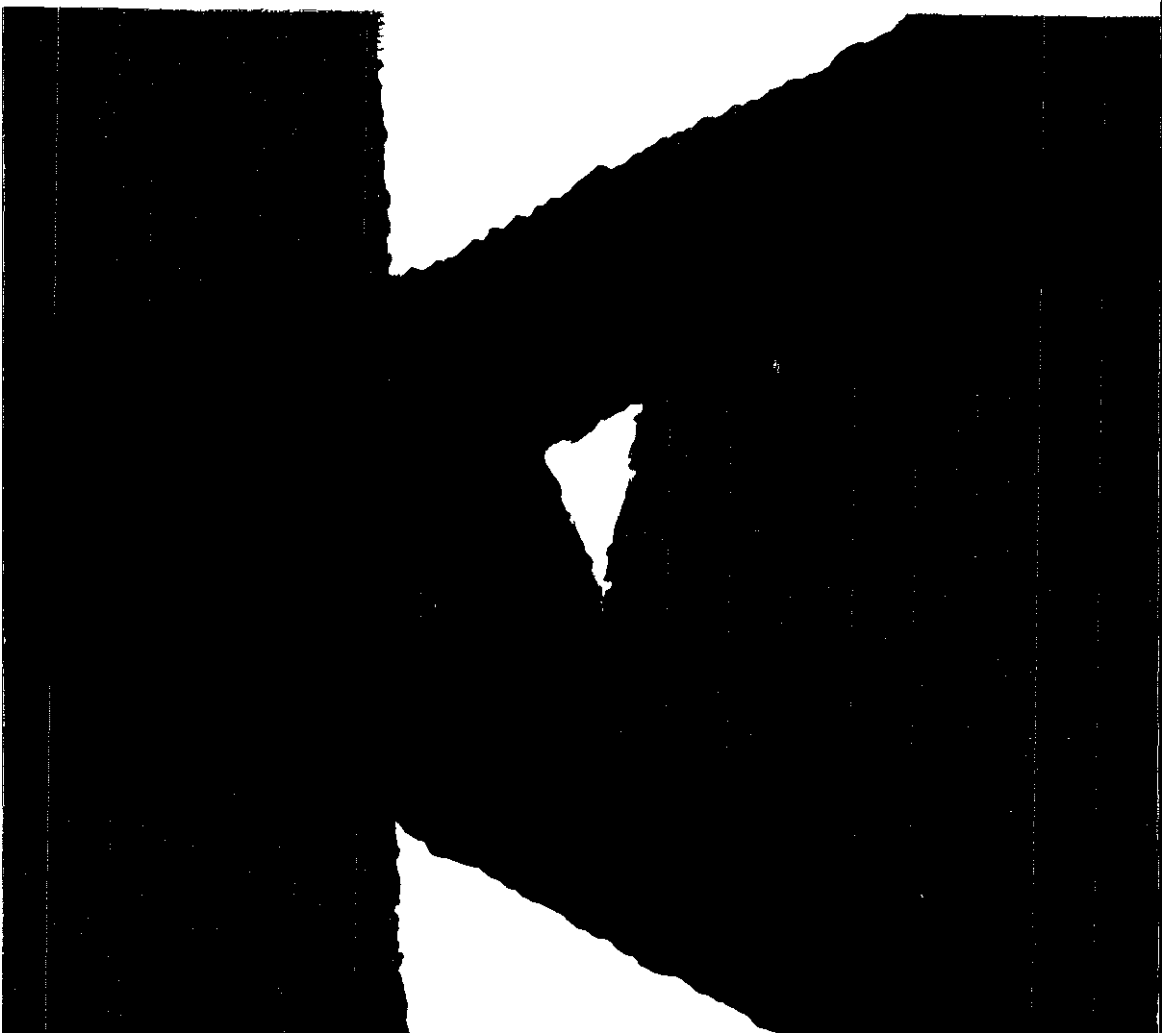


Driemaandelijks Bericht
nummer 105, augustus 1983

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemade laan 400
2597 AT 's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

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

De prijs bedraagt f 26,25 per jaar
of f 6,75 per nummer

Inhoud

Kwaliteitszorg voor de materialen voor de
Oosterscheldekering 229

Peilingen ten behoeve van de stormvloed-
kering 239

Het getijverschil te Yerseke na de voltooiing
van de Oosterscheldewerken 246

Onderzoek naar de stroombestendigheid van
de tijdelijke afdekking van de grondverbete-
ring onder de pijlers van de Oosterschelde-
kering 251

Vallende stenen 255

Integratie van ecologische aspecten in water-
bouwkundige projecten in kustgebieden 261

Schorrenonderzoek in de Oosterschelde 267

De sluizen bij Hansweert en het Kanaal door
Zuid-Beveland 275

Samenvattingen/Summaries 279

Vorderingen 282





Kwaliteitszorg voor de materialen voor de Oosterscheldekering

De hoge eisen die worden gesteld aan ontwerp en uitvoering van de werken in de Oosterschelde, leiden vanzelfsprekend ook tot bijzondere zorg voor de kwaliteit van de materialen waaruit de verschillende constructies worden opgebouwd. Sedert 1976 zijn dan ook steeds meer werkgroepen opgericht, die zich gingen bezighouden met de problematiek van de keuring van bouwstoffen. De leuze werd immers dat 'van elke kubel asfalt die in de Oosterschelde wordt verwerkt, de kwaliteit bekend moet zijn'.

Dit bleek een omvangrijk karwei, dat zelfs nu nog niet ten einde is. Kwaliteitszorg gaat namelijk veel verder dan het keuren van een lading steen of het onderzoek van een boorkern.

De eigenschappen die bouwstoffen dienen te bezitten hangen samen met de eisen die aan een constructie met die bouwstoffen worden gesteld. Het niveau van die eigenschappen is in meerdere of mindere mate te beïnvloeden bij de produktie en de verwerking ervan.

Wil men dus dat een materiaal een zekere kwaliteit heeft, dat wil zeggen in bepaalde mate voldoet aan de eisen die het gebruiksdoel stelt, dan zijn inzicht in ontwerpkundige overwegingen even belangrijk als kennis van eigenschappen en gedrag van het materiaal, van onderzoeks- en beproevingsmethoden van produktiewijze en uitvoeringsmogelijkheden.

Regelmatig overleg tussen de betrokkenen bij ontwerp, uitvoering, produktie, materiaalonderzoek en keuring is dan ook noodzakelijk om te komen tot een realistisch pakket van normen, eisen, voorschriften en bestekbepalingen, en tot een juiste toepassing daarvan.

Traditioneel waren eisen die aan bekende

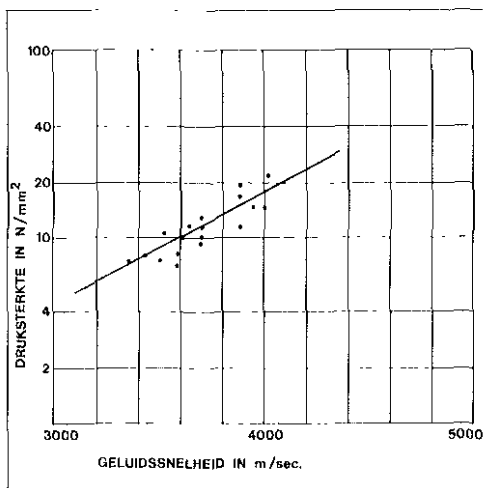


Fig. 1. Verband tussen geluidssnelheid en druksterkte bij de blokken van de blokkenmat

Proefstukje
achtersabelingsmateriaal:
verhard harsmengsel met
vulmateriaal

waterbouw-materialen werden gesteld, voor een groot deel gebaseerd op in het verleden opgedane praktische ervaring. Na de tweede wereldoorlog bleken ze al snel aanvulling en wijziging te behoeven. Dat had een groot aantal oorzaken, maar de belangrijkste daarvan waren wel de toepassing van nieuwe ontwerpmethoden met behulp van fysisch modelonderzoek en rekenmodellen, de veelheid aan nieuwe materialen en uitvoeringswijzen, en de grote hoeveelheden die in korte tijd moesten worden verwerkt; tenslotte ook het feit dat herstel of vervanging achteraf vrijwel niet meer mogelijk is bij waterbouwkundige constructies.

De nieuwe procedure omvat globaal de volgende fasen: inventarisatie en aanvullend onderzoek, vergelijking en toetsing van resultaten, keuze van eisen en keuringsprocedure, invoering en – zeer wezenlijk – evaluatie. Vooral het zo nauwkeurig mogelijk vaststellen van uitvoerbare keuringsprocedures, waarbij komt vast te staan welke eigenschappen worden onderzocht, op welke wijze en hoe vaak en wat de consequenties kunnen zijn, en de uitvoering daarvan, bleken nieuwigheden waar wel enige gewinning voor nodig was. Aan de hand van een aantal waterbouw-materialen zal in het hierna volgende een en ander breder worden behandeld. De grote lijn is daarbij de ontwikkeling of aanpassing van kwaliteitssystemen als gevolg van het feit dat de materialen of nieuw zijn of aan hoge eisen zijn onderworpen, of in een nieuwe toepassing voorkomen.

Door keuze van een half-open Oosterschelde kreeg de blokkenmat in de sluitgaten opeens een andere functie: niet langer zou hij tijdelijk

bodembescherming zijn, maar voorgoed. Terstond ook werden aan het beton veel hogere eisen gesteld, en wel dat een constant kwaliteitsniveau moest worden gegarandeerd, gezien de gewenste duurzaamheid in zeewater. Uit de in Nederland bestaande norm, de 'Voorschriften Beton 1974 (NEN 3861)', die bij vrijwel ieder werk wordt toegepast, werd toen een keuze gemaakt voor betonklasse II-kwaliteit B30. Hiermee lag de keuringsmethode vast, zowel voor het onderzoek naar de geschiktheid van grondstoffen en mengsels als voor wat betreft de aanwezigheid en de uitrusting van een controlelaboratorium en de aanstelling van een betontechnoloog. Regelmatig zou onderzoek plaatsvinden naar de eigenschappen van cement, zand, grind en betonspecie. Verzekerd van constante goede grondstoffen kon men dan verder maatregelen nemen voor een zo gelijkmatig mogelijke productie, die leidde tot een makkelijker te verdichten mengsel en een meer constant produkt. Van de betonspecie werden kubussen vervaardigd, die na 28 dagen verharding werden onderzocht op dichtheid en druksterkte. Voor kwaliteit B30 dient de statistisch berekende karakteristieke druksterkte dan minimaal 3 kg/mm² te bedragen. Tot zover is sprake van de toepassing van bestaande eisen en normen voor het materiaal, waarbij de producent zijn produkt onder bedrijfscontrole vervaardigt. Doordat het afzinken van de blokkenmat onmiddellijk aansloot op de vervaardiging – de blokken werden immers in enen door op de kunststoffen filtermat gestort, verdicht en met stoom verhard, waarbij het geheel op een grote drijvende rol werd gerold, die meteen naar de plaats van afzinken werd versleept – is de termijn van 28 dagen te lang om bij te



Bedrijfscontrole van
breuksteen 5/40 kg door
groevepersoneel bij Partek
(Finland)

sturen in de produktie of om de druksterktes te gebruiken voor zogeheten afname-controle. Daarom werd aanvullend een niet-destructieve onderzoeksmethode toegepast, die in de voorschriften van 1974 wel is beschreven, doch niet in een genormaliseerde procedure vastgelegd.

Het komt erop neer dat na de stoomverharding de voortplantingssnelheid bepaald wordt van pulsen in de betonblokken. De snelheid zegt iets over de druksterkte van de blokken. Zo'n meting bleek wel in het produktieproces inpasbaar. Door dit minimumniveau van druksterkte vast te leggen, werd een vorm van opleveringscontrole verkregen; tevens kon deze meting dienen als signaleringssysteem. Overigens bleken de vereiste druksterktes en *poriëngehaltes bij deze samenstelling* dank zij de ingevoerde bewaking van de kwaliteit van grondstoffen en specie in het algemeen goed te realiseren. De aanvullende metingen van de afgeleide druksterkte hoefden dan ook, gezien de berekende kleine kans van optreden van afwijkingen, niet met grote frequentie en omvang te worden uitgevoerd.

In sterke tegenstelling tot de bovenomschreven situatie, waarin wel aanvullend onderzoek nodig was, maar toch ondanks de ongewone produktiewijze van bestaande normen en voorschriften kon worden gebruik gemaakt, staat de kwaliteitszorg bij toepassingen van kunststof in de Oosterschelde. Het gaat hier om kunstharsen als bijvoorbeeld achtersabelingsmateriaal, kunststofpennen voor de verbinding van betonblokken en kunststoffilterweefsel, en deze kunststoffilterweefsels zelf. De hiervoor benodigde eisen, voorschriften, keuringsmethoden en procedures zijn in hoofdzaak tijdens het

Tabel 1. Standaardafwijkingen van de gemiddelde samenstelling van waterbouwasfaltbeton

Asfaltmengsel jaar	steen % m/m	zand % m/m	vulstof % m/m	bitumen % m/m	holle ruimte %	laagdikte cm
waterbouw- asfaltbeton						
1978-1979	2,46	2,30	9,67	0,32	0,87	3,74
1979	2,39	2,22	0,53	0,31	0,82	3,34
1980	1,18	1,02	0,43	0,23	0,40	2,73

werk aan de stormvloedkering ontwikkeld, aangezien deze materialen in feite nieuw waren. Kunststofweefsels werden als onderdeel van filterconstructies al wel eerder toegepast, maar nog niet op een zo grote schaal en niet in bijzondere constructies als blokkenmatten en filtermatten.

Bij de toepassing van epoxyhars als basis voor de achtersabeling van de schuifgeleiders op de pijlers was gezien de werkomstandigheden regelmatig intensief overleg noodzakelijk. Er waren geen geformuleerde eisen, zodat die in overleg met de directie moesten worden vastgelegd in bestekbepalingen; wel konden daarbij bestaande keuringsmethodieken worden gebruikt.

Aan de hand daarvan werd een aantal produkten in het laboratorium en op praktijkschaal getest, en werd een keuze gemaakt. Afgezien van het peil van verschillende fysische en mechanische eigenschappen is homogeniteit waarschijnlijk de belangrijkste voorwaarde, zowel bij de bereiding als ten aanzien van het eindprodukt. In dit geval worden vloeibare componenten en loskorrelig vulmateriaal gemengd, waarna de verharding van het mengsel begint. Variaties in de dosering van de harscomponenten, in de menging en ook in de temperatuur in de omgeving – zeg maar de seizoenen – zijn van onmiddellijke invloed op het eindprodukt; problemen op dit vlak moesten bij de uitvoering opgelost worden.

Tekortkomingen konden worden geconstateerd aan de hand van praktijkcontrole van monsters harsmengsel en proefbalkjes gereed produkt; op grond van onvoldoende verharding werd besloten tot nader onderzoek; uiteindelijk kon één en ander tot tevredenheid worden opgelost. De kwaliteitszorg moest hier dus vooral voorzien in ad hoc-oplossingen bij gerezen moeilijkheden; tegelijk was het een intensieve controle van de werkuitvoering, meer dan keuring van een gereed produkt.

De toepassing van kunststofweefsels heeft in de Oosterschelde een hoge vlucht genomen. Het materiaal wordt onder andere verwerkt in

zink- en kraagstukken met al dan niet vaste ballast, in zoolstukken, blokkenmatten en steenasfaltmatten. Bepaalde onderdelen van de stormvloedkering zouden zonder kunststofweefsel misschien helemaal niet uitvoerbaar zijn geweest. Denk aan de grindzak om de pijlervoet, en uiteraard aan de funderingsmatten. De weefsels voor blokkenmat en steenasfaltmat hebben een filterfunctie, en dienen dus, vooral bij de blokkenmat, een zekere zanddichtheid en waterdoorlatendheid te bezitten, naast de voor het aanbrengen en functioneren nodige sterkte. De keuze voor half-open Oosterschelde verzwaarde bovendien de eis van duurzaamheid, vanwege de nu permanente functie van de bodembeschermingen.

Voor het bepalen van zanddichtheid en waterdoorlatendheid van deze weefsels bestonden nauwelijks proefmethoden; die moesten eerst nog worden ontwikkeld, en vervolgens gestandaardiseerd. De vereiste karakteristieke waterdoorlatendheid en zanddichtheid werden vastgelegd op grond van modelonderzoek en ontwerpberoeeningen. Om zicht te krijgen op de duurzaamheid was onderzoek nodig naar de wijze en vooral de snelheid van aantasting van het materiaal waaruit de kunststoffilters zijn opgebouwd. Dit zijn garens van polypropreen, waarvan bekend is dat de samenhang in de kunststof door reactie met zuurstof geleidelijk verloren gaat. Om dit tegen te gaan worden door het polypropreen bepaalde stabilisatoren gemengd. De achteruitgang door oxydatie bleek bepalend voor de duurzaamheid van het materiaal; de gegeven belastingsomstandigheden leiden tot een langere levensduurverwachting dan de aantasting door oxydatie.

Door garens van polypropreen, die enkele dagen in zeewater waren gekookt, in een oven kunstmatig te verhitten, wordt het oxydatieproces versneld. Deze methode is gebruikt bij het onderzoek, en vervolgens gestandaardiseerd voor kwaliteitscontrole op de garens waaruit de kunststofweefsels werden geweven.

Vastgesteld werd tevens, dat een nieuw stabilisator-systeem nodig was om voldoende levensduur te verzekeren. De opgedane kennis

is op een bijzondere manier verwerkt tot een kwaliteitscontrolesysteem. Uitgangspunt was, dat de keuring op de plaats van fabricage van garens en weefsels moest plaatsvinden, omdat controle bij aflevering een complexe organisatie zou vereisen. Bovendien zou het weefsel, als tot afkeuring zou moeten worden overgegaan, moeten worden geretourneerd, met als gevolg stagnatie in de voortgang van de werken: zowel de blokkenmat als de steenasfaltmat werden in continu-processen vervaardigd en aangebracht.

Daarom is voor de garens tot een systeem van certificering overgegaan, waarvoor als basis zogenaamde K-bladen zijn opgesteld. Die beschrijven de aan de garens gestelde eisen, de monsterneming en de beproeving. Bedrijven die op basis van een dergelijk certificaat willen leveren, dienen een interne kwaliteitsbewaking

Monsterneming van zand op een baggerinstallatie aan de Maas



op te zetten, bestaande in een aantoonbare controle op grondstoffen, verwerking en produkt; door een externe instantie wordt de uitvoering daarvan middels steekproeven getoetst.

Voor de vervaardiging van weefsels werd het gebruik van gecertificeerde garens voorgeschreven. De eisen voor zanddichtheid en waterdoorlatendheid, te bepalen via inmiddels gestandaardiseerde methoden en keuringsprocedures, werden verder bij overeenkomst geregeld. Door vruchtbare samenwerking tussen ontwerpers, onderzoekers op uiteenlopende terreinen, zoals waterlooptkunde, weefseltechniek en materiaalkunde, producenten en keuringsinstanties is een in kwaliteit voldoende gewaarborgd produkt bereikt. De opgedane ervaringen zijn ook gebruikt bij de kwaliteitszorg voor andere toepassingen van kunststofweefsels, zoals de grindbak en de funderingsmat. In dit laatste geval waren overigens weer andere eisen aan de orde, in het bijzonder wat betreft sterkte en vervorming.

Een volgende veel toegepaste groep materialen omvat een aantal soorten waterbouwafsluit, mengsels van vulstof, zand, grind of steenslag en bitumen.

Door variatie in de samenstelling zijn grote verschillen in eigenschappen en gedrag te realiseren. Men kan bij verwerking vloeibare, en overigens waterdoorlatende mastiek maken, maar ook waterdoorlatend zandafsluit. Taludbekleding met waterbouwafsluitbeton is overigens al sinds de jaren vijftig een zeer gebruikelijke constructie. Afsluit wordt in de wegenbouw al decennia lang frequent toegepast, en dus is daar ook geleidelijk een pakket van eisen en voorschriften ontstaan. Aan grondstoffen en mengsels worden eisen gesteld, die middels omschreven proeven worden gecontroleerd; de voorschriften voor uitvoering en controle liggen vast. Vereist wordt vooronderzoek, waarbij wordt nagegaan of met de aanwezige bouwstoffen een produkt kan worden gemaakt dat aan de wensen voldoet, bedrijfscontrole door de aannemer bij uitvoering, en opleveringscontrole door de directie. Indien niet aan de eisen wordt voldaan, kan dat verschillende maatregelen tot gevolg hebben: kortingen, verrekening, verbeteringsmaatregelen of vervanging.

Het leek voor de hand te liggen, dat systeem voor de waterbouw over te nemen. Enige aanpassing bleek echter om een aantal redenen noodzakelijk. De belangrijkste hangen samen met de praktische onmogelijkheid tot maatregelen achteraf, na het gereedkomen van een afsluitconstructie, zoals bijvoorbeeld bij de

stortebetten van mastiek, en de moeilijker werkorganisatie die ontstaat door de samengang met andere bouwactiviteiten; allerlei regelingen rond de kwaliteitscontrole blijken herhaaldelijk doorkruist te worden, zodat constante produktie moeilijk haalbaar is. Een en ander heeft geleid tot een veel grotere nadruk op de kwaliteitsbegeleiding tijdens de bereiding en verwerking van afsluit, om zoveel mogelijk te voorkomen, dat achteraf afwijkingen zouden worden geconstateerd; correctie achteraf is onmogelijk of althans zeer moeilijk. Daarom werd op het werkeiland Neeltje Jans een veldlaboratorium ingericht, waar ter ondersteuning van de directie verschillende onderzoeken konden worden uitgevoerd, als duplo, of ter controle van onderzoek door de aannemer, of bij opgetreden problemen; dit laboratorium bewijst nog steeds zijn goede diensten, ook bij de kwaliteitszorg voor granulaire materialen.

Overigens is het vrij moeilijk de eisen die men moet stellen aan verschillende waterbouwafsluitsoorten af te leiden uit de functies van de ermee opgebouwde constructies. Dit komt doordat de belastingen, golfklappen bijvoorbeeld, vaak nog onvoldoende zijn te kwantificeren en doordat afsluit in zekere mate een visceus gedrag vertoont, wat modelonderzoek op schaal zeer moeilijk interpreteerbaar maakt.

materiaal	toepassing
grind 30/60 mm	cunet
grind 8/40 mm kif 2/8 mm	fundering fundering
grind-zand 0/32 mm	damaanzet
LD-slag 40/250 mm	open filter
Koperslag 40/250 mm	open filter
Basalt 40/250 mm	open filter
D-slag 40/160 mm	divers

Er wordt daarom veelal gewerkt met ervaringsgegevens, maar door de verschillende inschatting daarvan door de deskundigen ontstond wel eens discussie. Belangrijk is dan in ieder geval het realiseren van een constant produkt. De stortebedden voor en achter de stormvloedkering zijn uitgevoerd in asfaltmastiek, een mengsel van zand, vulstof en bitumen; dit produkt is bij hoge temperatuur vloeibaar en wordt dan met het asfaltchip 'Jan Heymans' via een pijp en een verdeelmond op de bodem onder water aangebracht, waar het tot een baan uitvloeit en afkoelt. In afgekoelde vorm bezit het nog voldoende flexibiliteit om bepaalde ontgrondingen te volgen. Wezenlijk is in dit geval dus de eis van viscositeit bij de verwerkingstemperatuur en bij de omgevingstemperatuur na het aanbrengen; de verwerking is maatgevend. Opleveringscontrole heeft hier hoogstens zin voor verrekking van eventueel te veel toegevoegde bitumen; correctie van de aangebrachte lagen is hooguit mogelijk door er een nieuwe laag overheen te leggen. De in het bestek beschreven laagdikte moest worden opgebouwd uit drie elkaar dakpansgewijs overlappende banen; de mastiek diende hiertoe in voldoende mate te kunnen uit- en samenvloeien. Geleidelijk werd duidelijk dat aan de verschillende voorwaarden niet voldaan kon worden

door alleen een hoge kwaliteit van de mastiek; een ongestoord verloop van het totale aanbrengproces bleek doorslaggevend. De plaatsbepaling, de verhaalsnelheid, de samenstelling en temperatuur van de mastiek en de stroming in de aanbrengpijp werden tenslotte voortdurend gevolgd en vastgelegd; ingrepen vonden slechts plaats bij bepaalde combinaties van afwijkingen onder verschillende omstandigheden. Zonodig volgde dan onderzoek onder water, als dat op grond van de bedrijfsgegevens nodig leek. Van de mastiek werd verder de samenstelling en de viscositeit gecontroleerd, evenals de grondstoffen. Zodra het belang van de viscositeit duidelijk was, kon overigens op een ander mengsel worden overgegaan met besparing op de dure component bitumen.

Zoals reeds vermeld is bekleding van dijken en dammen met waterbouwasfaltbeton allang gebruikelijk. Men werkt in de water- en in de wegebouw in principe met hetzelfde produkt, een mengsel van vulstof, zand, steenslag en bitumen; ook de wijze van verwerking en de mogelijkheden tot controle en correctie

Tabel 2. Kenmerken van het keuringssysteem voor een aantal ongebonden materialen voor de Oosterscheldekering

onderzochte eigenschappen	frequentie	plaats	uitvoering
korrelverdeling	elk schip	bij produktie (Limburg)	namens directie
korrelverdeling	elk schip	bij produktie (Beneden-Maas)	namens directie
korrelverdeling	elk schip	bij produktie (Boven-Rijn)	door producent
korrelverdeling	elk schip	bij produktie (Beneden-Rijn)	namens directie
korrelverdeling menging 2 sorteringen dichtheid, sterkte kalk- en ijzerbestendigheid	min. eens per maand	bij produktie (Luik)	namens directie
korrelverdeling menging 2 sorteringen bestendigheid dichtheid, sterkte	elke dag	bij produktie (Hamburg)	door producent
	bij afvoer	bij produktie (Hamburg)	namens directie
korrelverdeling korrelvorm voorkomen zonnebrand dichtheid, sterkte	elke dag	bij produktie (Eifel)	door producent
	min. eens per maand	bij produktie (Eifel)	namens directie
als LD-slak 40/250 mm	eens per kw. elke lading	bij produktie (staalbedrijf) bij aanvoer visueel	namens directie namens directie

achteraf vertonen grote overeenkomsten. In verwerkte toestand dient asfaltbeton een laag te vormen van een zekere dikte, waarvan de holle ruimte beperkt is in verband met de duurzaamheid, en de samenstelling constant, ter vermindering van afwijkende en mogelijk zwakkere plekken. Om aan de holle ruimte-eis te voldoen, dient een mengsel te worden ontworpen dat zich in warme toestand op het talud makkelijk laat verdichten, maar dat ook zo stabiel is, dat het tijdens het walsen niet kan afschuiven. Ook dit stelt eisen aan de gelijkmatigheid van samenstelling en temperatuur. Verder speelt de afwerking van de ondergrond mee en vooral de laagdikte. De kwaliteitszorg omvat vooronderzoek naar het mengselontwerp, bedrijfscontrole van de bouwstoffen, het mengproces, de mengsamenstelling, de verwerking, en opleveringscontrole. In de

Vooronderzoek naar basalt
40/160 mm in een groeve in
Duitsland



praktijk van de begeleiding ging het vooral om intensief schaduwonderzoek, aandacht voor uitvoeringsdetails en ondersteuning bij problemen: het resultaat van de opleveringscontrole mocht geen verrassing zijn. Dat dit tot een aanzienlijke inspanning leidt, wordt wellicht geïllustreerd door het feit dat voor de asfaltwerken aan de havendammen van Noordland niet minder dan 1000 monsters werden onderzocht. Maar zulke inspanningen worden wel beloond. De actieve ondersteuning binnen zo'n systeem van kwaliteitszorg leidt tot kwaliteitsverbetering, zoals afgeleid kan worden uit de verminderde spreiding in verschillende eigenschappen van de verwerkte waterbouwasfaltmengsels, tot zelfs het niveau dat wordt bereikt in de asfaltwegenbouw. Als laatste waterbouwmaterialen waarvan de zorg voor de kwaliteit een interessante ontwikkeling te zien geeft in de Oosterschelde, bespreken we de ongebonden materialen: zand, grind, breuksteen, mijnsteen en slakken. Voor de relevante eigenschappen zoals korrelverdeling, massaverdeling, dichtheid en sterkte, waren wel enkele beproevingsmethoden bekend, maar ze bleken in het algemeen onvoldoende en ontoereikend. Eisen en keuringssystemen waren niet of nauwelijks ontwikkeld en sloten totaal niet meer aan bij wat vanuit het ontwerp van verscheidene onderdelen van de stormvloedkering werd en wordt geëist. De nieuwe benadering verliep langs de volgende hoofdlijnen. Onderzoek werd uitgevoerd bij de produktie van de materialen, teneinde na te gaan welke eigenschappen dat waren, hoe die varieerden en in welke mate ze te beïnvloeden zouden zijn. De resultaten van dit onderzoek werden vergeleken met de uit het ontwerp voortvloeiende eisen; dit leidde in het algemeen tot *aanpassing van produktie en ontwerp*. Bij de uiteindelijk aan de materialen te stellen eisen werden keuringsprocedures opgesteld op basis van bestaande of ontwikkelde proefmethoden, werd de wijze en plaats van monsterneming vastgelegd, alsmede de gevolgen bij het niet voldoen aan de eisen. Een en ander werd in *bestekbepalingen opgenomen*. Vanwege de grote hoeveelheden en het belang van ongestoorde aanvoer lag de plaats van keuring veelal bij de produktie. Dit kon op verschillende manieren worden uitgewerkt: als *bedrijfscontrole* door de producent, met steekproefsgewijze controle door hetzij de directie hetzij een *keuringsinstantie*, keuring door of vanwege de directie bij de producent of bij aanvoer, controle per scheepslading of per periodieke controle over langere perioden. De keuze van het kwaliteitszorgsysteem voor een bepaald

materiaal hangt dan samen met de striktheid van de eisen, maar ook met herstelmogelijkheden, bijsturing, keuringsinspanning, maatgevende hoeveelheid, omvang van de levering, enzovoort.

Breuksteen voor de drempel is eerder behandeld in Bericht 98, november 1981, zodat het hier wellicht voldoende is enkele ervaringen met betrekking tot de kwaliteitscontrole nog even aan te stippen.

Bij gebrek aan realiseerbare, dat is in de praktijk haalbare en controleerbare eisen moest in overleg met ontwerpers en producenten een nieuwe opzet worden ontwikkeld: vastgelegd werden eisen voor de sorteringen, de dichtheid, de dynamische sterkte, en de toegestane verontreinigingen; verder de omvang, plaats en wijze van monsterneming en het onderzoek daarvan. Ook al gezien de benodigde grote hoeveelheden en de afstanden tussen groeve en werk viel de keus op een certificeringssysteem, gebaseerd op eigen controle door de groeve, waarvan door een *externe keuringsinstantie* de effectiviteit en zorgvuldigheid wordt nagegaan. Afwijkingen over een zekere periode hebben gevolgen, zoals bijsturing of kortingen. De directie heeft bovendien de mogelijkheid bij aankomst twijfelachtige ladingen te laten keuren. Het speciale certificaat waaraan aanvankelijk werd gedacht, bleek niet realiseerbaar: het stuitte op zowel formele als produktie-technische bezwaren, zoals bijvoorbeeld de invloed van transport en overslag. Wel is gebleken dat de opgestelde eisen bij voldoende inzet goed te realiseren zijn. Interne kwaliteitsbewaking is daarvoor van de grootste betekenis. Dit was duidelijk een nieuwigheid, die gewenning vereiste.

Bij het zand voor de grondverbetering was de situatie weer geheel anders; dit werd in een continuproces door hoppers gezogen en meteen in het cunet gelost. Uiteraard werden wel zekere eisen aan de korrelverdeling gesteld in verband met de latere verdichting, maar in de tijd die verliep tussen de bemonstering van de hopperlading en de uitslag van het korrelverdelingsonderzoek was de lading inmiddels allang gelost. Alleen in geval van extreme afwijkingen, zoals verontreiniging, zou correctie verantwoord zijn geweest, bijvoorbeeld door verwijdering van reeds gelost zand. Het belang van het onderzoek lag dan ook in de mogelijkheid tot bijsturen van het verdichtingsproces bij variatie in het zand, en tot eventuele keuze van een ander wingebied. Om die reden zijn dan ook alle hopperladingen bemonsterd, en werden de korrelverdelingen aan de

projectleiding gerapporteerd. Grind en grind/zand-mengsels worden bij de stormvloedkering eveneens in grote hoeveelheden toegepast: voor de afdekking van het cunet, voor damaanzetten, de funderingsmat en de opstorting van de ruimtes er tussen. Voor dit soort materialen bestonden slechts eisen in verband met verwerking in beton of asfalt; ze sloten in het algemeen niet aan bij wat op grond van ontwerpoverwegingen en modelonderzoek nodig was, met name voor wat betreft de korrelverdeling. Dit betekende dat het gewenste materiaal met de bestaande installaties niet zonder meer kon worden geproduceerd, zodat ook hier veel geschiktheids-onderzoek en proefproductie nodig was. Aan de gewenste zorgvuldigheid om binnen de vaak nauwe zeefbanden te blijven was het wel even wennen. Voor de meeste sorteringen in deze groep vindt nu keuring per scheepslading plaats bij de producent. De monsterneming van de lopende band op een baggerinstallatie maakt bij deze vaak ontmengingsgevoelige materialen een betere beoordeling mogelijk. Wordt er een afwijking van de eisen geconstateerd dan vindt onmiddellijk terugkoppeling plaats naar de betreffende directie. Deze werkwijze werd bijvoorbeeld gevolgd bij het grind voor de cunetafdekking, het grindzand voor de damaanzetten en de afstorting tussen de funderingsmatten, en het zand en grind van de funderingsmat. Voor het grind 2/8 mm van de funderingsmat bleek een combinatie van bedrijfscontrole en keuring bij aanvoer goed te voldoen. Overigens is bij de verwerking nog regelmatig onderzoek nodig, om de verwerkingsprocessen waar mogelijk te verbeteren. Zo voerde men bij het opstorten van de ruimte tussen twee funderingsmatten een lange stortpijp in voor zandgrond; ook bij de vervaardiging van de funderingsmat werden verbeteringen aangebracht in de verwerking; dit leidde dan weer tot aanpassing van de gewenste zeefbanden.

Voor de damaanzetten en het losse filter tussen de funderingsmatten bleken enkele sorteringen fijne breuksteen tot 250 mm zeefmaat ontwikkeld te moeten worden. De productie daarvan vindt in de groeven in het algemeen plaats via redelijk betrouwbare en reproduceerbare breek/zeefprocessen, zodat de kwaliteitszorg hier kon worden opgezet op basis van een frequente, in de aanloopfase zo nodig dagelijkse bedrijfscontrole door de producent zelf die van directiewege regelmatig werd gecontroleerd. In de overeenkomsten is dan wel de mogelijkheid opgenomen tot keuring bij aanvoer.

Afhankelijk van het belang van de sortering in de constructie vindt wel samenstelling van de uiteindelijke sortering uit verschillende fracties plaats, onder toezicht van een keurmeester, meestal voorafgaand aan de verlading; dit geldt voor enkele typen slakken die worden toegepast in het open filter.

Als laatste van deze voorbeelden een korte indruk van de kwaliteitszorg voor materialen voor algemene toepassing, zoals LD-slak, mijnsteen en fosforslak. In het algemeen worden hier lagere eisen gesteld, gezien de wijze van gebruik. Fosforslak wordt geleverd tout-venant, dus zonder sortering. Voor mijnsteen zijn twee sorteringen ontwikkeld, te weten ongesorteerd en gesorteerd; maar ook dan gelden ruime eisen ten aanzien van de korrelverdeling. Er worden minimale hoeveelheden of percentages gecontroleerd, en soms gebeurt het alleen bij twijfel. Een opmerkelijk gevolg was het veel gelijkmatiger karakter van het produkt, waardoor bijvoorbeeld verliezen beperkt bleven. LD-slak komt vrij bij een bepaald staalprocédé, en is er een altijd gelijkmatig bijproduct van. Periodieke controle enkele malen per jaar bij de staalfabrieken en aandacht voor de aanvoer is voldoende gebleken om aan de gestelde eisen te voldoen. Behalve om de korrelverdeling en de dichtheid gaat het bijvoorbeeld ook om de zeewaterbestendigheid van het materiaal, die wordt bepaald volgens een daartoe opgestelde methode.

In het voorgaande is globaal een groot aantal voorbeelden behandeld, om een indruk te geven van de kwaliteitszorg voor specifieke waterbouwmaterialen en de daarvoor nodig gebleken ontwikkelingen in de Oosterschelde. Behandeling in detail van het kwaliteitssysteem voor bepaalde materialen zou in dit bestek te ver gaan. Deze kwaliteitszorg speelt zich begrijpelijkerwijze voor velen van de bij de uitvoering betrokkenen af aan de rand van hun gezichtsveld, of zelfs daarbuiten, en wordt daardoor vaak niet of nauwelijks opgemerkt. Wellicht ligt hier een oorzaak dat vooral in het begin de invoering van kwaliteitszorg niet voor alle materialen even soepel verliep. Toch is door de inzet van deskundigen uit verscheidene organisaties en van diverse herkomst nogal wat bereikt. Kwaliteitszorg voor materialen is dan ook een onmisbaar element bij de verantwoorde realisering van waterbouwkundige werken. De inmiddels opgedane ervaring zal zeer goed bruikbaar zijn bij andere werken, zeker ook bij kleinschalige.

Peilingen verschaffen inzicht in de bodemligging en de bodemvorming van wateren, waaronder rivieren en zeearmen. Ze geven een beeld van de geulvorming, de onderzeese belopen, de ligging van platen en slikken en van aangrenzende oevers en kusten. Dit alles ten dienste van de scheepvaart, het beheer, studie en onderzoek, en niet in de laatste plaats de uitvoering van werken.

Peilingen ten behoeve van de stormvloedkering

In gebieden waar door hydrodynamische omstandigheden of door erosie en sedimentatie natuurlijke veranderingen plaats vinden, zullen regelmatig peilingen plaats vinden uit het oogpunt van doelmatig beheer; indien in dergelijke gebieden evenwel naast natuurlijke ook kunstmatige veranderingen plaats vinden, door de aanleg van grote waterbouwkundige werken zoals de stormvloedkering in de Oosterscheldemonding, ontstaat de noodzaak van een continu peilbedrijf. In een dergelijke situatie is sprake van een 'breed werkveld' voor de peilingen: er moet dan informatie worden verschaft omtrent de stand van het werk, de omgeving van het werk moet worden bewaakt, terwijl de natuurlijke en kunstmatige morfologische veranderingen moeten worden gesignaleerd.

Bij de oprichting van de Deltadienst werd de Hoofdafdeling Waterloopkunde belast met de zorg en de uitvoering van metingen, waaronder ook peilingen. Daartoe werd destijds in het hart van het Deltagebied de Meet- en Studiefaculteit Zierikzee opgericht. De hoeveelheid peilwerk ten behoeve van de Oosterscheldekering nam aan het eind van de zeventiger jaren zo sterk toe, dat daarvoor een aparte onderafdeling binnen de organisatie van het Oosterscheldeproject werd opgericht. Eerst gehuisvest te Burghsluis, werd deze onderafdeling in 1981 overgebracht in het gebouw van de Uitvoeringspost Stormvloedkering op het damvak Geul, waar ondermeer een compleet nieuw verwerkingscentrum en een lichtdrukkamer in gebruik werden genomen, terwijl de peilvaartuigen een ligplaats kregen in de nabij gelegen werkhavens. Bij de onderafdeling werken momenteel ongeveer 20 personen.

In Bericht 91 (februari 1980) werd reeds een

eerste artikel gewijd aan peilingen rond de stormvloedkering. Toen werd een globaal inzicht gegeven in het soort werk. Dit artikel gaat wat dieper in op een aantal andere facetten. Achtereenvolgens zal aandacht worden besteed aan eisen en apparatuur, verwerking, produktiviteit vanaf 1979 en aan een toekomstig perspectief.

De nauwkeurigheid van peilingen hangt samen met het doel waarvoor ze worden gebruikt en welke criteria eraan worden gesteld. Bij de stormvloedkering ligt het accent op de uitvoering van dagelijks terugkerende werkpeilingen en op controle- en bewakingspeilingen over het gemaakte werk. De bouwwijze van de kering, waarbij uiterst nauwkeurige handelingen onder water moeten worden verricht, houdt in dat aan de peilingen de uiterste zorg moet worden besteed. Enige voorbeelden van zulke handelingen zijn: het graven van cunetten in de stroomgeulen, de grondverbetering en afdekking daarvan, de damaanzetten, het mattenleggen, het pijlers plaatsen en het opbouwen van de drempelconstructie; dit alles in diep en snel stromend water, in de monding van een aan zee grenzende getijrivier, waar wind en golfslag hun invloed dagelijks uitoefenen.

Naast nauwkeurigheid speelt de produktiviteit een belangrijke rol. Gedurende een aantal jaren achtereen zal hier sprake zijn van een veelheid van uitvoeringshandelingen onder water, in drie omvangrijke geulen met aangrenzende oevers en werkeilanden. De snelheid van opname en verwerking zal zo hoog moeten zijn dat een continue stroom van peilgegevens ontstaat. Uit nauwkeurig overleg tussen directie en aannemer volgen de voornaamste eisen: plaatsbepalingsnauwkeurigheid tot 1

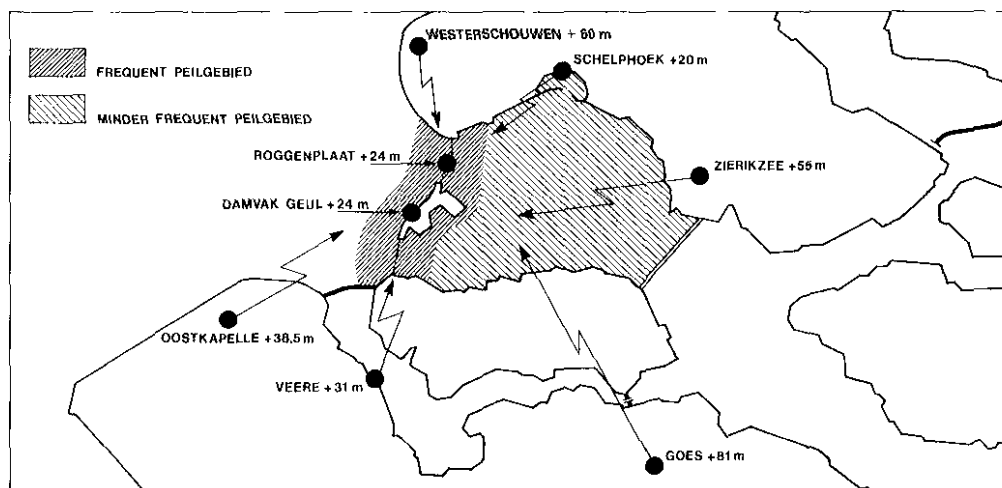


Fig. 1. De walstations van het 'Trident'-plaatsbepalingssysteem, met de hoogten van de zendmasten

meter; dieptenauwkeurigheid kleiner dan 1% van de waterdiepte; compensatie van scheepsbeweging en golfbeweging; automatische inwinning en verwerking, zodat 250 km opname per dag in 8 uur kan worden verwerkt tot profieltekeningen en overzichten; berekening van hoeveelheden gemaakt werk en nog te maken werk; geen 'blinde' vlekken op kaartprodukten, en een zo nauwkeurig mogelijke planning en voortgang van het meetwerk. Achtereenvolgens worden hierna de eisen besproken en de apparatuur die men gebruikt om ze te verwerkelijken.

Plaatsbepaling

Bij de Oosterscheldekering maakt een groot aantal schepen gebruik van het plaatsbepalingssysteem: naast peilvaartuigen ook duikschepen, onderzoeksvaartuigen en werkmaterieel van de aannemers. In zo'n situatie geniet radiografische plaatsbepaling de voorkeur. Aanvankelijk werkte men met de Motorola Mini Ranger III. Dit systeem had een relatieve nauwkeurigheid van 0-3 m per gemeten afstand en een beperkte mogelijkheid tot meervoudig gebruik. Later werd, na een langdurige proefperiode, gekozen voor het Franse Trident III-systeem, dat de volgende pluspunten had: een nauwkeuriger plaatsbepaling door gelijktijdige afstandsmeting van 4 afstanden naar vaste walstations: de onnauwkeurigheid kan daardoor worden verkleind tot 1 meter; voorts de mogelijkheid om gelijktijdig verscheidene schepen van gegevens te voorzien door de signalen te coderen, en een geringer reflectiegevoeligheid voor obstakels zoals bruggen, drijvend werkmaterieel en gebouwen. Dit laatste vereist enige toelichting.

Elk radiografisch systeem ondervindt op enigerlei wijze last van reflecties, het ene systeem wat meer dan het andere. Reflecties treden op wanneer uitgezonden radiogolven weerkaatsen tegen obstakels. In dit opzicht is een kaal terrein te prefereren boven een werkgebied zoals de omgeving van de Oosterscheldekering - 3 x 9 km ruwweg - waar, naarmate de uitvoeringshandelingen toenemen, het aantal obstakels in de vorm van drijvend werkmaterieel, stalen of betonnen bruggen en pijlers en hoog opgestapelde werkmaterialen zoals steen- en zanddepots, belangrijk toeneemen. Een extra handicap hierbij is de betrekkelijk geringe omvang van de peilvaartuigen waardoor ook schaduw effecten optreden. Toch wordt bij bepaalde bouwfasen het uiterste van de goede werking gevraagd; ondersteuning met andere, bijvoorbeeld optische middelen



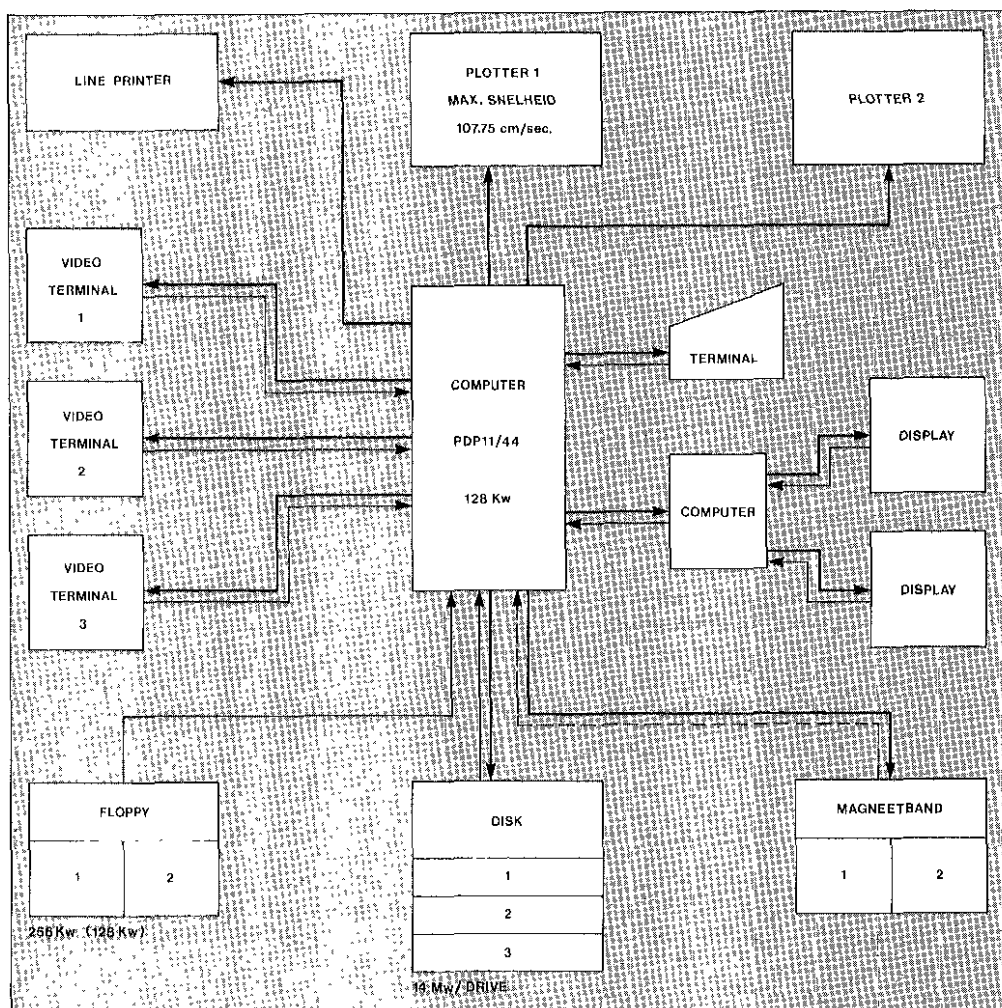
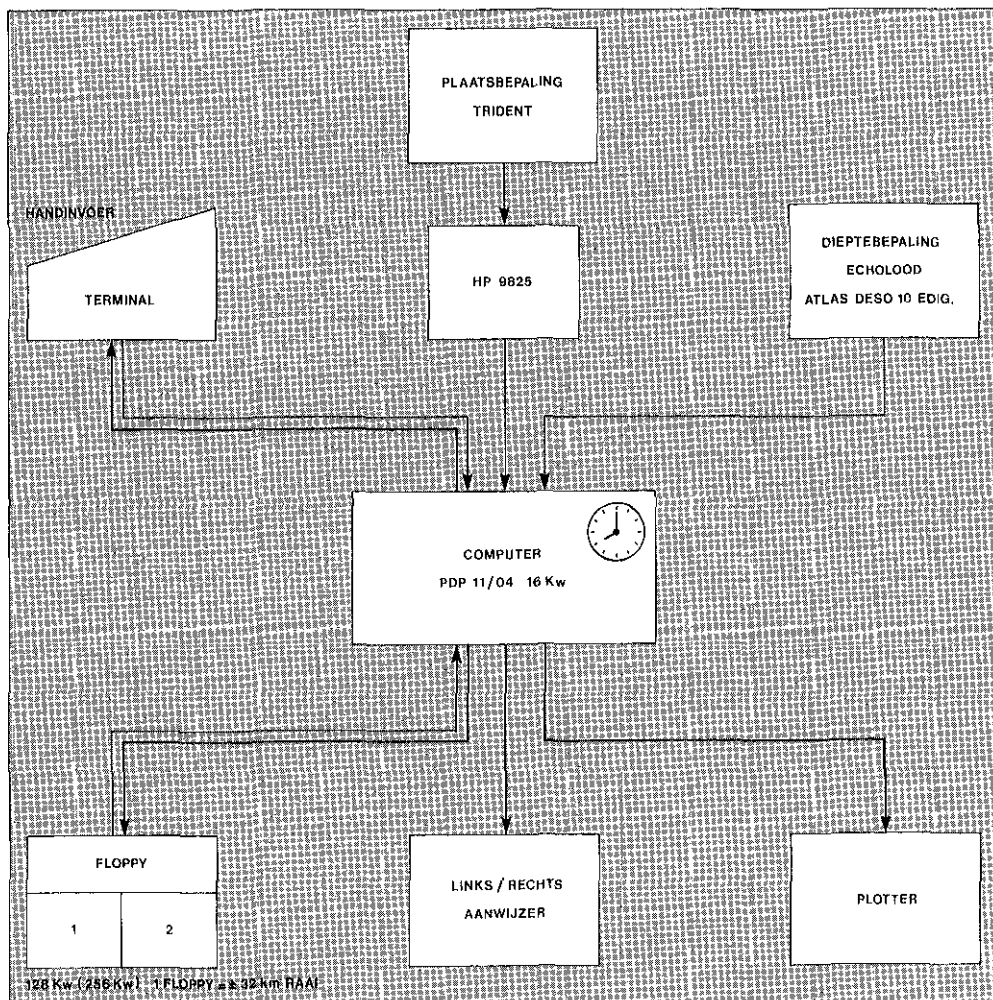


Fig. 2, 3. Walsysteem (links) en boordsysteem behorend bij het 'Interplot'-systeem

moet daarom niet geheel worden uitgesloten in een dergelijke omgeving. Om toch een goede werking van het plaatsbepalingssysteem te garanderen is een aantal technische ingrepen verricht. Zo werden de walstations zo hoog mogelijk opgesteld in een obstakelvrije omgeving en op enige afstand van het werkgebied; tevens werd voorzien in kalibratiemogelijkheden in iedere stroomgeul, in het belang van een goede werking van de boordapparatuur van de vaartuigen; ook werd permanent een ontvangststation opgesteld ter bewaking en controle van de goede werking van de zenders vanaf de wal. De boordantennes voor ontvangst werden zo hoog mogelijk geplaatst, veelal op uitschuifbare masten op de vaartuigen. Met behulp van rand- en rekenapparatuur werden bovendien 'vensters' gevormd ter bewaking van de goede

242



posities. Bij een grotere afwijking dan de toegestane wordt de peiling automatisch onderbroken. Momenteel zijn acht walstations permanent in de lucht, ook het aantal gebruikers is acht waaronder drie peilvaartuigen.

Dieptenauwkeurigheid

Het hydrografisch echolood is het middel bij uitstek om informatie in te winnen over de diepte. Een verticale geluidsbundel met een bepaalde tophoek en frequentie vanuit het vaartuig weerkaatst tegen de bodem. Het weerkaatste signaal wordt weer aan boord opgevangen. Uit het tijdsverschil tussen uitzenden en terugontvangen signaal wordt de diepte afgeleid. De keuze van de frequentie is ondermeer afhankelijk van de bodemgesteldheid. In slibachtige gebieden zal met lage

frequenties -- bijvoorbeeld 30 KHz -- een beter resultaat worden bereikt, terwijl op zanderige bodem, zoals bij de Oosterscheldkering, met een hogere frequentie wordt gewerkt, bijvoorbeeld 200 KHz.

De tophoekbundel bedraagt normaliter 9°, waardoor op taluds vertekening optreedt. Bij de stormvloedkering zijn daarom smalbundige echoloden in gebruik waarvan de tophoekbundel 3° is; een kalibratiemethode, die hier verder niet ter sprake komt, maakt het mogelijk in diep water te ijken waardoor de gevolgen van afwijkingen in de voortplantingssnelheid van het signaal als gevolg van temperatuurverschillen in het water tot een minimum wordt teruggebracht. Verder is er aan boord, naast de hoge uitschuifbare antennemast, voor gezorgd dat plaatsbepaling, diepteregistratie en besturing samen komen in één verticaal, zodat geen

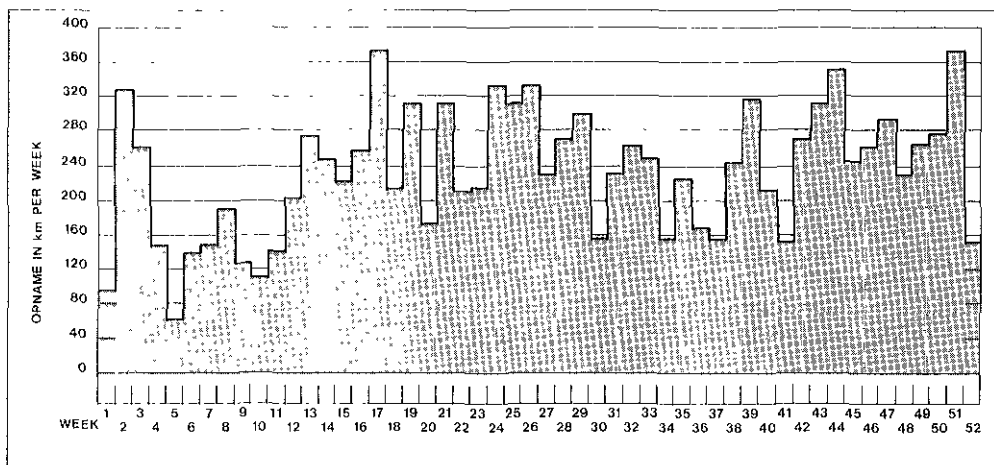


Fig. 4. Weekproductie van het peilbedrijf

onderlinge correcties behoeven te worden toegepast.

Een moeilijkheid voor de nauwkeurigheid vormt de invloed van scheepsbewegingen op de diepteregistratie. Gedurende meer dan anderhalf jaar is op twee peilvaartuigen golfcompensatie-apparatuur beproefd, zonder noemenswaardig resultaat. Het golfbeeld rondom de Oosterscheldekering is daarvoor te onregelmatig, de vaartuigen te beweeglijk en de raaiafstanden te kort.

Door veelvuldig in hetzelfde gebied te peilen wordt de fout van de weersinvloed zo goed mogelijk geëlimineerd. De totale gemiddelde fout is mede daardoor kleiner dan 1%.

Verwerking

Het peilbedrijf is geautomatiseerd, de inwinning en controle van gegevens geschiedt vooral ten aanzien van diepte en plaats automatisch. Ook de besturing van de vaartuigen in de gewenste richting geschiedt met automatische randapparatuur, terwijl de gevaren raai en de theoretisch opgegeven raai op een plotter te zien zijn. Alle inwinningsgegevens worden op 'Floppy discs' weggeschreven, waarna ze regelrecht per auto naar het computergestuurde walverwerkings-systeem worden gebracht. Vanwege de toenemende productie werd het oude walsysteem Interplot in 1981 vervangen door een nieuw RSX-Interplot systeem op de nieuwe locatie Damvak Geul.

Het systeem is in staat om 250 km raailengte per dag aan ingewonnen gegevens te verwerken in acht uur. Deze opname staat gelijk aan de piekproductie van drie vaartuigen; aangezien in 1981 een topproductie is voorgekomen van 120 km met 2 vaartuigen moet het systeem toereikend zijn, ook voor toekomstige vragen.

Er zijn twee snelle plotmachines voor het tekenwerk. De voornaamste verwerkingvormen zijn profielen en overzichten; ook worden dagelijks de hoeveelheden gestorte en nog aan te brengen materialen berekend. Indien de walverwerking zou stagneren is beperkte verwerking aan boord mogelijk.

Voor de verwerking zijn drie waloperators werkzaam in het Computer Centrum. Goede afstemming tussen de opnames van de vaartuigen en de verwerkingsafdeling heeft ertoe geleid dat de klanten – directie en aannemer – zonder noemenswaardige overschrijding van de 8-urige werkdag hun producten op tijd in huis hebben.

Om in de toekomst de in te zetten vaartuigcapaciteit en het personeelsbestand te kunnen plannen, is onderzocht welke mogelijkheden er zijn om de productie op te voeren. Allereerst werd vanaf medio 1979 aan de hand van gegevens zowel aan boord als aan de wal, de opnameproductie gevolgd. Aan de hand van de resultaten zijn maatregelen genomen om het aantal improductieve uren zoveel mogelijk te beperken.

Zo werden de vaartuigen waar mogelijk in de directe omgeving van het werk gestationeerd, en werd er voor gezorgd dat reparatiehellingen en werkplaatsen van de Technische Dienst ter beschikking stonden. Eveneens streefde men naar zo kort mogelijke werfbeurten. Met betrekking tot de personeelsinzet werd gelet op

spreading van vakanties en bijscholing in automatiseringsvraagstukken. De improductiviteit kon verder worden teruggedrongen door aan boord van de schepen air-conditioning te installeren, door de snelheid van de verbindingen op te voeren, en door dagelijks overleg met de klanten en een goede werkplanning, ook op lange termijn. Tot de verhoging van de produktie droeg natuurlijk ook bij dat er zoveel werk was, en dat het werkgebied klein is, en men niet veel vaartijd verliest. Tenslotte is de volledige automatisering zeer tijdsbesparend gebleken.

Tot het vierde kwartaal van 1981 is het mogelijk gebleken de vraag bij te houden met twee opnamevaartuigen. Een derde vaartuig is vanaf dat tijdstip toegevoegd.

Vergelijkbare cijfers van andere diensten binnen de Rijkswaterstaat tonen overduidelijk aan dat, als het gaat om opnameproduktie en percentage effectieve peiltijd per vaartuig, hier van uitzonderlijk hoge prestaties kan worden gesproken. Uit tabel 1 blijkt met name dat de effectieve peiltijd gegroeid is van 30% naar 50%; dat de verhouding produktief – improduktief vrijwel constant ligt op 80% tegen 20%; en dat het aantal kilometers opname van 9 000 in 1979 is toegenomen tot 18 000 in 1981. Gezien het betrekkelijk kleine werkgebied kunnen we zeggen dat dit het meest frequent gepeilde gebied is in Nederland.

Een nog grotere hoeveelheid peilwerk wordt verwacht in 1983 en 1984, wanneer de Oosterscheldekering volop in uitvoering is. Naarmate er meer onderdelen gereed komen zal een verschuiving plaatsvinden van werk- naar controle- en bewakingspeilingen. Meer dan drie opnemingsvaartuigen bemand met in totaal twaalf man personeel zullen naar verwachting niet behoeven te worden ingezet. Hoeveel inspanning de totale bewaking van de voltooide stormvloedkering zal vragen, is nog niet concreet te zeggen.

Door de dan gewijzigde stroomsituatie, waarbij tussen de pijleropeningen zeer hoge snelheden zullen voorkomen – van 4 tot 5 m/sec – kan minder per dag worden opgenomen dan nu. Dit betekent echter niet dat de vraag naar peilingen zal verminderen; integendeel, in korte tijd moet dan vermoedelijk juist op een toenemende vraag worden gerekend, zeker de eerste jaren na realisering. Ook het bewakingsgebied zal groter zijn dan nu, omdat achter de uitgebreide bezinkingsvelden aan weerszijden van de kering ontgrondingskuilen kunnen ontstaan; in samenhang daarmee is een frequente oeverbewaking langs de Schouwse en Noordbevelandse oever te voorzien. Naast dit peilwerk zal door andere vaartuigen onderwaterinspectie aan de kering worden uitgevoerd in het belang van de conditiebewaking van het kunstwerk.

Produktiecijfers peilboten per halfjaar

	1979 II	1980 I	II	1981 I	II	1982 I
Vaartuig 1						
a) Produktief (%)	84	85	85	83	81	78
b) Opname (km)	2500	2951	3613	4165	4563	4285
c) Effectieve peiltijd (%)	31	36	40	42	48	50
Vaartuig 2						
a) Produktief (%)	72	80	77	83	77	74
b) Opname (km)	1946	2713	2434	3870	4387	3734
c) Effectieve peiltijd (%)	31	38	32	42	50	46
Vaartuig 3*						
a) Produktief (%)					46	41
b) Opname (km)					808	2104
c) Effectieve peiltijd (%)					43	49

* 50% inzet peilwerk

De effectieve peiltijd is in procenten van de produktieve uren (8-urige werkdag)



Het getijverschil te Yerseke na de voltooiing van de Oosterscheldewerken

De stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde wordt gebouwd met een tweeledig doel: enerzijds beperking en beheersing van de getij-invloed vanuit zee, anderzijds behoud van het getij om de natuurlijke omstandigheden zoveel mogelijk intact te laten. Als criterium voor de aanvaardbare vermindering van de getijbeweging wordt het gemiddeld getijverschil gehanteerd dat optreedt bij Yerseke, in het midden van het Oosterscheldebekken. Onder getijverschil verstaan we het verschil tussen hoog en laag water.

Nu is dit getij geen twee dagen achtereenvolgend gelijk. De dagelijkse ongelijkheid wordt veroorzaakt door astronomische factoren, met name de stand van zon en maan, maar ook door meteorologische omstandigheden, vooral kracht en richting van de wind, zowel op de Noordzee als op de Oosterschelde zelf. Het getijverschil kan vele waarden aannemen. Het is, in statistische termen, een stochastische grootte, die bij benadering voldoet aan de normale verdeling. Zo'n verdeling wordt gekenmerkt door een gemiddelde en een standaardafwijking. Het gemiddelde is de som van alle waarden, gedeeld door hun aantal; de standaardafwijking is een maat voor de spreiding van de waarden.

In de oude toestand, zonder Oosterscheldewerken, heeft het getijverschil te Yerseke gemiddeld een waarde van 3,53 m, en een standaardafwijking van 0,51 m. Dit betekent dat ongeveer 5% van de getijverschillen groter is dan 4,35 m, en 5% lager dan 2,70 m. In een jaar komen bij benadering 706 getijden voor; 5% is derhalve 35 getijden per jaar.

Door de bouw van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen ondergaat dit getijverschil verandering. De doorstroomopening werd gekozen op grond van de in 1977

uitgebrachte nota 'Analyse varianten doorstroomopening stormvloedkering'. Een samenvatting van die nota vindt men in Bericht 81 (augustus 1977). De regering koos in september 1977 voor een netto effectieve doorstroomopening van 14 000 m². Daarmee werd beoogd dat onder vrijwel alle omstandigheden te Yerseke een gemiddeld getijverschil zou kunnen worden gerealiseerd van 2,70 m. Om dit inderdaad onder vrijwel alle omstandigheden te kunnen garanderen is de netto doorstroomopening nog vergroot met een aantal reserves, in verband met het onderhoud van de stormvloedkering, mogelijke correcties in de weerstandsverdeling over de sluitgaten, onzekerheid omtrent de afvoercoëfficiënt van de stormvloedkering en mogelijke onnauwkeurigheden in de gebruikte getijmodellen (figuur 1). Hierover is een uitvoerig artikel verschenen in Bericht 86 (november 1978). Een en ander leidde in 1978 tot de vaststelling van een bruto-doorstroomopening van 18 000 m². Inmiddels is er meer bekend over de doorstroomopening van de stormvloedkering. De bruto-doorstroomopening van de kering die nu wordt gebouwd, bedraagt 17 913 m². De gemiddelde afvoercoëfficiënt is volgens modelproeven 0,92. De gemiddelde netto effectieve doorstroomopening, het product van de twee waarden, bedraagt 16 480 m². De invloed van onderhoudssluitingen op het gemiddelde getijverschil wordt bepaald door de duur van die sluitingen en het aantal gesloten schuiven. Beperking van het getijverschil tijdens een onderhoudssluiting gedurende een relatief korte periode van het jaar heeft een geringe invloed op de waarde van het gemiddelde getijverschil over een heel jaar. Daarom kan worden gesteld dat het invoeren van een extra doorstroomopening voor onderhoud

gemiddeld een positieve invloed zal hebben op de grootte van het gemiddelde getijverschil. Bij onze verdere beschouwingen over de te verwachten getijverschillen te Yerseke na voltooiing van de Oosterscheldewerken zal de gemiddelde netto effectieve doorstroombopening van 16 480 m² dan ook niet verminderd behoeven te worden met de 1000 m² die is bepaald voor onderhoudssluitingen.

Voor correcties in de weerstandsverdeling over de sluitgaten wordt 690 m² effectief doorstroombprofiel gereserveerd. Het is niet zeker of deze reserve al dan niet zal worden gebruikt, en dus ook niet, of hij in mindering moet worden gebracht op de gemiddelde netto effectieve doorstroombopening van 16 480 m². In verband met onzekerheid aangaande de afvoercoëfficiënt en mogelijke onnauwkeurigheden in de gebruikte getijmodellen moet voor de netto effectieve doorstroombopening een standaardafwijking worden aangehouden van 1350 m². Rekening houdend met de bovengenoemde voorwaarden kunnen we nu afleiden hoe de verdeling van de getijverschillen te Yerseke zal zijn na de voltooiing van de Oosterscheldewerken. Hierbij gaan we uit van de getijverschillen aan de buitenzijde van de stormvloedkering, waarvan het gemiddelde en de standaardafwijking bekend zijn. Uit berekeningen is namelijk bekend hoe de relatie zal zijn tussen het getijverschil aldaar en dat bij Yerseke, gegeven verschillende netto effectieve doorstroombopeningen van de kering. De verdeling van de getijverschillen aan de buitenzijde van de stormvloedkering kan hiertoe dus worden 'vertaald' naar waarden die gelden voor Yerseke. Het gaat bij deze berekeningen om verdelingen die zullen optreden in een nog niet bestaande situatie. De gegevens die men gebruikt zijn afkomstig van modelproeven; verder wordt een aantal veronderstellingen gehanteerd. De voorspelling van de verdelingen bevat daardoor een element van onzekerheid; het is echter de beste schatting die op dit moment voor de toekomstige situatie te geven is. Enerzijds hebben we te maken met het stochastische karakter van de verdeling der getijverschillen aan de buitenzijde van de stormvloedkering, en anderzijds met onzekerheden aangaande de netto effectieve doorstroombopening van de kering zelf. Bij overbrenging van de verdeling van de getijverschillen aan de buitenzijde van een stormvloedkering met een effectieve doorstroombopening van 16 480 m² naar de binnenzijde ter hoogte van Yerseke, blijkt op deze laatste plaats een gemiddeld getijverschil aanwezig van 3,10 m, en een standaardafwijking van 0,42 m.

Brengen we voor correctie van de weerstands-

verdeling over de sluitgaten een reductie aan van 690 m² effectieve doorstroombopening, dan resteert een netto effectieve doorstroombopening van 15 790 m². De verdeling van de getijverschillen aan de buitenkant van de stormvloedkering levert, overgebracht naar Yerseke, daar dan een gemiddeld getijverschil op van 3,04 m, en een standaardafwijking van 0,39 m.

Als gevolg van de onzekerheid over de effectieve grootte van de doorstroombopening en onnauwkeurigheden in de gebruikte getijmodellen bestaat de kans dat het effectieve doorstroombprofiel niet 16 480 m² bedraagt, maar een andere waarde aanneemt. Daarom zijn ook verdelingen afgeleid die behoren bij enkele andere waarden van de netto effectieve doorstroombopening: 14 000 m² en 12 500 m². In de tabellen 1 en 2 zijn de resultaten van de verschillende berekeningen samengevat, respectievelijk voor het geval dat niet en dat wel rekening wordt gehouden met een correctie van de weerstandsverdeling over de sluitgaten. Tabel 1 geeft volledigheidshalve ook de gegevens die betrekking hebben op de situatie zonder stormvloedkering, en die al eerder in dit artikel werden genoemd. Men vindt in de tabellen de doorstroombopening, het daarbij behorende gemiddelde getijverschil te Yerseke en het aantal getijden dat bij een bepaalde doorstroombopening kleiner is dan 2,70 m. In de laatste kolom is de kans aangegeven die er bestaat dat de genoemde doorstroombopening na voltooiing van de Oosterscheldewerken inderdaad de werkelijke zal zijn, en daarmee het bijbehorende gemiddelde getijverschil. Een gemiddeld getijverschil te Yerseke van 2,70 m blijkt te behoren bij een netto effectieve doorstroombopening van 12 500 m². Waarom hoort dit gemiddeld getijverschil niet bij 14 000 m², zal men zich afvragen. Dat werd immers verondersteld toen de politieke keuze werd gemaakt. De berekeningen die ten grondslag lagen aan de beslissing een doorstroombopening te kiezen van 14 000 m², wijken op een aantal punten af van de gegevens die in dit artikel worden gehanteerd: de modellering van de stormvloedkering in het wiskundig model dat getijverschillen te Yerseke berekent, is inmiddels aangepast aan de meest recente gegevens. Ook wordt in dit artikel rekening gehouden met het feit dat de getijverschillen langs de kust van Zuidwest-Nederland de laatste tien jaren een stijgende tendentie vertonen. Ook is onze uitdrukking 'gemiddeld getijverschil' niet helemaal gelijk aan het eerder gehanteerde 'getijverschil van het gemiddelde getij'. De intentie om onder vrijwel alle omstandigheden te Yerseke een gemiddeld getijverschil van

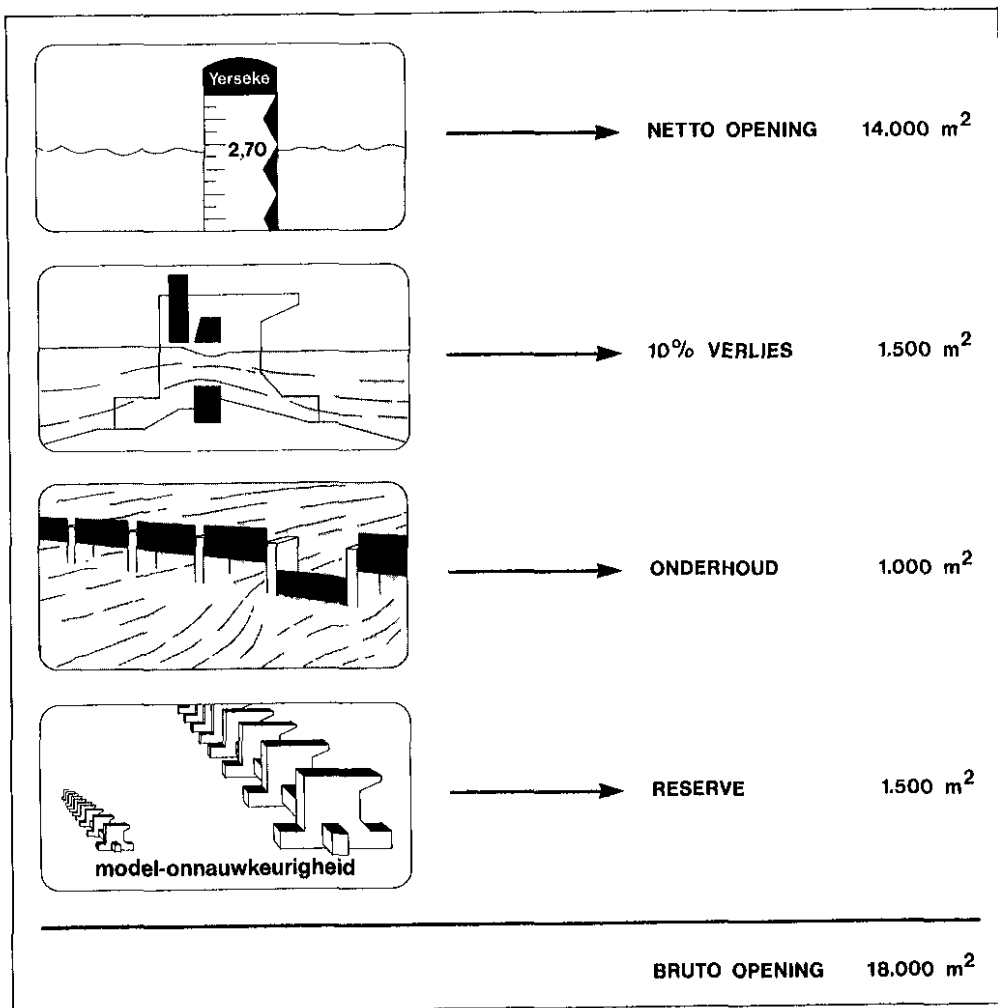
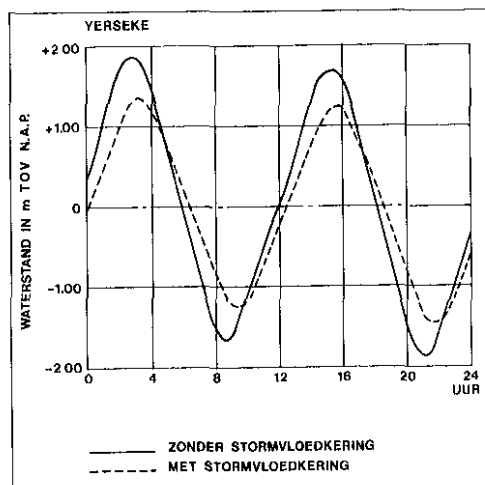


Fig. 1. Samenstelling van het bruto-doorstroomprofiel

Fig. 2. Verandering van het verticaal getij te Yerseke als gevolg van de stormvloedkering en de compartimenteringsdammen



Netto doorstroom- opening	Gemiddeld getij- verschil te Yerseke	Aantal getijverschillen kleiner dan 2,70 m per jaar	Kans dat deze situatie na 1986 werkelijkheid zal zijn
situatie thans (80.000 m ²)	3,53 m	35 (5%)	—
16.480 m ²	3,10 m	120 (17%)	50%
14.000 m ²	2,86 m	226 (32%)	3,4%
12.500 m ²	2,70 m	353 (50%)	0,16%

Tabel 1. Kans dat de stormvloedkering de aangegeven invloed op het getij op de Oosterschelde heeft indien de correctie op de weerstandsverdeling over de sluitgaten *niet* wordt toegepast (dus alle schuiven open).

Netto doorstroom- opening	Gemiddeld getij- verschil te Yerseke	Aantal getijverschillen kleiner dan 2,70 m per jaar	Kans dat deze situatie na 1986 werkelijkheid zal zijn
15.790 m ²	3,04 m	134 (19%)	50%
14.000 m ²	2,86 m	226 (32%)	8,7%
12.500 m ²	2,70 m	353 (50%)	0,64%

Tabel 2. Kans dat de stormvloedkering de aangegeven invloed heeft op het getij op de Oosterschelde indien de correctie op de weerstandsverdeling over de sluitgaten *wel* wordt toegepast (690 m² ofwel 4 schuiven aan de oevers permanent gesloten).

2,70 m te realiseren, is in het verleden niet gekoppeld aan bij voorbeeld een toelaatbare kans op overschrijding van die waarde, dan wel een geëiste kans op haalbaarheid. De Tweede Kamer heeft zich uitgesproken over een 'minimum gemiddeld getijverschil van 2,70 m te Yerseke', zonder aan te geven wat daarmee precies bedoeld werd; een 'minimum gemiddelde' bestaat niet. In de Kameruitspraak kan worden aangevoeld dat de kans klein moet zijn dat het gemiddelde getijverschil te Yerseke straks kleiner is dan 2,70 m. Deze kans is nu, op basis van toegenomen kennis aangaande de doorstroomopening en aangaande onzekerheden in de afvoercoëfficiënt, nader gekwantificeerd. De kans dat het gemiddelde getijverschil te Yerseke de 2,70 m niet haalt, wordt thans geschat op minder dan 1%, in feite, zoals uit de tabellen blijkt, op respectievelijk 0,16% en 0,64%, afhankelijk van de vraag hoe men de correctie van de weerstandsverdeling inschat. De kans dat het gemiddelde getijverschil te Yerseke groter is dan 2,70 m, is dus erg groot.

Het meest waarschijnlijk is dat de netto effectieve doorstroomopening straks 16 480 m² zal blijken te zijn, en daarbij behoort een gemiddeld getijverschil van 3,10 m. Tabel 1 geeft verder te verstaan dat het na voltooiing van de Oosterscheldewerken drie tot vier keer zo vaak als thans zal voorkomen dat het getijverschil te Yerseke kleiner uitvalt dan 2,70 m: bij 120 getijden, tegenover 35 nu. De gegevens waarmee in dit artikel werd gewerkt, zijn gebaseerd op modeluitkomsten. Het zijn, zoals gezegd, de beste schattingen die op dit moment voorhanden zijn. Nadat de stormvloedkering is voltooid, zal blijken hoe groot de netto effectieve doorstroomopening in werkelijkheid is. Enkele jaren na het gereedkomen van de Oosterschelde-werken zal de werkelijke verdeling van de getijverschillen te Yerseke uit metingen kunnen worden vastgesteld. Pas dan zal, door vergelijking met de hier gepresenteerde prognose, komen vast te staan in hoeverre deze voorspellingen juist zijn geweest.

De grond onder de peilers van de stormvloed-keuring moet aan vrij hoge eisen voldoen. De pijlers mogen niet verzakken. De oorspronkelijke aanwezige grond was daar niet geschikt voor.

Onderzoek naar de stroombestendigheid van de tijdelijke afdekking van de grondverbetering onder de pijlers van de Oosterscheldekering

Daarom is een grondverbetering toegepast: tot 5 à 10 m onder de toekomstige pijlervoet is de grond vervangen door homogeen zand. Het zand is verdicht met de 'Mytilus' (Bericht 94, november 1980, en 102, november 1982).

Dit werk is nu reeds geruime tijd voltooid. Maar de funderingsmatten, die deze grondverbetering uiteindelijk volledig zullen afdekken, moeten voor het grootste deel nog gelegd worden. Daarom moest de grondverbetering tijdelijk worden afgedekt om te voorkomen dat het zand zou eroderen (figuur 1). De tijdelijke afdekking moest aan twee eisen voldoen: hij moest voldoende stroombestendig zijn en hij moest makkelijk verwijderd kunnen worden vlak vóór het leggen van een funderingsmat. Daarom lag een afdekking van grind voor de hand: de 'Cardium' zou die laag kunnen opzuigen tijdens de eerste opschoonslag ter afvlakking van het bed voor de funderingsmat.

Hoe fijner het grind, des te plezieriger voor de 'Cardium'. In ieder geval mocht geen korrel van grind of breuksteen grover zijn dan ongeveer 60 mm, om door de zuigmond van de 'Cardium' opgezogen te kunnen worden. Maar zouden korrels van die afmetingen wel voldoende stroombestendig zijn? Op grond van de aanwezige kennis kon men daar niet zeker van zijn. Daarom werd de stroombestendigheid van grind of breuksteen van 30 tot 60 mm diameter als afdekking van de grondverbetering nader onderzocht.

Het onderzoek bestond uit twee delen: berekeningen en metingen in de natuur. Het uitvoeren van berekeningen betekent in feite het toepassen van bestaande kennis op een specifiek geval. Voor een eenvoudig geval, zoals een recht kanaal met permanente stroom, kan men daar veelal mee volstaan. Maar berekeningen

voor een gecompliceerd geval zoals dit, geven de stabiliteitsgrens slechts bij benadering aan. Met metingen in de natuur kan men echter de berekeningen steekproefsgewijs controleren en, zonodig, bijstellen.

Dat is hier gedaan. Aanvankelijk wezen de berekeningen op een veel hogere stabiliteit dan de metingen. Een verbeterde rekenmethode, maar ook een betere interpretatie van de meetresultaten leidde uiteindelijk tot een bevredigende overeenkomst.

De metingen zijn bedoeld om de relatie vast te leggen tussen stroomsnelheid en de beweging van het grind. Daartoe werd een statief geconstrueerd dat op de bodem van de Oosterschelde kon worden gezet (figuur 2). Op het statief werden stroomsnelheidsmeters gemonteerd; één op 0,5 m boven de bodem en één op 1,0 m boven de bodem. Voorts werd een videocamera geïnstalleerd waarmee een stukje van de bodem kon worden waargenomen. Tenslotte werd een vangnet voor grindkorrels bevestigd. Daarmee kon het grindtransport worden gemeten. Ruim vijftig keer werd het instrument neergezet op plaatsen in de as van de kering waar grof grind was aangebracht. Daar werd dan telkens gedurende enige uren rondom het tijdstip van maximale stroom gemeten.

Berekening 'begin van beweging'

Als grens tussen stabiliteit en instabiliteit nam men aanvankelijk het 'begin van beweging', dat kon worden berekend met traditionele formules. Daarbij werd gebruik gemaakt van uitgebreid onderzoek, verricht door het Waterloopkundig Laboratorium, naar de empirische constanten die in deze formules moeten worden ingevoerd. Een zeer belangrijke constante is de kritische bodemschuifspanning,

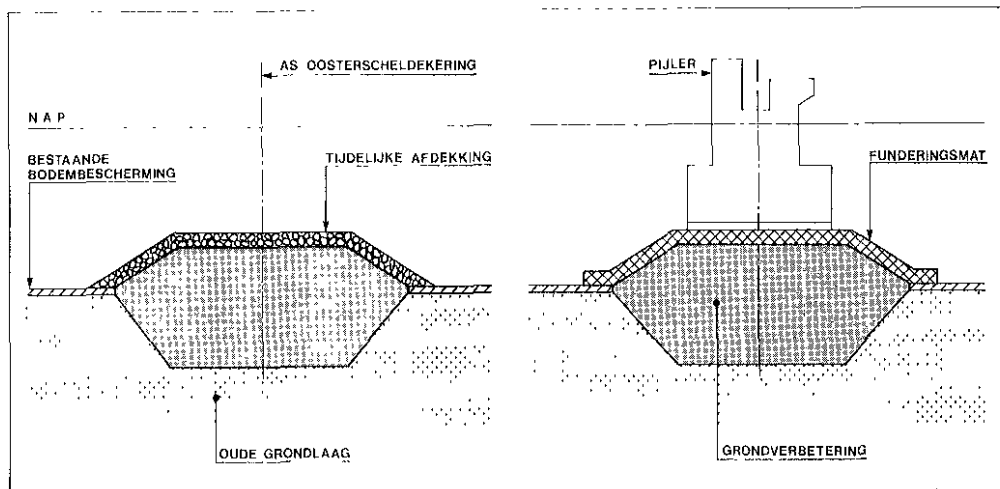


Fig. 1. De tijdelijke en de definitieve afdekking van de grondverbetering

een grootte die aangeeft hoe hard het water over de bodem schuurt. De grootte van deze constante hangt echter weer af van wat men onder 'begin van beweging' verstaat.

Volgens een nadere beschrijving van het 'begin van beweging' hoort bij 'het zich verplaatsen van de korrels af en toe' een lagere kritische schuifspanning dan bij 'korrels aan de wandel, hier en daar'. Maar daarbij hoort weer een lagere kritische schuifspanning dan bij 'korrels aan de wandel, op vrij veel plaatsen'. En zo worden er nog vier kritische en telkens hogere schuifspanningen onderscheiden.

Volgens de eerste berekeningen zouden zich bij de gemeten stroomsnelheden zelfs niet af en toe korrels mogen 'verplaatsen', laat staan dat ze 'aan de wandel' zouden mogen gaan. Uit de videobeelden en grindvangsten kreeg men echter de indruk dat er bij sommige metingen op vrij veel plaatsen korrels aan de wandel waren, en niet alleen maar af en toe. Er was dus een groot verschil tussen de meetgegevens en de rekenresultaten. Uiteindelijk bleek het verschil te verklaren door twee factoren. Eén daarvan was de interpretatie van de videobeelden en grindvangsten in termen als 'korrels aan de wandel, hier en daar'. Om deze vrij vage termen te vermijden werd afgestapt van de berekening van 'het begin van beweging'; voortaan berekende men het transport, de hoeveelheid verplaatst materiaal loodrecht op een doorsnede.

Als het mogelijk zou zijn om het begin van bewegen te kwantificeren in getransporteerde hoeveelheden, hoe klein ook, dan zou een duidelijke vergelijking tussen berekeningen en metingen mogelijk worden.

Van oudsher bestaan er formules voor het transport van zand en grind. In principe zijn die

ook toepasbaar voor grof grind en breuksteen, maar het toepassingsgebied ligt bij fijn grind en vooral bij zand bij zeer grote transporten, gemeten in aantallen korrels per tijdseenheid. Daardoor zijn deze formules niet geijkt voor de lage transporten waar het hier om gaat. Men heeft nu een traditionele, betrouwbare formule geëxtrapoleerd tot aan een 'kritische bodemschuifspanning' waarbeneden geen transport zou plaats vinden. Er is bij lage bodemschuifspanningen echter wel degelijk enig transport, en dat transport is sinds kort goed in een formule te vangen. Op basis van de nieuwe formule werd nu een programma ontwikkeld waarmee het transport wordt berekend op elk moment van de getijcyclus. Over de tijd geïntegreerd levert dit het transport op gedurende een getij. Afhankelijk van de ingevoerde parameters kan dat een gemiddeld getij zijn of

een springtij. Ook kan men op eenvoudige wijze hele reeksen van getijden invoeren, waardoor het transport gedurende bijvoorbeeld een jaar berekend kan worden. Een bijzonderheid van het programma is bovendien dat het de onzekerheden die men heeft omtrent de invoerparameters, vertaalt in de kans dat een bepaald transport optreedt. De vergelijking van gemeten en berekende transporten leverde hierna een veel bevredigender resultaat. Zelfs de grootste gemeten transporten bleken nog erg laag te zijn, wellicht overeenkomend met 'het zich verplaatsen van de korrels af en toe' dat destijds als eerste begin van beweging werd beschouwd. Het rekenprogramma blijkt echter een veel ruimer toepasingsgebied te hebben dan alleen het vergelijken van berekeningen en metingen. Met kennis inzake de variatie van het transport in de stroomrichting, kan men nu ook de erosie van een laag grind of breuksteen berekenen. Het was al lang bekend dat de grens tussen stabiel en niet stabiel niet zo scherp is: het gaat om minder of meer schade. En dat kan nu berekend worden als functie van de tijd waarin de constructie aan erosie blootstaat. Uit het volgende moge blijken dat het in gevallen als deze wel degelijk van belang is onderscheid te maken tussen veel en weinig schade.

Erosie van ribbeltoppen

Zoals boven gemeld waren er twee factoren verantwoordelijk voor de aanvankelijke discrepantie tussen berekeningen en metingen. De eerste factor betrof de definitie van de kritische bodemschuifspanning in relatie tot het criterium 'begin van beweging'. De tweede factor was de berekening van de bodemschuifspanning uit de stroomsnelheden. Nu moet

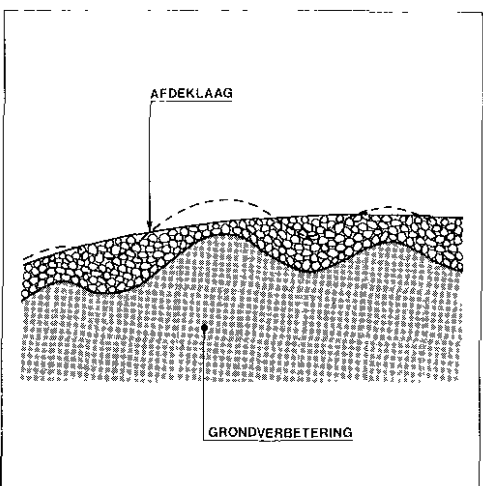
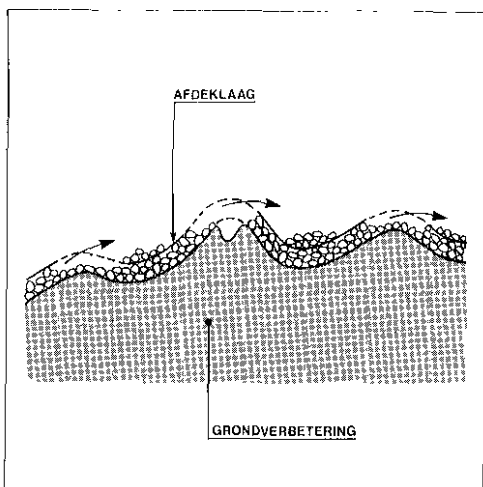
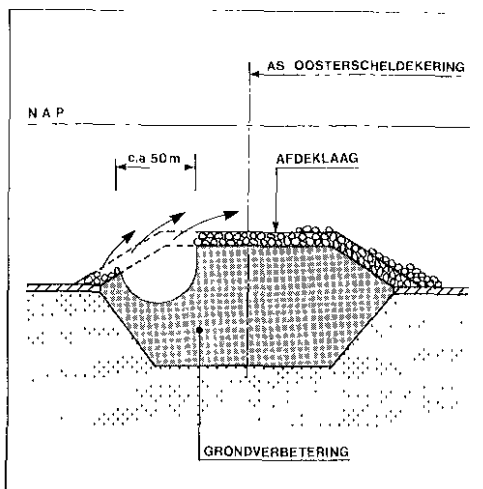


Fig. 2. Beeld van mogelijke erosie op grote schaal

Fig. 3. Erosie van ribbeltoppen

Fig. 4. Bij grote laagdikte van de afdekking blijft erosie van het zand uit

men weten dat de bodem, ook bovenop de grondverbetering, bedekt is met natuurlijk gevormde zandribbels van ongeveer 0,5 m hoog en 10 à 20 m lang. Analyse van de stroomsnelheidsmetingen en literatuuronderzoek wees uit dat de bodemschuifspanning op de ribbeltoppen waarschijnlijk hoger was dan oorspronkelijk aangenomen. De aanname betrof in feite de over een groot gebied gemiddelde schuifspanning, althans het gedeelte daarvan dat bijdraagt aan het transport. Die gemiddelde schuifspanning is verantwoordelijk voor eventuele erosie op grote schaal, bijvoorbeeld over een strook van 50 m breed (figuur 3). Mede gezien de betrekkelijk lage waarde van die schuifspanning, is het zo goed als zeker dat zulke erosie niet op zal treden. Veel eerder is er kans dat de laag grof grind op de ribbeltoppen erodeert (figuur 4). Het is de vraag of dit direct tot falen van de afdekking leidt. Waar zekerheid vereist is dat dit niet gebeurt, kan de laagdikte vergroot worden. Het wegslijten van de ribbeltoppen zorgt dan voor een vlakker bed met lagere bodemschuifspanning, zonder dat de ondergrond ook maar ergens bloot komt te liggen.

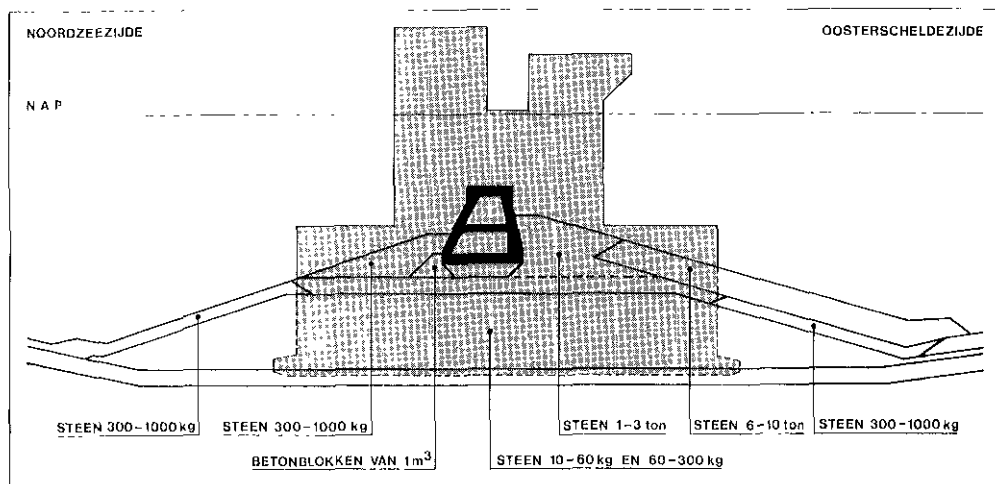
Een dunne laag van grind of breuksteen van 30 tot 60 mm diameter bleek als afdekking van de grondverbetering op de meeste locaties voldoende stroombestendig. Op enkele locaties met hoge stroomsnelheid is de zekerheid omtrent de stroombestendigheid te klein. Maar het materiaal is ook daar voldoende stroombestendig als men het in een dikkere laag aanbrengt. Met de hier ontwikkelde rekenmethode kan de schade aan de constructie als functie van de expositieduur worden berekend. Daardoor wordt het mogelijk de invloed van factoren als laagdikte en expositieduur op de uiteindelijke veiligheid van een constructie te kwantificeren.



Vallende stenen



Een van de randvoorwaarden voor het ontwerp van de pijlers en dorpelbalken van de Oosterscheldekering is dat de stortsteen voor de drempel die eromheen wordt opgebouwd, zal worden aangebracht vanaf de waterlijn. De stenen zullen dus onder water vrij vallende de betonconstructie treffen. Het gaat om uiteenlopende massa's, van 10 tot 10 000 kg. Er moet rekening mee gehouden worden dat de stenen een zekere mate van beschadiging zullen toebrengen aan de constructies die ze treffen. Die beschadiging kan optreden in twee vormen: verbrijzeling van het betonoppervlak en overbelasting van de beton-doorsnede. Om inzicht te krijgen in de grootte van de stootkrachten en de mate van beschadiging is een onderzoek uitgevoerd naar deze vallende stenen. De theoretische, rekenkundige benadering leverde, mede door de vele aannamen, zulke onzekere en onwaarschijnlijke resultaten op, dat besloten werd het onderzoek proefondervindelijk voort te zetten, op ware grootte. Het theoretisch onderzoek was erop gericht, voorspellingen te doen van de te verwachten beschadigingen. Hiervoor moest eerst de trefsnelheid worden bepaald. Daar de bedreigde constructiedelen zich op grote diepte onder water bevinden, kan worden uitgegaan van de evenwichtssnelheid (figuur 1). Al naar gelang van de respons van de constructie op een stootvormige belasting is er sprake van een elastische of van een 'starre' stoot. Eerst zijn stootkrachten berekend volgens het elastische model. De resultaten zijn vermeld in tabel 1. Voor schuine vlakken 18 : 10 is een reductiefactor toegepast van 0,3. Benaderingen volgens de formule van de starre stoot leidden tot nog hogere stootkrachten. De berekende stootkrachten zijn zo groot dat stenen van 3000 kg de



constructiedelen van de pijlers zouden doen bezwijken, terwijl stenen van 500 kg aanzienlijke oppervlaktebeschadigingen teweeg zouden brengen. Op grond van praktische ervaring leken deze rekenresultaten ongeloofwaardig. Het grote aantal factoren waarvoor aannamen moesten worden gedaan, zoals veerstijfheid, trefoppervlak, meewerkende massa en stootkarakter, was oorzaak van ondoorzichtigheid. Daarom werd besloten tot het verrichten van proefondervindelijk onderzoek. Om een juiste indruk te krijgen van aspecten

als de verbrijzeling van het beton, de trefsnelheid en het starre karakter van de stoot, is besloten de proef op ware grootte te doen; dat verruimde ook de praktische mogelijkheden van de stootregistratie. Om een starre stoot te imiteren en daarbij de invloed van de ondergrond te kunnen verwaarlozen, moest worden gekozen voor een proefopstelling met een massa van 200 000 kg, met horizontale en schuine trefvlakken (figuur 4). De benodigde trefsnelheid van de stenen onder water werd bereikt door een zekere valhoogte door de

Tabel 1 Berekende stootkrachten

trefplaats	reductie-factor	stootkrachten (ton)	
		stenen 3000 kg	stenen 500 kg
1. wand, horizontaal	—	8900	2700
2. veld, horizontaal	—	5200	1600
3. wand, schuin	0,3	2600	800
4. veld, schuin	0,3	1200	300

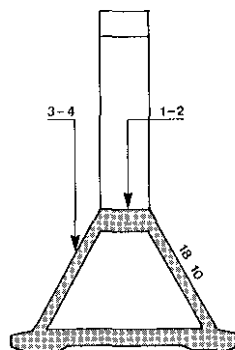
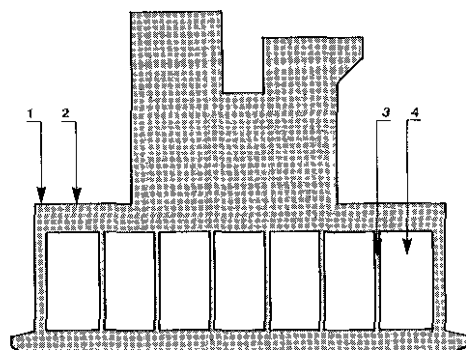
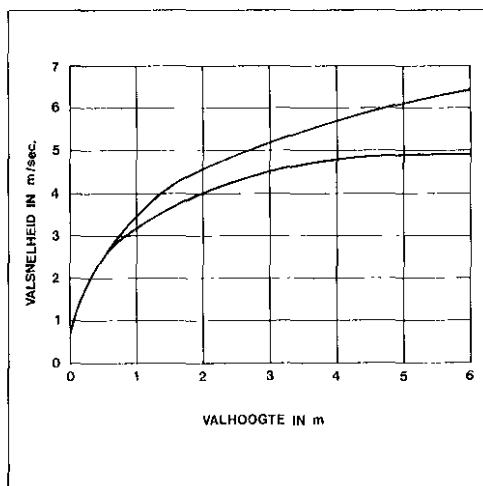
Tabel 2 Gemeten stootkrachten

steengewicht	stootkrachten (ton)			
	horizontaal vlak		schuin vlak (18 : 10)	
	gemiddeld	5%	gemiddeld	5%
3000 kg	370	740	60	105
500 kg	100	180	15	30

Fig. 1. Opbouw van de drempel om de pijlers

Fig. 2. Valsnelheid van stenen onder water

Fig. 3. Trefplaatsen op de pijlers



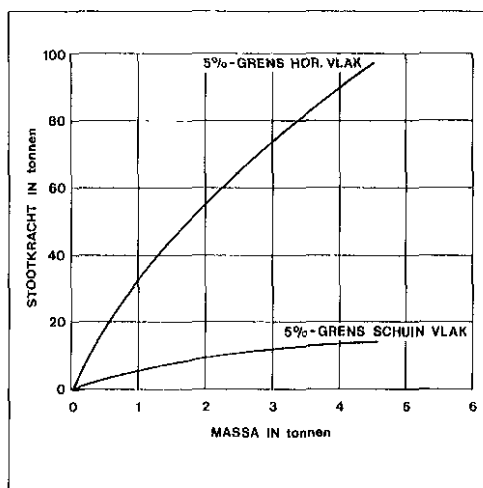
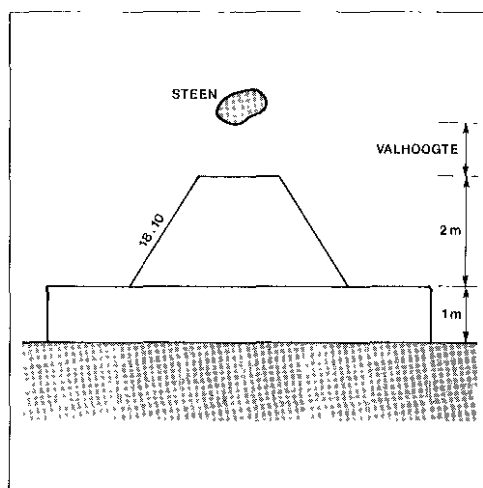
lucht. Grootte en tijdsduur van de stoot werden geregistreerd met ingelijmde versnellingsopnemers in de stenen. Er zijn ook metingen verricht met onder de te beproeven plaat gesitueerde drukdozen. De twee methoden gaven overeenkomende resultaten te zien. De gemeten tijdsduren van de stoten, die varieerden van 4 tot 10 milliseconden, bevestigden dat het karakter van de starre stoot goed was geïmiteerd.

Na enig verkennend onderzoek is een groot aantal valproeven uitgevoerd om tot een statistische bewerking van de gemeten stootkrachten en beschadigingen te kunnen komen (tabel 2). Aan de hand van de gemeten stootkrachten is vervolgens voor verschillende steengewichten een 5%-overschrijdingslijn samengesteld (figuur 5).

De gemeten stootkrachten bleken wel 10 maal

zo laag te zijn als de theoretische, berekende waarden. Bij dezelfde steengewichten kwam een grote variatie voor in stootkrachten: sommige waren wel 4 keer zo groot als andere. Van grote invloed op de stootkrachten bleek de positie van het trefpunt ten opzichte van het zwaartepunt van de steen. Ook de vorm van het trefvlak was van belang. Een klein trefvlak veroorzaakt een kortdurende stoot met een hoge stootkracht, terwijl een groter trefvlak de stoot langer doet duren, maar ook minder krachtig maakt. In figuur 6 is te zien dat de grafische voorstelling van het verloop van de stootkracht er in beide gevallen zeer verschillend uitziet, maar een ongeveer even groot oppervlak begrenst.

Stootkrachtmetingen voor betonkubussen van 2500 kg leverden stootkrachten op die een factor 2 à 3 zo laag lagen als die met basaltste-



nen. De mate van verbrijzeling van de kubussen, die verschilt al naar gelang ze vallen op een vlak, een rand of een punt, is van belangrijke invloed gebleken op stootduur en stootkracht. De gemeten beschadigingen zijn samengevat in tabel 3. Ook hier zijn voor de verschillende steengewichten 5%-overschrijdingslijnen samengesteld (figuur 7). Bij de geconstateerde beschadigingen kan nog worden opgemerkt dat verdergaande beschadiging dan de zichtbare, in de vorm van haarscheuren, aan de hand van vriesproeven op geboorde kernen, niet is geconstateerd. Bovendien bleek dat het vergroten van de dekking op de wapening niet leidde tot diepere beschadigingen. De randen van de betonvlakken zijn zeer kwetsbaar gebleken, terwijl de beschadiging van verticale vlakken gering was: 5 tot 10 mm diep. Een theoretische verklaring van de gemeten stootkrachten en beschadigingen is niet of nauwelijks aanwezig, en ook niet van de relatie tussen die twee. De voorspelling van de beschadigingsdiepte wordt enigszins benaderd in een na het onderzoek gepubliceerde studie. Daarin bleek het mogelijk voor verschillende vormen van het trefvlak van het vallende object een formule te geven waaruit de beschadigings-

diepte blijkt. Toch bevat ook deze benadering onnauwkeurigheden: ze leidt tot te hoge waarden voor de stootduur en te lage waarden voor de stootkracht.

Beschermingsmogelijkheden

Aansluitend op het onderzoek naar stootkrachten en beschadigingen zijn tal van beschermingsmogelijkheden onderzocht en beoordeeld op hun effectiviteit. Het onderzoek richtte zich zowel op reductie van de stootkrachten als op het voorkomen van beschadigingen. Aanvullend werd onderzocht of de stootkrachten konden worden verminderd door in plaats van stenen zakken met zand of betonmortel of asfaltpakketten toe te passen. Dat gold met name voor stenen zwaarder dan 3000 kg, waarvan in de loop van het onderzoek was komen vast te staan dat ze per se niet op de pijlers zouden mogen vallen.

Om de pijlers te beschermen zijn verscheidene middelen beproefd: grindmatten, houten schotten, platen van kunststof en spuitbeton. Een verdediging van grindmatten – grind verpakt in een kunststofweefsel – was bedoeld om de stootkrachten van 10 ton zware stenen

Tabel 3 Gemeten beschadigingen

steengewicht	beschadiging (mm)			
	horizontaal vlak		schuin vlak (18 : 10)	
	gemiddeld	5%	gemiddeld	5%
3000 kg	36	56	29	44
500 kg	29	29	18	26

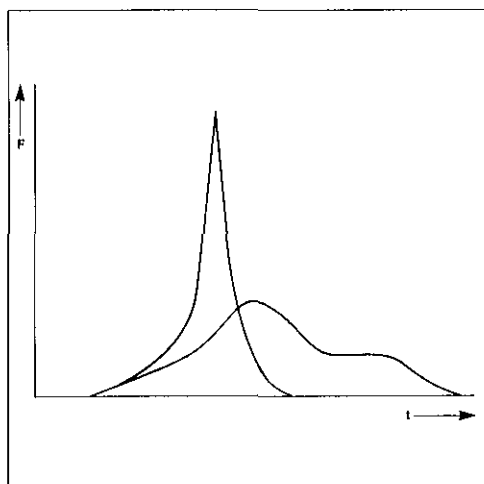
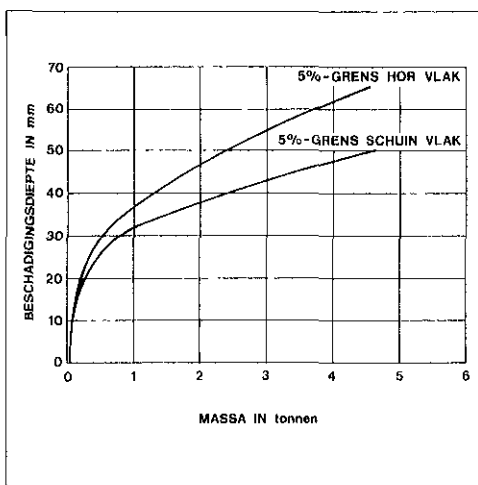


Fig. 4. Schema van de proefopstelling

Fig. 5. Verloop van de 5%-grens van stootkrachten

Fig. 6. Stootdiagrammen

Fig. 7. 5%-grens van de beschadigingsdiepte van beton



wapeningsnet bleek wel te voldoen.

Daarnaast is onderzoek gedaan naar mogelijke vervanging van stortsteen door andere materialen. Proeven zijn genomen met zakken gevuld met zand en met betonmortel, en met steenasfalt in zakken. De eerste twee materialen vielen af door het grote percentage scheuren in de verpakking. Bij steenasfalt kwam dat ook voor, maar daar hoefde het geen bezwaar te zijn wegens de verkitting van het materiaal. De stootkrachten worden bij gebruik van steenasfalt aanzienlijk gereduceerd: in verpakkingen van 20 ton geeft steenasfalt maar stootkrachten van 0,5 tot 1 ton, bij een stootduur van 150 tot 250 milliseconde.

Op grond van het beschreven onderzoek zijn maatregelen genomen ten aanzien van het ontwerp en de uitvoering van de drempel. Het drempelontwerp is aangepast: stenen zwaarder dan 3000 kg worden in een strook van 5 m breed rondom de pijlers vervangen door steenasfalt in verpakkingen van 20 tot 30 ton, die de pijlers vrij vallend mogen treffen. Bij de uitvoering is overigens als randvoorwaarde gesteld dat de valhoogte van steen in de gewichtsklasse 1 tot 3 ton de 2 m niet mag overschrijden, hetgeen resulteert in 50% reductie van de maximale stootkracht. Om deze uitvoering mogelijk te maken is speciaal materieel ontworpen.

Ter bescherming van de pijlers is een combinatie van maatregelen getroffen: de betondekking wordt tot 100 mm uitgebreid, zodat beschadiging door vrij vallende steen van 300 tot 1000 kg toelaatbaar wordt. Verder worden op alle randen grote vellingkanten aangebracht, en langs de randen van schuine vlakken bovendien een beschermelaag van 7 cm spuitbeton, en van vulbeton langs de randen van horizontale vlakken, beide met een fijnmazig wapeningsnet.

te reduceren tot 30 à 40 ton. Deze reductie bleek mogelijk met grindmatten van 50 cm dik. Met houten schotten bleek het mogelijk de stootkrachten tot 50% terug te brengen, zodat het onderliggende beton geen beschadiging ondervond. De bevestiging van zulke schotten met behulp van bouten op vooral de schuine betonvlakken was echter nauwelijks uitvoerbaar. Kunststofplaten, waarvan de bevestiging ook moeilijkheden opleverde, voldeden al niet aan de primaire vereiste van stootkrachtvermindering, omdat de scherpe basaltstenen er doorheen sneden. Pas bij dikten in de buurt van 1 meter werd dit materiaal effectief. Spuitbeton bood betere vooruitzichten. De beschadiging van spuitbeton in een laag van 7 cm was ongeveer 1 cm minder diep dan de in eerder onderzoek geconstateerde beschadiging van gewoon beton. Een wapening van staalvezel voldeed echter niet als bescherming, in het bijzonder niet bij de randen van schuine vlakken: het spuitbeton brokkelde af, en nam daarbij het onderliggende, te beschermen beton mee. Wapening met een fijnmazig



Integratie van ecologische aspecten in waterbouwkundige projecten in kustgebieden

Nederland heeft een lange traditie in het uitvoeren van waterbouwkundige werken. Reeds in de zeventiende eeuw verwierf Leeghwater zich internationale faam op dit gebied. In de negentiende eeuw werd de droogmaking van de Haarlemmermeer voltooid, en vervolgens zijn in onze eeuw zeer grote waterbouwkundige werken aangepakt, zoals de Zuiderzeewerken en het Deltaplan. Tot in vrij recente tijd waren beveiliging tegen overstromingen en landaanwinning de hoofddoelen van zulke werken. Later is het terugdringen van de verzilting ook een belangrijke rol gaan spelen. Bij de Deltawerken was dat laatste duidelijk het geval.

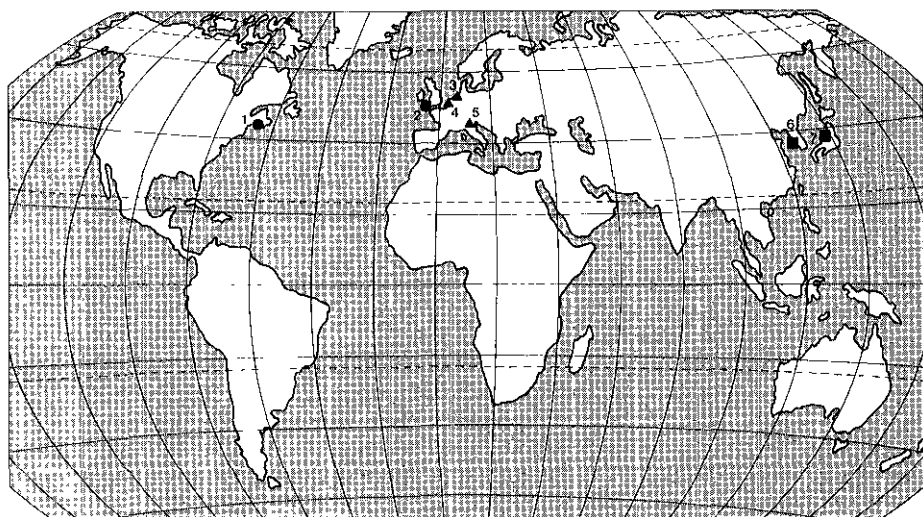
Er werd uitgegaan van een civieltechnische en later – in verband met de verzilting – een waterhuishoudkundige benadering van de problemen. In de zestiger en zeventiger jaren trad er echter een toenemende belangstelling voor milieuproblemen op, en groeide het inzicht dat bij het uitvoeren van waterbouwkundige werken ook met de gevolgen voor het milieu rekening gehouden moest worden, en dat derhalve de inbreng van milieukundigen wenselijk was.

Ook elders op de wereld zijn grote waterbouwkundige werken aan de orde. In kustzones gaat het daarbij om bescherming tegen overstromingen, of om landaanwinning, om havenwerken en om de afdamming van estuaria om daarmee zoet water te sparen. Maar ook rivierregulatie stroomopwaarts kan grote gevolgen hebben voor een estuarium en de kust. In al deze gevallen zijn er effecten op het milieu te verwachten. De mate waarin ecologische aspecten in de planning worden betrokken is echter duidelijk verschillend.

Grote waterbouwkundige werken veroorzaken grootschalige veranderingen in het milieu. Tot op zekere hoogte is het de mens zelf die regulerend op kan treden. Gedachteloos ingrijpen of onoordeelkundig gebruik van ecosystemen veroorzaakt moeilijkheden. De oplossingen voor problemen met het milieu moeten gezocht worden in de wijze waarop de mens ingrijpt in ecosystemen. Daarom moet nagegaan worden hoeveel en welk soort kennis moet worden verzameld, hoe risico's kunnen worden verminderd, en hoe beslissingen moeten worden genomen.

Onze kennis van het functioneren van ecosystemen en het effect van ingrepen bij grootschalige werken is nog steeds gebrekkig, en dit maakt het noodzakelijk hier voortdurend verder aan te werken.

De uitvoering van een waterbouwkundig project, bijvoorbeeld een dam, beïnvloedt niet alleen het gebied dat er onmiddellijk aan grenst, maar ook een veel groter gebied eromheen. Als bijvoorbeeld een baai afgedamd wordt, zal het afgesloten gebied beheersbaar worden, en kan het daardoor ook beheerd worden. Voordat het gebied werd afgedamd bestond er slechts beperkte belangstelling voor. Na het afdammen moet het gebied beheerd worden, maar er bestaan nog niet meteen bestuursconstructies die het beheer kunnen uitvoeren. Het gevolg is dat er een nieuwe vorm van bestuur in het leven moet worden geroepen. Omdat de uitvoering van grote waterbouwkundige werken zulke vergaande consequenties heeft, zowel voor het ecosysteem als voor het bestuur van een heel gebied, is een zorgvuldige begeleiding nodig in de vorm van een planningsproces, waarbij van het



- 1 BAY OF FUNDY
- 2 SEVERN ESTUARY
- 3 ZUIDER ZEE
- 4 DELTA Z W NEDERLAND
- 5 LAGUNE VAN VENETIË
- 6 NAKDONG RIVIER
- 7 NAKANOUMI LAGUNE
- ENERGIEOPWEKKING
- ▲ LANDAANWINNING EN BESCHERMING TEGEN OVERSTROMING
- OPSLAG VAN ZOET WATER, LANDAANWINNING EN TEGENGAAN VAN ZOUTINDRINGING

begin af aan civiele technici, milieukundigen en beleidsmensen in nauw contact met elkaar zijn betrokken.

Voor het beleid en het beheer van zo'n gebied dienen in de eerste plaats de functies te worden vastgesteld; pas daarna kan vervolgens de optimale realisering van die functies worden nagestreefd, door waterbouwkundige planning, water- en landbeheer. Het vooraf vaststellen van functies is volstrekt essentieel; zij omvatten zowel de mogelijkheden van het ecosysteem als het menselijk gebruik: landgebruik, verkeer, recreatie en visserij.

Niet alle potentiële functies van een te veranderen gebied kunnen gerealiseerd worden zonder elkaar te beïnvloeden, en zelfs kunnen twee of meer functies tegenstrijdig zijn. In nieuw gevormde ecosystemen is het de eerste taak van de beheerders om de mogelijkheden

Grote waterbouwkundige werken in de wereld

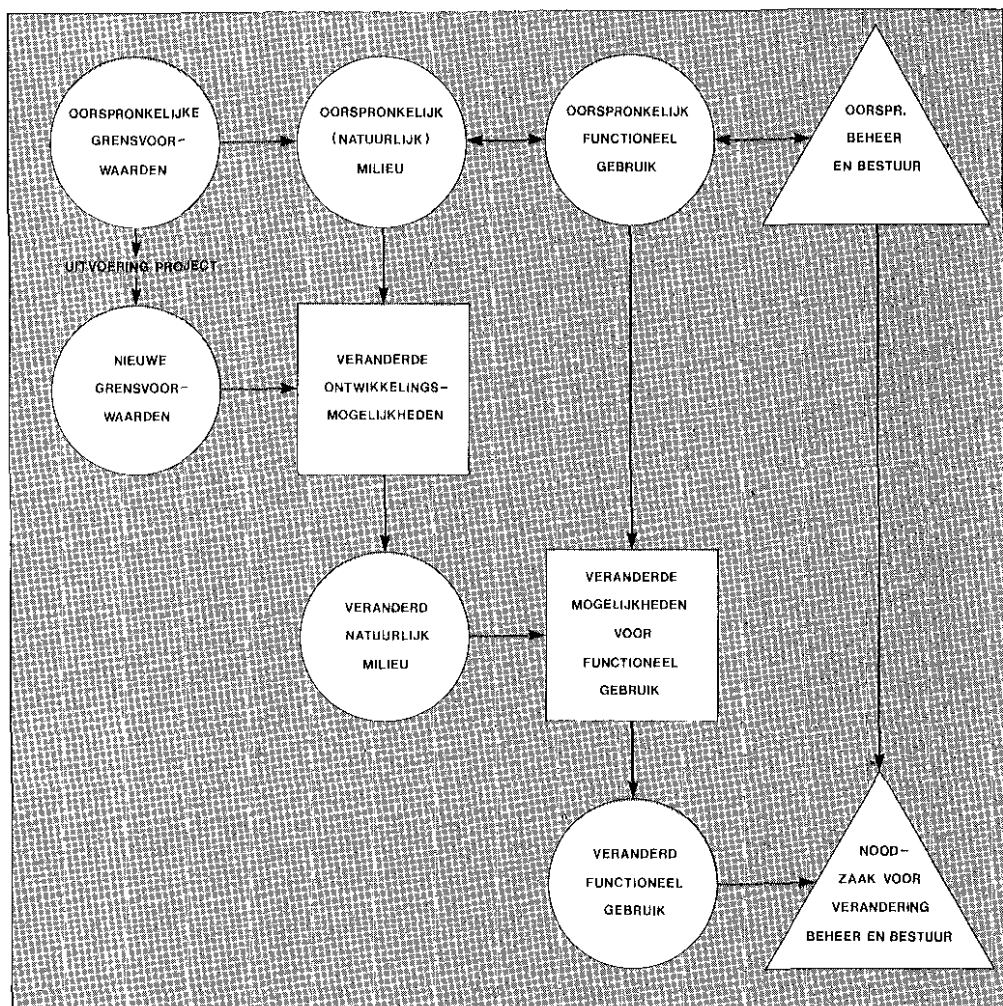
van het nieuwe systeem te onderzoeken met betrekking tot de ecosysteemontwikkeling en menselijk gebruik, en alternatieven aan te geven aan de beleidsbeslissers. Men kan bijvoorbeeld een aantal alternatieven aangeven voor beveiliging tegen overstromingen, die milieukundig gezien niet alle even wenselijk zijn.

In de tweede fase van de uitvoering kan ruimte gemaakt worden voor milieukundige begeleiding. De derde fase van de uitvoering wordt dan gevormd door het beheer. De planvorming houdt een hervorming in van het bestuur, zodat beheer van dat gebied mogelijk wordt volgens een op de verzamelde informatie gebaseerd plan. Het totale planningsproces kan niet in één keer worden voltooid, maar er is sprake van voortdurende aanpassing aan de waargenomen veranderingen in het gebied, aan nieuwe inzichten en veranderende publieke en politieke meningen. Een brede sociale basis voor het proces van beleidsbeslissingen en algemene publieke aanvaarding ervan is noodzakelijk voor de uitvoering van de plannen. De beschreven integratie tussen civieltechnische, milieukundige en bestuurlijke aspecten van grote waterbouwkundige werken is bij projecten in verschillende delen van de wereld in zeer verschillende mate ontwikkeld. Bij de uitvoering van het Deltaplan in Nederland zien we een ontwikkeling van het eerste deel van de uitvoering af, de afsluiting van het Haringvliet, waar civieltechnische uitgangspunten de grondslag vormden, via het beheer van het Grevelingenmeer, naar een nieuwe beheers- en bestuursvorm van het Oosterscheldegebied. Toen in het begin van de zeventiger jaren de opvattingen over natuurbehoud en recreatie veranderd waren, leidde dit in 1975 tot een nieuw beheersplan voor het Grevelingenmeer, waarin de uitgangspunten voor de planning van land- en watergebruik werden omschreven en waarin die uitgangspunten vervolgens werden omgezet in definitieve, gekwantificeerde voorstellen, en een daaruit afgeleid beheers- en inrichtingsplan. In dit plan werd rekening gehouden met de ecologische mogelijkheden. Bestuurlijk had het echter geen wettelijke basis, omdat het door de staat en niet door de provincies en de gemeenten was opgezet. Voor het beheer van het Oosterscheldegebied is een bestuurseenheid opgericht waarin de staat, de provincie Zeeland, de gemeenten en de waterbeheerders zijn vertegenwoordigd, hetgeen een geïntegreerd beheer mogelijk maakt.

Bij de plannen voor de bouw van een stormvloedkering in de toegangen van de Lagune

van Venetië is in de besluitvorming sprake van een evenwichtige afweging van verschillende, soms tegenstrijdige aspecten, waaronder het milieu. De besluitvorming vindt plaats in nauw overleg tussen de staat, de provincie, de stad Venetië en andere belanghebbenden uit de sfeer van scheepvaart, visserij en toerisme. De plannen voor de bouw van getijcentrales in de Bay of Fundy in Canada en in het Engelse Severn-estuarium zijn opgezet met een zuiver economisch doel. Pas in een latere fase van de plannen werden onderzoeken uitgevoerd naar het ecosysteem en naar mogelijke milieu-effecten. Bij het project in de Bay of Fundy werd in het begin van de zeventiger jaren een voorlopig milieu-onderzoek uitgevoerd door de regering van Canada en de staten New Brunswick en Nova Scotia, en van 1978 af door de Fundy Environmental Studies Committee, een lichaam dat opgericht werd op initiatief van een groot aantal onderzoekers en managers van twintig universiteiten en regeringslaboratoria. Aan de hand van modellen wordt getracht voorspellingen te doen inzake het effect van de werken op de aanwezige ecosystemen. Een grote invloed zal natuurlijk uitgaan van de plaats, de afmetingen en de technische uitvoering van het project, die nog niet vaststaan. Dat hier een goede samenwerking bestaat tussen civiele technici en milieukundigen, is van groot belang.

De mogelijkheden voor het opwekken van getij-energie in het Severn-estuarium kregen hernieuwde belangstelling in het begin van de zeventiger jaren, als gevolg van de stijging van de energieprijzen. Door de Universiteit van Bristol en door de Natural Environment Council werden de mogelijke gevolgen voor de waterkwaliteit, de vervuiling en de hydrografie onderzocht, en werden er modellen gemaakt van het zoutgehalte en de koolstofcyclus. In 1978 stelde de Engelse regering het Severn Barrage Committee in voor een breed onderzoek, waarin tenslotte vrij veel aandacht aan de ecologische aspecten werd besteed. De ecologische effecten zullen afhangen van de wijze van uitvoering; de mogelijkheden die het afgedamde estuarium zal bieden voor recreatie en natuurbehoud zullen op hun beurt afhangen van de waterkwaliteit. Omdat het zowel in het Severn-project als in het Bay-of-Fundy-project alleen nog over plannen gaat, is de bestuurlijke kant ervan nog niet of nauwelijks aan de orde. Het Nakanoumi-landaanwinningproject in Japan werd aanvankelijk uitsluitend opgezet om land in te polderen voor de rijstteelt en om een meer te verzoeten, teneinde water te verkrijgen voor irrigatie. Met andere aspecten werd geen rekening gehouden. Maar omdat in



Een keten van gevolgen als
consequentie van grootschalig
menselijk ingrijpen in het
milieu

Japan al enige tijd een rijstproductieoverschot
bestaat en in de zeventiger jaren het inzicht
groeide dat het natuurlijk milieu van grote
betekenis voor het menselijk leven is, werd er
in toenemende mate op aangedrongen dit
project, dat al gedeeltelijk uitgevoerd is en zijn
oorspronkelijke betekenis verloren heeft, te
herzien. De visserij en de schelpdiercultuur
zouden grotendeels of geheel verdwijnen als
de verzoeting van het meer doorgang zou
vinden. Bovendien wordt verwacht dat de
waterkwaliteit achteruit zal gaan, omdat bij
andere meren die zoet werden gemaakt – de
Kojimabaai en de Hachiro-gata-lagune – een
sterke eutrofiëring en bloei van blauwgroene
algen is opgetreden. Er wordt nu onderzoek
verricht naar het effect op het milieu van het al
dan niet van zee afsluiten van het meer. Bij dit
project blijkt dat de methodologie die een

nauwe samenwerking verzekert tussen technici en ecologen, hier nog niet is ontwikkeld, en dat moeilijkheden worden ondervonden bij de inter-disciplinaire benadering van het vaststellen van de grootte van de beïnvloeding. Het bestuur miste de flexibiliteit om in te gaan op de veranderingen in de socio-economische verhoudingen na de start van het project. Het plan om de Nakdong-getijderivier in Zuid-Korea af te dammen is opgesteld met steun van de Wereldbank. Doel was, de zoutindringing tegen te gaan door opslag van zoet water en daarnaast landaanwinning en verbetering van de verkeerssituatie. Vanwege het ontbreken van riolering komt veel, ook industrieel afvalwater via open watergangen in het bekken terecht, waardoor bij uitvoering van het plan eutrofiëring en vervuiling kan optreden. Er is een begin van een milieubeweging in Korea, maar feitelijke informatie over het ecosysteem in het estuarium ontbreekt. Bij het bestuur staan de coördinatie en wetgeving op een laag peil: de autoriteiten die plannen maken voor industrievestiging bijvoorbeeld trekken zich niets aan van de waterbeherende instanties. Het is opvallend dat bij de locatiekeuze van het project de afweging van de aspecten door de Koreanen anders uitvalt dan bij de Wereldbank, die bijvoorbeeld de ecologische kant zwaarder laat wegen.

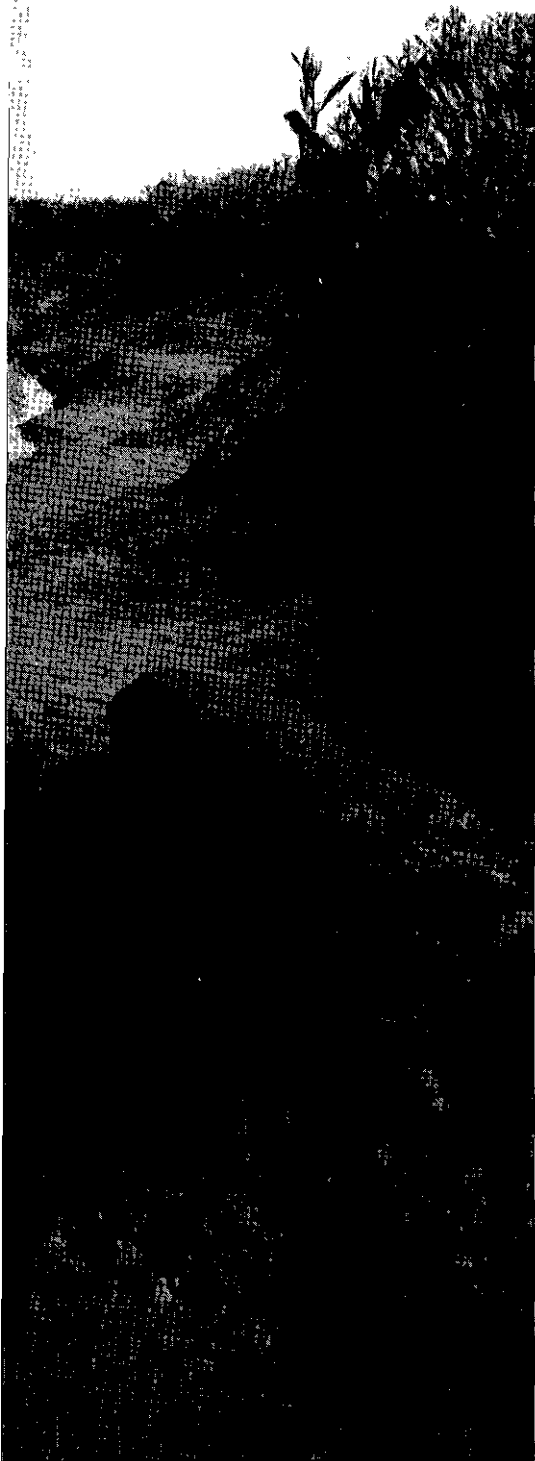
Vijftig jaar geleden werd begonnen met het Zuiderzeeproject en thans is het in zijn laatste fase. Bij de opzet werd uitsluitend van civiel-technische en waterhuishoudkundige uitgangspunten uitgegaan; later speelden ook ecologische overwegingen een rol. Het laatste onderdeel, inpoldering van de Markerwaard, wordt nu heroverwogen als gevolg van economische veranderingen en veranderde opvattingen in de samenleving. Andere in uitvoering zijnde projecten met een lange looptijd – het Deltaplan dat nu ongeveer 30 jaar loopt, en het Nakanoumi-landaanwinningsproject waaraan al 15 jaar wordt gewerkt – geven eveneens heroverwegingen te zien. Een goede begeleiding ook na het voltooien van de waterbouwkundige werken blijft nodig om na te gaan in hoeverre de voorspellingen aangaande de ecologische veranderingen bevestigd worden en de nieuwe mogelijkheden ook inderdaad tot ontwikkeling komen.

Het is een vrij recente ontwikkeling, dat het nu mogelijk is het milieu in estuaria te reguleren, zowel met technische als met administratieve middelen. Men kan daar nu over denken in termen van natuurtechniek of van geleide ecologie, met andere woorden in termen van een beheersproces, dat de middelen verschaft

om de gewenste ontwikkelingen te stimuleren. Voorbeelden van deze maatregelen zijn beheersing van het waterpeil, van het zoutgehalte en van de verblijftijd van het water. Deze maatregelen geven de bovenste en onderste grensvoorwaarden aan waartussen een spontane ontwikkeling plaats kan vinden. Men kan zich een nieuwe discipline voorstellen, de ecotechnologie, die aspecten van de civiele technologie, milieukunde en bestuurskunde in zich verenigt, en die een nieuwe interdisciplinaire benadering van de kustwaterbouwkunde mogelijk maakt.



Schorrenonderzoek in de Oosterschelde

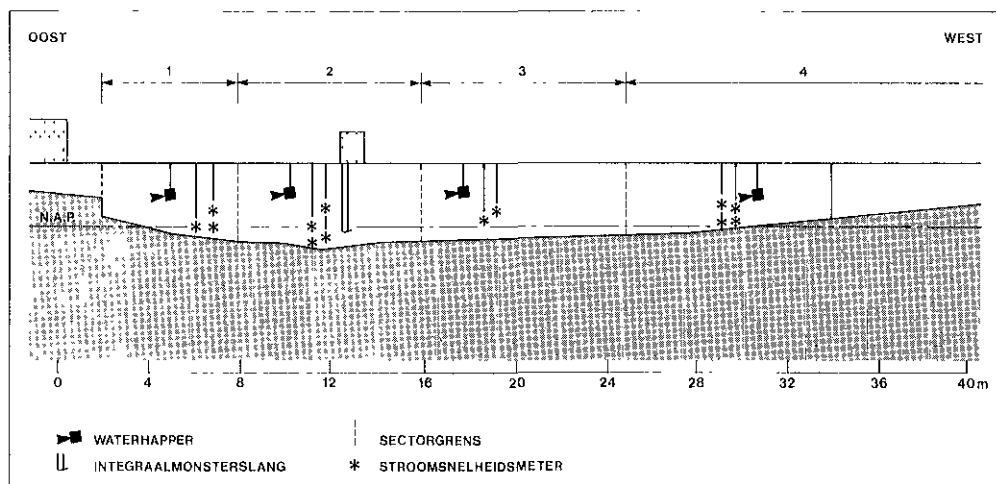


Een aanzienlijk deel van de randgebieden van de Oosterschelde wordt gevormd door schorren: begroeide en hooggelegen delen van het buitendijkse gebied dat droogvalt tijdens laag water. Na het gereedkomen van de compartimenteringswerken blijft er van de tegenwoordige 1500 ha nog slechts 600 ha schor over, omdat het gebied achter de compartimenteringsdammen getijloos en zoet wordt. Het resterende schorgebied wordt dan bovendien blootgesteld aan veranderingen in de waterstand, de stroomsnelheid van het water en de golfbeweging. Immers, door de getijreductie op de Oosterschelde nemen de overspoelingsfrequentie en de stroomsnelheid af, terwijl de intensiteit van de golfwerking beneden gemiddeld hoogwater toeneemt. Deze veranderingen hebben consequenties voor de morfologische ontwikkeling van het schor als geheel, maar in het bijzonder ook van de schorrand.

Voor de schorrand geldt met name de vraag of de huidige schorkliferosie zal doorzetten, of dat er juist uitbreiding van het schorren-areaal te verwachten is.

Om de morfologische ontwikkeling van het schor en de schorrand in de toekomst te kunnen volgen, moeten de processen die van belang zijn voor de huidige morfologische ontwikkeling, worden onderkend.

Inzicht in de mechanismen die de huidige morfologische ontwikkeling van het schor bepalen, heeft men allereerst trachten te verkrijgen door het opstellen van een sedimentbalans voor een bepaald schorgebied. Hiertoe is in de zomer van 1980 een meting uitgevoerd met behulp van een 40 m lange meetbrug, waarop in vier verticalen de stroomsnelheid en de sedimentconcentratie werden bepaald (zie



figuur 1). Daarnaast werden op het slik vóór het schor de waterstand en de maximale golfhoogte gemeten. Uit de meetresultaten (figuur 2) blijkt dat het netto watertransport van elke vloed/eb-cyclus gedurende de meetperiode varieerde rond nul. Het netto materiaal-transport daarentegen toonde twee significante importpieken op 16 en 21 juli. Deze importpieken zijn niet gerelateerd aan vloed/eb-cycli waarbij grote stroomsnelheden optraden, maar ze vallen samen met vloed/eb-cycli waarin het relatief hard woei uit een richting waarbij de strijklengte maximaal was, zodat er zich golven van enige betekenis konden ontwikkelen. Op 10 juli was er ook sprake van gunstige omstandigheden voor import, maar omdat op die dag slechts in één en niet in vier verticalen werd gemeten, kon de totale import voor die dag niet worden berekend. De import is niet regelmatig verdeeld over de gehele vloedperiode, maar vindt voornamelijk plaats gedurende het begin van de vloed. De gemiddelde concentratie neemt namelijk ondanks de groeiende golven bij toenemende waterdiepte af. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de golven bij geringe waterdiepte nog breken, waardoor de snelheid aan de bodem en daardoor ook de slibconcentratie sterk toeneemt, maar later niet meer. Kwalitatief gesproken is een krachtige wind uit de richting van de maximale strijklengte, gezien de dan optredende import, maatgevend voor de morfologische ontwikkeling van een schor. We noemen dat dan ook de 'effectieve windsituatie'. Omdat het schor in de tegenwoordige toestand bij elke effectieve windsituatie mede als gevolg van opwaaiing overspoeld wordt, komt een belangrijk deel van de import ten goede aan de

Fig. 1. Meetbrug met instrumentatie

Foto: de meetbrug

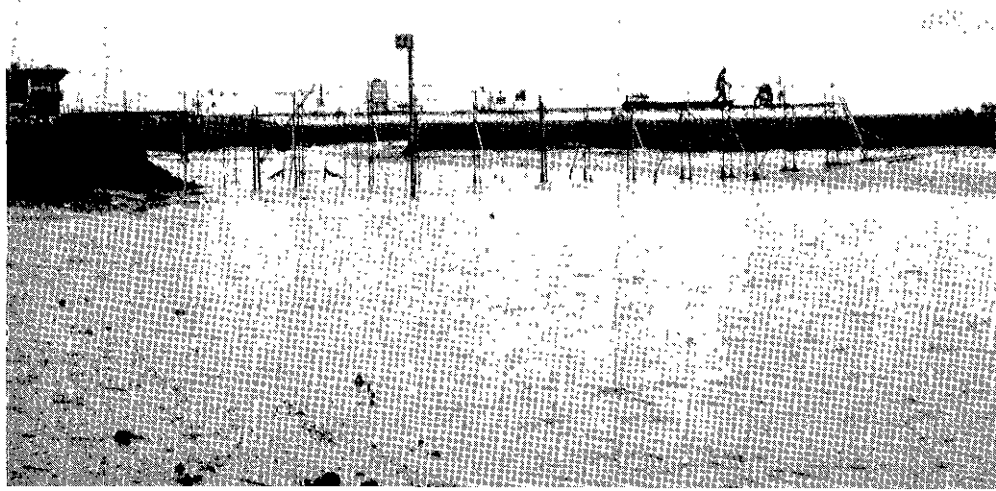
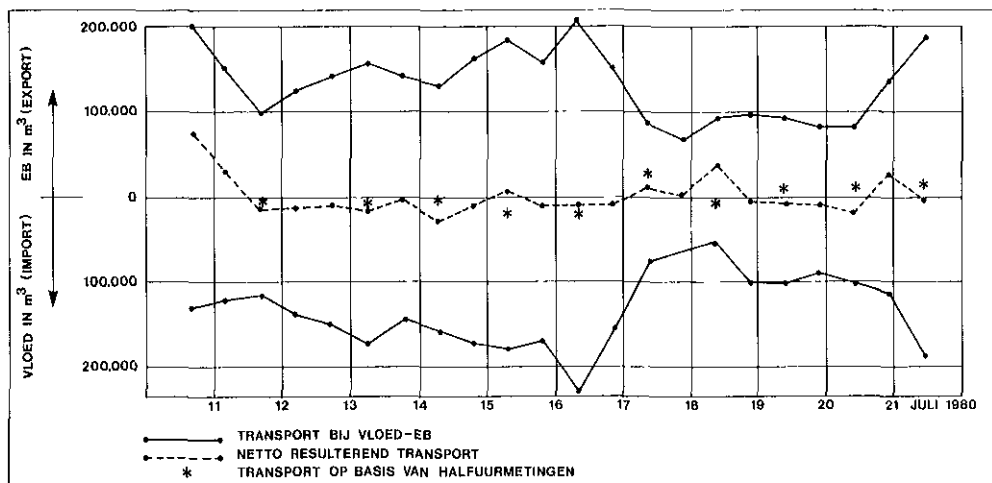
ophoging van het schor. Na het gereedkomen van de Oosterscheldekering neemt de overspoelingsfrequentie afhankelijk van de hoogteligging van het schor af met minimaal 50% en maximaal bijna 100%. Periodes met een effectieve windsituatie zijn er gedurende een groter gedeelte van het jaar dan periodes waarin het schor wordt overspoeld; de algehele ophoging van de schorren zal dan ook met minimaal 25% afnemen. Gevolg van de verminderde sedimentatie op het schor is, dat het reliëfverschil tussen oeverwal en kom gaat vervagen. De schorkreken zullen daarentegen aan versnelde sedimentatie blootstaan, omdat hun profiel in verhouding tot het afgenomen debiet te ruim is, en omdat het op het slik opgewerkte materiaal in periodes met een effectieve windsituatie niet altijd op het schor kan sedimenteren. Het schor wordt immers niet

meer overspoeld, terwijl het opgewoelde materiaal wel in de krekken kan neerslaan.

De schorrand

Om de uitgangssituatie van de schorrand vast te leggen is vanaf begin 1980 tot op heden op *verscheidene plaatsen langs de schorrand* onderzoek verricht. Enerzijds bestond dit onderzoek uit een ruimtelijke inventarisatie van alle schorranden in de Oosterschelde, waarbij gekeken is naar de parameters die het verloop van aangroei of afslag kunnen beïnvloeden. Anderzijds is er een proces-onderzoek uitgevoerd. Dit hield onderzoek in naar de werking tussen het hydrodynamische milieu – *stroming, golven, waterhoogte* –, en grondmechanische en bodemkundige parameters zoals kritische sterkte, beworteling, dichtheid

Fig. 2. Verloop van het netto-watertransport over de meetperiode



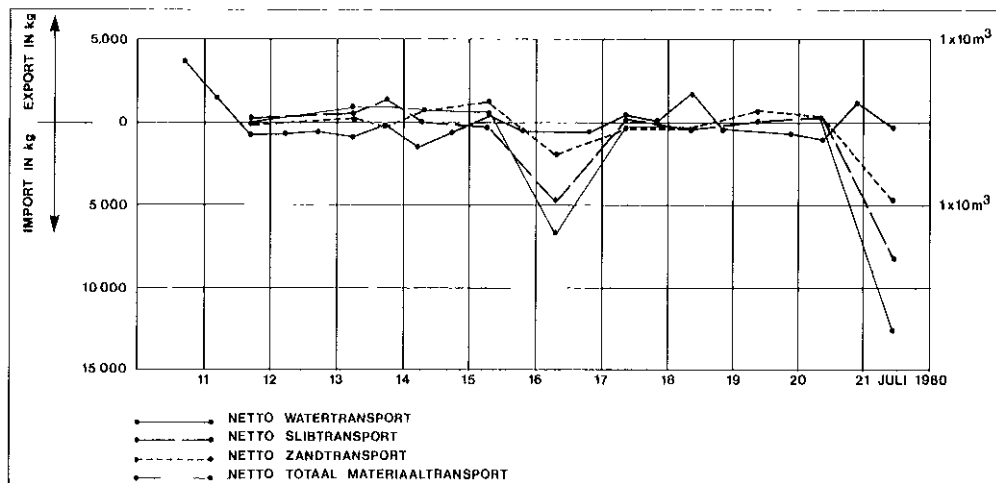


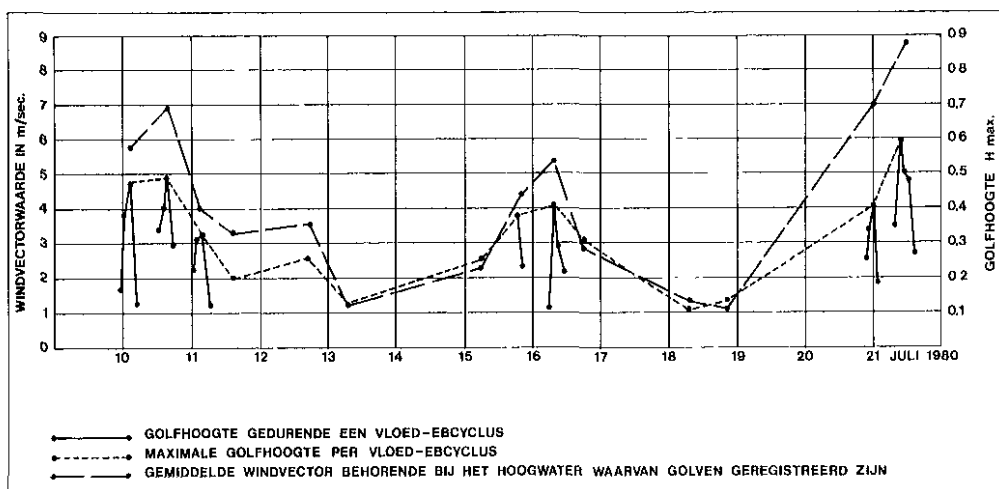
Fig. 3. Netto-watertransport, netto-zandtransport en netto-totaalmateriaaltransport over de meetperiode

en profielopbouw, in relatie tot erosie van of sedimentatie aan de schorranden. Vooral op dit procesonderzoek gaan we nu verder in. Het onderzoek is uitgevoerd op vier meetlocaties in de Krabbekreek en bij Rattekaai-West nabij Rilland: twee daar waar het schor afslaat en een schorklif is ontstaan en twee waar het schor zich de laatste jaren enigszins heeft uitgebreid, zodat er sprake is van een geleidelijke overgang (figuur 5). Op deze meetlocaties zijn in de periode februari-juni 1981 en januari-maart 1983 intensief de golfkarakteristieken, stroomsnelheden en concentraties gemeten, als ook de hoeveelheden sedimentatie/erosie en schorklifafslag, de erosieweerstand van het schor met aangrenzend slik, de bewortelingsdichtheid, de profielopbouw en de bodemsamenstelling. De opzet van het procesonderzoek is gebaseerd op de gedachte dat

wanneer de relaties die de wisselwerking tussen de erosieve krachten en de weerstandsfactoren bepalen, bekend zijn in de huidige situatie, het mogelijk moet zijn langs statistische weg, rekening houdend met de gewijzigde randvoorwaarden, de situatie na voltooiing van de Oosterscheldekering te voorspellen. Daar het onderzoek nog in volle gang is, dragen de hier vermelde resultaten een voorlopig karakter.

In het hydrodynamische onderzoek is de nadruk gelegd op de golfwerking, omdat die, gezien de hoge stroomsnelheden: bij schorklif-fen maximaal 20 cm/sec, en bij geleidelijke overgangen 10 cm/sec, nu en zeker na voltooiing van de stormvloedkering de belangrijkste procesparameter is. Golven zijn enerzijds van belang door de krachten die zij uitoefenen op de schorklif-fen en anderzijds door de snelheidsfluctuaties die zij aan de bodem opwekken. Deze snelheidsfluctuaties vlak boven de bodem kunnen worden uitgedrukt als de standaarddeviatie van de gemeten snelheid op 5 cm van de bodem.

Grote snelheidsfluctuaties leiden tot ondergraving en tenslotte opruiming van het schorklif (figuur 7), maar zorgen ook voor een grotere opwerveling van materiaal (figuur 6). We mogen ervan uitgaan dat toeneming van de sedimentconcentratie duidt op grotere omwerking van de toplaag van de bodem. Als er gedurende het kiemseizoen van de pionierschor-vegetatie – vooral *Spartina townsendii* – een stormperiode voorkomt, bestaat er een grote kans dat het schor zich dat jaar niet meer uitbreidt, omdat de kiemplanten zijn uitgespoeld. Als er geen stormperiode zou zijn voorgekomen, was de uitbreiding waarschijnlijk wel doorgegaan.



Bij het grondmechanisch onderzoek is naar voren gekomen dat er een duidelijk verschil bestaat in afschuifweerstand tussen de geleidelijke overgang en het schorklif. Bovendien bleek dat de afschuifweerstand correleerbaar was met de aanwezigheid van begroeiing (tabel 1).

In dit stadium van het onderzoek kan nog geen kwantitatieve voorspelling worden gegeven van de ontwikkeling van de verschillende schorranden na het gereedkomen van de

Fig. 4. Verloop van de golfhoogte en de windvectorwaarde

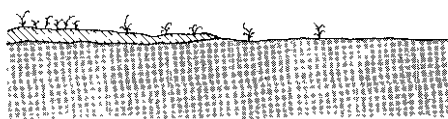
Tabel 1. Verschil in afschuifweerstand, bepaald met een rotatie-viscosimeter, tussen begroeide en onbegroeide delen van de schor-slikovergang

	Begroeid	Onbegroeid
Geleidelijke overgang	200/700 kg/m ²	20/140 kg/m ²
Schorklif	2000/3700 kg/m ²	200/1600 kg/m ²
Slik voor schorklif	—	0/60 kg/m ²

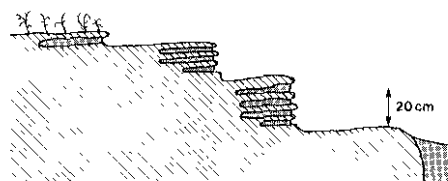
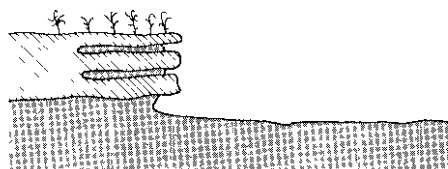
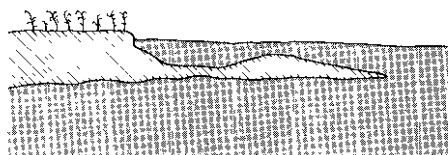
De erosiesnelheid van de schorkliffen is behalve van de golfwerking en de bodemsterkte afhankelijk van het type begroeiing op de schorrand, en daarmee van het bewortelingsprofiel en de wortelsterkte. Op grond van begroeiing en klifprofiel kan een rangorde worden aangegeven in de weerstand tegen erosie:

weerstand neemt af		
Spartina townsendii op zandig klifprofiel	Spartina townsendii op zandige klei op zand- profiel	Limonium vulgare op afwisselend zand- en kleilaagjes
erosiesnelheid neemt toe		

GELEIDELIJKE OVERGANG



VERSCHILLENDE TYPEN SCHORKLIF



SCHOR 10m SLIK

ZAND

LUTUMHOUDEND SEDIMENT

VEGETATIE

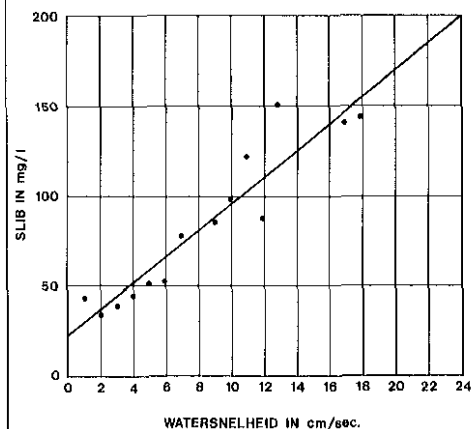
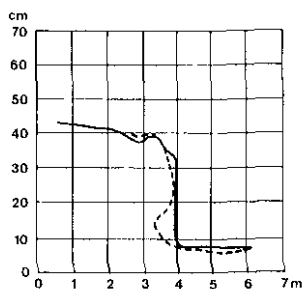


Fig. 5. Overzicht van opbouw en vorm van schor/slik-overgangen

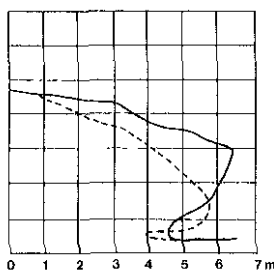
Fig. 6. Verband tussen de snelheidsfluctuaties en de concentratie van het sediment

Fig. 7. Drie stadia van terugwijking van een klif

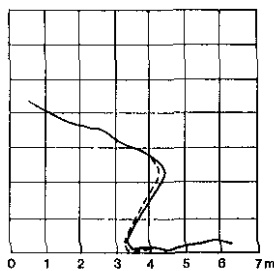
ONDERGRAVING



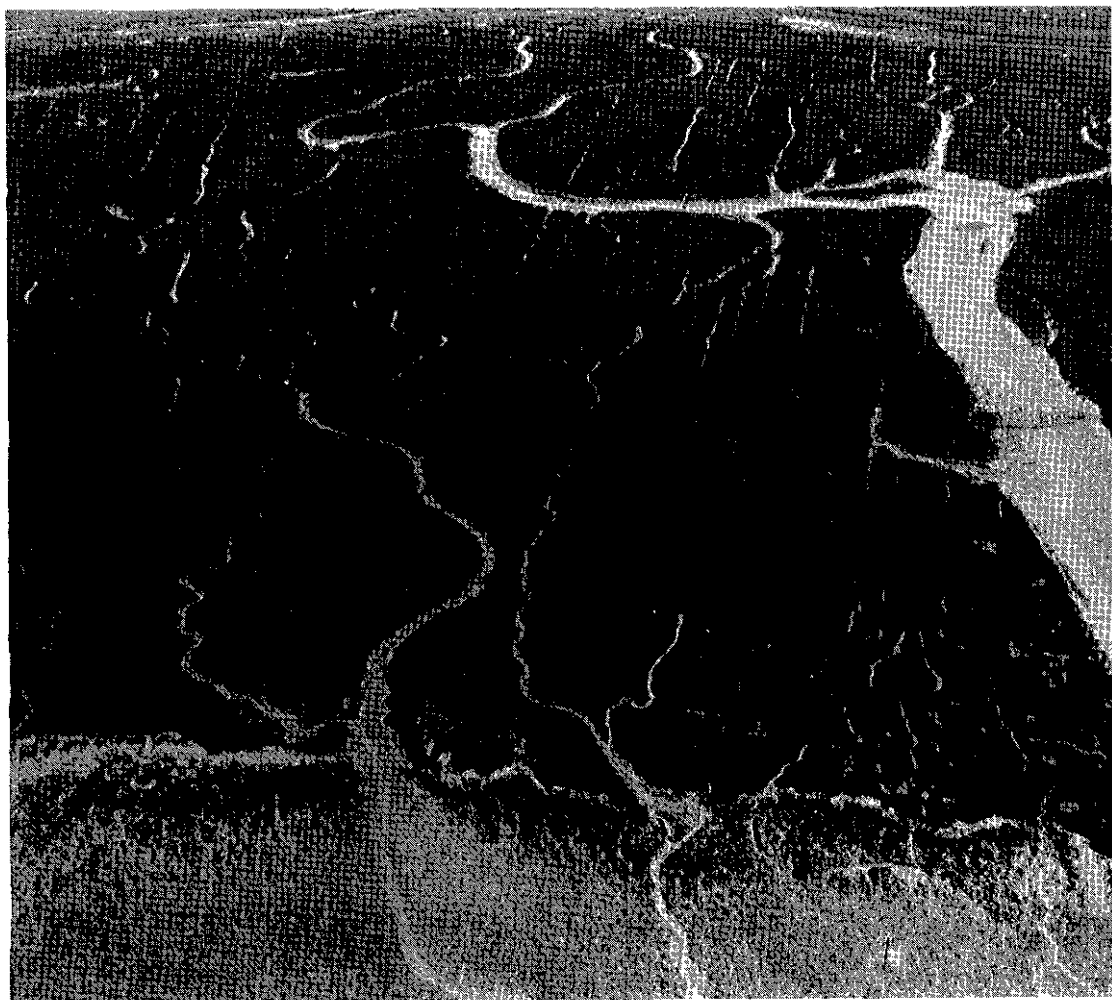
AFSTORTING



OPRUIMING AFGESTORTE DEEL

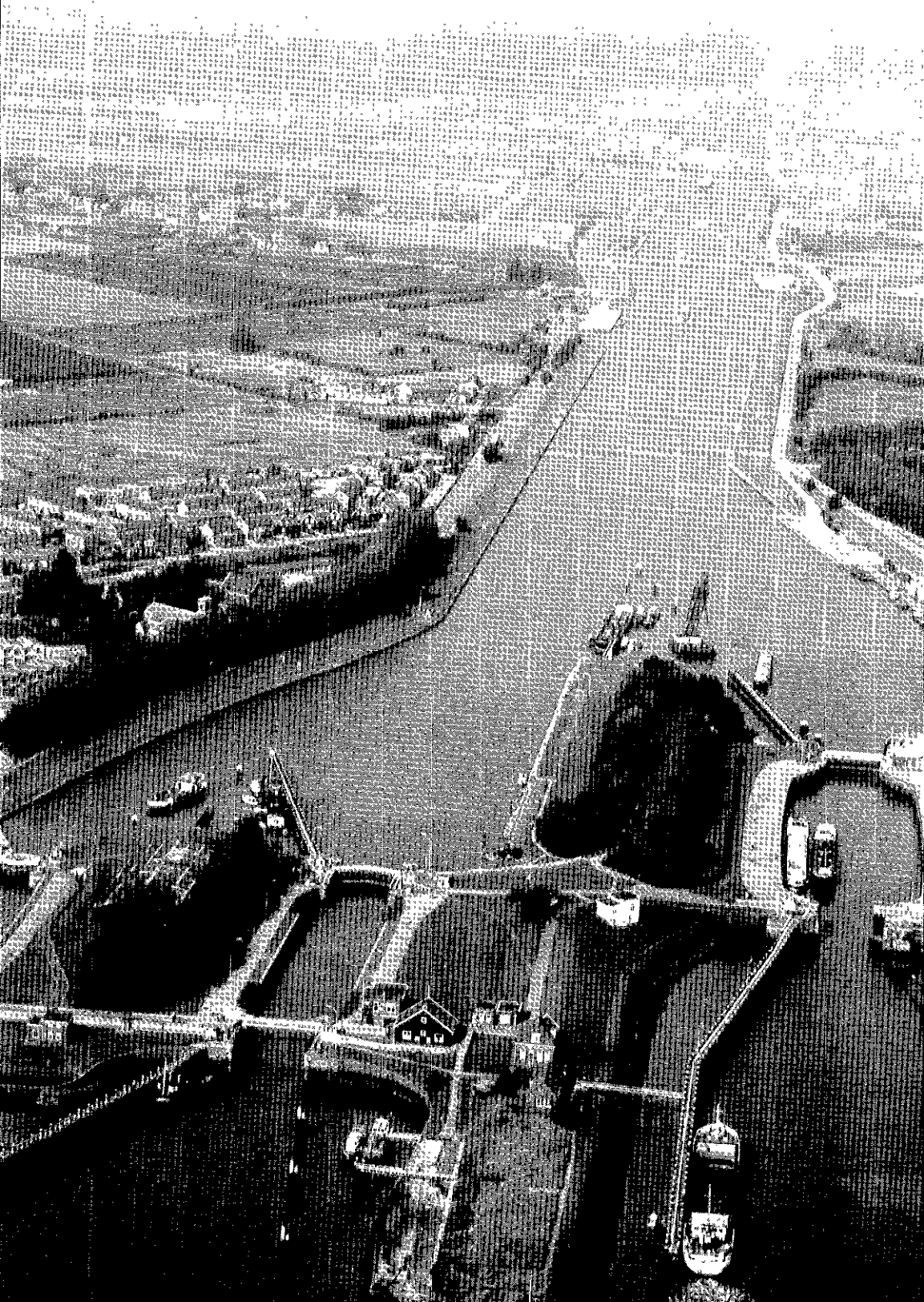


14-4-1981
9-6-1981



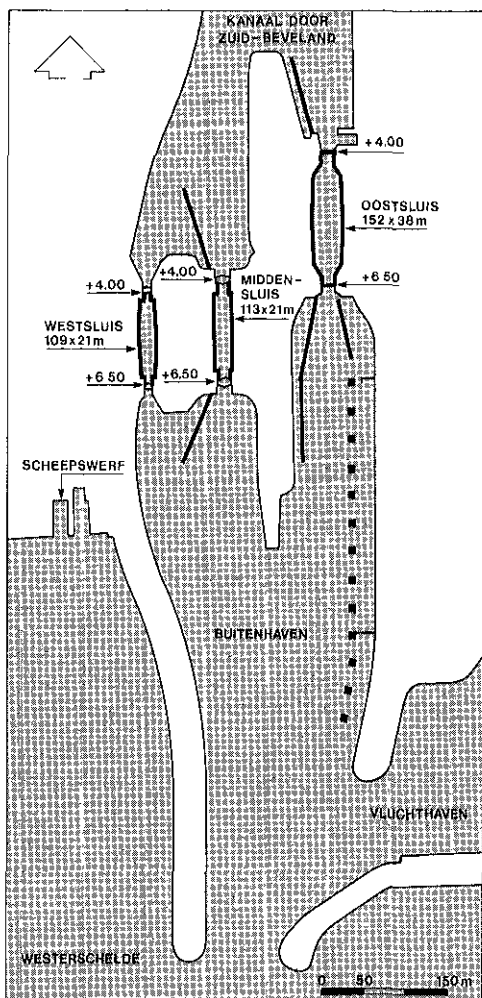
Overzicht over het meetgebied,
met meetbrug

stormvloedkering. Over de huidige situatie kan worden opgemerkt dat het schorklif – en dat is 70% van de overgang schor/slik – in de Oosterschelde in ieder geval sinds het begin van 1980 gemiddeld met 1 meter per jaar is teruggeweken. Het voornaamste proces dat *hierbij werkzaam is, is de uitholling van de relatief zandige lagen in het klifprofiel*. Tevens werd geconstateerd dat op de geleidelijke overgang sedimentatie optreedt, maar dat gezien de mobiliteit van de toplaag op het slik grenzend aan het schor geen uitbreiding van *Spartina townsendii* plaatsvindt.



In Bericht 82 (november 1977) en 99 (augustus 1981) zijn de plannen voor de verbetering van het Kanaal door Zuid-Beveland aan de orde geweest. Het gaat in hoofdzaak om verbreding van het kanaal, opheffing van de sluisen bij Wemeldinge en vervanging van het sluisencomplex bij Hansweert door een nieuw complex ten oosten van het bestaande.

De sluisen bij Hansweert en het Kanaal door Zuid-Beveland



Toen binnen het Oosterscheldeproject compenserende bezuinigingen moesten worden gevonden, is de uitvoering van een deel van de werken, namelijk de verbreding ten noorden van de Vlaketunnel – de kruising met RW 58 – en de opheffing van de sluisen bij Wemeldinge, opgeschoven naar de periode ná 1986. Blijven over de werken die noodzakelijk zijn ter vervanging van de sluisen bij Hansweert. Ook de uitvoering van dit complex is zo sterk getemporiseerd, dat de tweede sluis pas omstreeks 1990 zal gereedkomen. Dit artikel gaat in op de noodzaak van de vervanging van de sluisen bij Hansweert.

Naast het feit dat de tegenwoordige sluiskolken te klein zijn om in de toekomst tegelijkertijd én het bestaande scheepvaartverkeer én vierbaksduwvaart te kunnen verwerken, is er nog een geheel andere reden die vervanging nodig maakt.

Ten opzichte van de Westerschelde, een zeearm die in open verbinding staat – en blijft staan – met de zee, maakt het sluisencomplex Hansweert deel uit van de primaire zeewering. Ingevolge de Deltawet moet elk onderdeel van deze zeewering aan zware veiligheidseisen voldoen. Onder andere is vastgesteld wat de hoogst toelaatbare kans is, dat een onderdeel van de kering niet meer kan voldoen aan de eraan toegedachte kerende taak. Deze kans bestaat uit een 'verstandige optelsom' van allerlei kleinere kwade kansen. Eén van die – kleinere – kwade kansen is de mogelijkheid dat het water een zekere hoogte overschrijdt, waardoor een deel van de zeewering zou overlopen. Daarbij geldt: hoe hoger de waterstand, hoe kleiner de kans dat hij optreedt. Een andere kwade kans bestaat daarin dat een

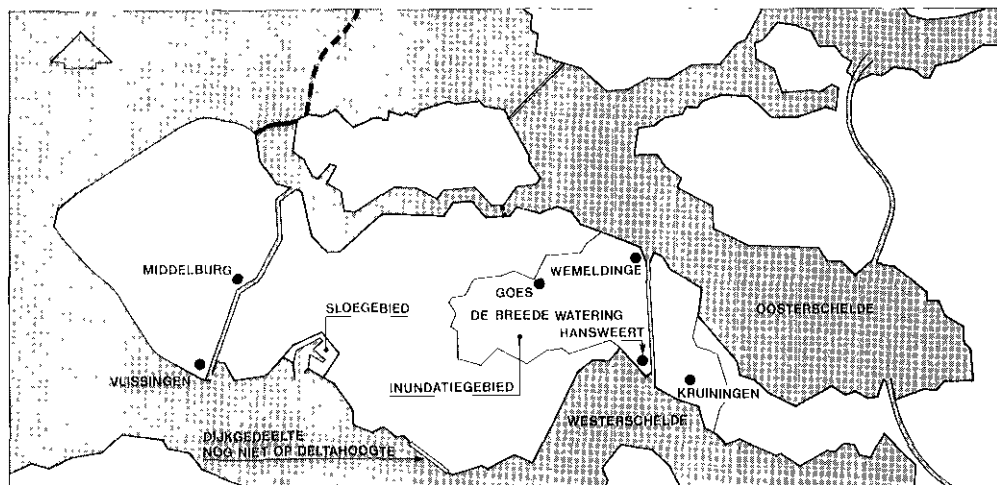


Fig. 1. Gebied achter de dijken langs het Kanaal door Zuid-Beveland dat eventueel bedreigd wordt met inundatie

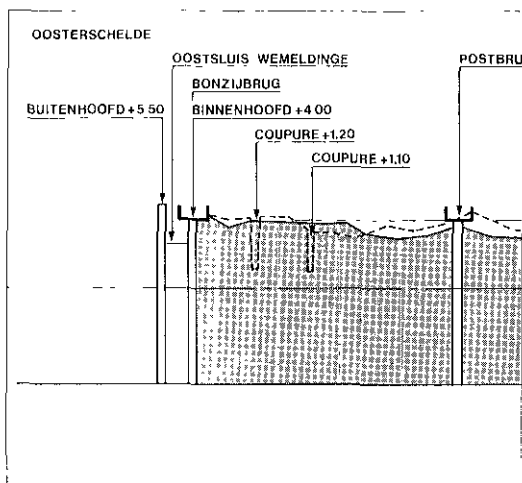
combinatie van golven en hoge waterstand optreedt, zodat de dynamische belasting te hoog kan worden, en er iets breekt of op een andere manier stuk gaat. Het probleem met het complex Hansweert is nu dat zowel de kans op overlopen als die op beschadiging te hoog wordt geacht. Hoeveel te hoog is niet exact te zeggen, het blijft een spel van risico's en schattingen.

De hoogste waterstand waarbij het complex nog het niet overloopt, de zogenaamde kerende hoogte, is N.A.P. + 6,50 m. Gemiddeld hoogwater komt tot N.A.P. + 2,80 m. De hoogste waterstand tot nu toe waargenomen is N.A.P. + 5,07 m, terwijl het tot op heden gehanteerde stormvloedpeil N.A.P. + 5,90 m bedraagt. Volgens de Deltawet zou de kerende hoogte van een dijk, behorend bij de in diezelfde wet aangenomen kans op voorkomen van hoge waterstand en golfhoogte, op die plaats N.A.P. + 7,50 m moeten bedragen. Voor kunstwerken, die veel minder gevoelig zijn voor beschadiging door overspoelend water dan dijken, is dit getal gesteld op N.A.P. + 7,00 m als het een enkele kering betreft, zoals, in dit geval, één stel sluisdeuren aan de Westerscheldedekant. Wanneer het gaat om een dubbele kering, buitendeuren en binnendeuren, dan is N.A.P. + 6,50 m voldoende. In het geval van de sluisen bij Hansweert bedraagt de kerende hoogte van de enkele kering slechts N.A.P. + 6,50 m, terwijl de binnendeuren niet hoger reiken dan N.A.P. + 4,00 m.

Daarnaast bestaat er zorg over de constructieve veiligheid van het geheel, hoewel uiteraard de ernst van die zorg niet te meten is; zij is nauwelijks in kansen op bezwijken uit te drukken.

Het complex bestaat uit drie kolken; de Midden-

Fig. 2. Lengteprofiel van het Kanaal door Zuid-Beveland, met de hoogten der dijkkruinen



sluis dateert van 1866, de Westsluis van 1872 en de Oostsluis van 1916. Dat de twee oudste niet meer in goede constructieve conditie zijn is niet zo verwonderlijk gezien hun leeftijd van ruim 110 jaar. De jongste sluis is echter eveneens een zorgenkind gebleken. Indertijd heeft men de fundering wat aan de lichte kant ontworpen, met als gevolg dat de krachten die op de constructie werken, niet voldoende via de fundering naar de draagkrachtige ondergrond kunnen worden overgebracht. Ten gevolge daarvan zijn er scheuren ontstaan en treedt er onderloopsheid op, dat wil zeggen, het water sijpelt onder de constructie door. Heeft het water eenmaal een weg onder of langs de sluis gevonden, dan is het dichteren van zo'n lek vrijwel onmogelijk. Vooral de aansluiting van het binnenhoofd van de Oostsluis aan de kolk zelf is, wat dit betreft, een zwakke plek. Hoge waterstanden en hoge golven zouden het complex als geheel dus kunnen beschadigen.

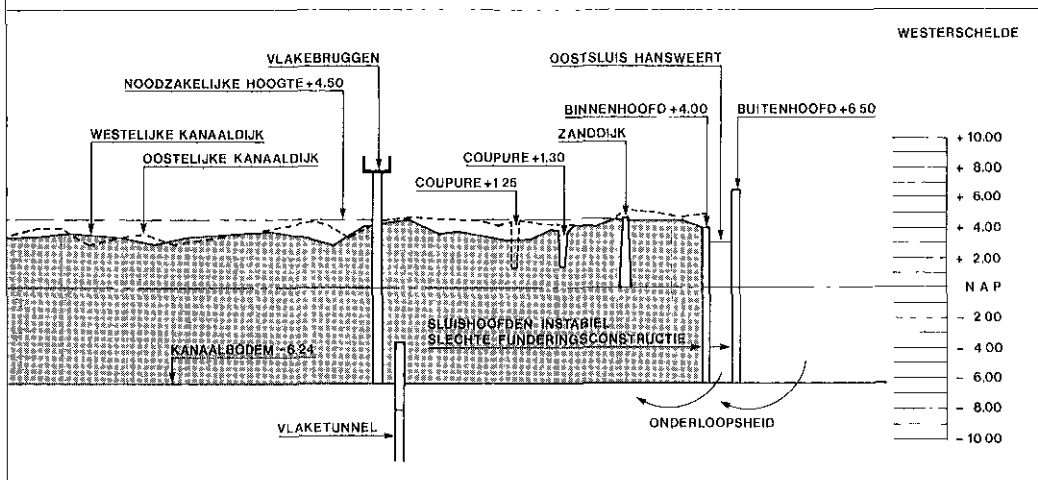
Maar ook onder normale omstandigheden is er reden tot zorg. Het Kanaal door Zuid-Beveland wordt vrij druk bevaren. Van de 40 000 schepen die per jaar het kanaal passeren, gebruikt ongeveer de helft de Oostsluis, en de rest de andere twee kolken. De sluisconstructies staan daardoor aan telkens wisselende belastingen bloot. De kans dat één ervan tot bezwijken toe wordt belast is daardoor groter dan wanneer alleen de getijden met hun relatief langzame waterstandfluctuaties gekeerd zouden moeten worden. Bij het schutten wordt ook het binnenhoofd belast, en dat is nu juist het zwakste onderdeel van de Oostsluis.

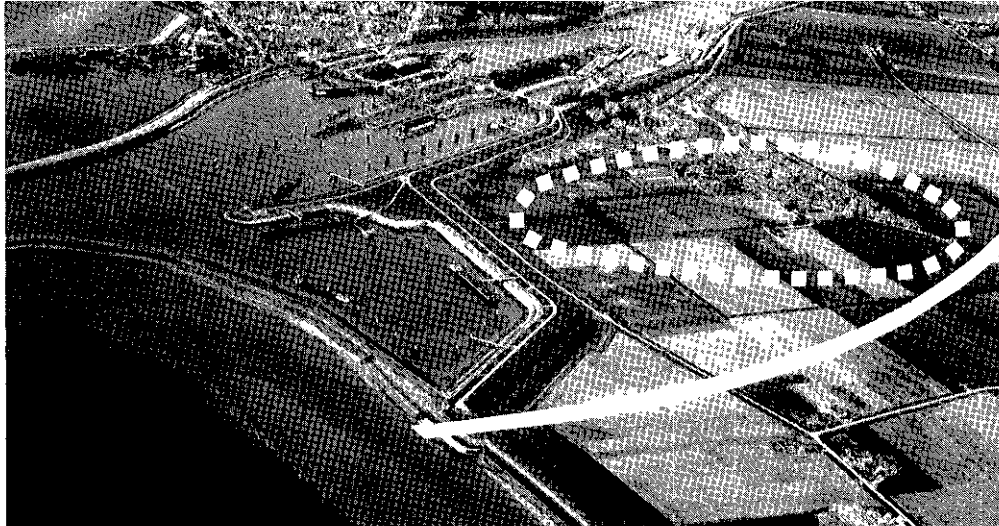
Gelukkig staat daar tegenover dat de sluisen bij een erg hoge buitenwaterstand, zeg meer dan N.A.P. + 3,75 m, niet meer gebruikt kunnen

worden, omdat dan de binnendeuren overlopen. Het binnenhoofd van de Oostsluis krijgt daardoor nooit hogere waterstanden te verwerken dan N.A.P. + 3,75 m. Opnieuw, afgewogen zijn de risico's niet, maar veilig is de situatie evenmin.

Ook het normale gebruik van de sluisen door de scheepvaart houdt, zoals bij elke sluis, een kans op ongelukken in. Het kan gebeuren dat een schip dat de sluis binnenvaart, een deur ramt. Ook hierbij geldt weer een redenering die begint met 'als'. Als een schip de buitendeur ramt en als de buitendeur nog open staat en als de buitenwaterstand hoger is dan de waterstand op het kanaal, dan kan het kanaal meer of minder snel vollopen. Indien dan de buitendeur, door het naar binnen stromende zeewater, niet meer gesloten kan worden, zou men moeten wachten tot buiten- en binnenwaterstand weer gelijk zijn. Is dat erg? Dat is afhankelijk van het tijdstip in de getijdencyclus, de grootte van het gat in de deur, de mate waarin water geloosd kan worden via Wemeldinge, en zo meer.

Een analoge redenering geldt voor het geval de buitenwaterstand lager is dan die in het kanaal. De andere mogelijkheid is dat een schip de buitendeur ramt. De ernst van de situatie die dan intreedt, is opnieuw afhankelijk van een aantal mogelijkheden. Die zullen we niet allemaal beschrijven: het aantal combinaties van die mogelijkheden is zeer groot, maar ook blijft de toestand op de Westerschelde een belangrijke rol spelen: hoe hoger de vloedstand – maar de kans dat die optreedt wordt dan wel steeds kleiner –, hoe ernstiger de gevolgen. Uiteraard speelt bij dit alles behalve de veiligheid ook een rol, dat in geval van ongelukken het scheepvaartverkeer voor kortere of langere





Begrenzing van de toekomstige voorhaven Hansweert-Oost, binnen de stippels, is ontruimd en op twee panden na gesloopt

tijd stil ligt, wat een niet erg aantrekkelijke schadepost oplevert.

Tenslotte nog een laatste aandachtspunt. We hebben gezien dat het Kanaal door welke oorzaak dan ook plotseling kan vollopen of kan leeglopen, bijvoorbeeld bij schadevaring of wanneer de buitendeur bezwijkt bij een buitenwaterstand die lager is dan het kanaalpeil. In beide gevallen wordt de ernst van de gevolgen mede bepaald door wat er op het kanaal achter de sluis kan gebeuren. De dijken langs het Kanaal zijn theoretisch N.A.P. + 4,00 m hoog, maar in feite halen ze op sommige plaatsen de N.A.P. + 3,00 m niet. Vollopen van het Kanaal tot aan het gemiddeld hoogwaterpeil kan dus al bijna een overstroming van het naast liggend polderland tot gevolg hebben. Behalve aan de lage kant zijn de dijken ook niet zo sterk als men eigenlijk zou willen. Overstro-

men ervan, of een snelle waterstandsval in het kanaal, zou beschadiging van de dijken tot gevolg kunnen hebben. De ernst van de dan ontstane situatie is weer afhankelijk van de mate waarin de buitenwaterstand tot op het kanaal kan doordringen, en van de hoogte van die waterstand.

In het voorgaande is vrij uitvoerig ingegaan op de problemen rond het Kanaal door Zuid-Beveland en de rol die het sluisencomplex bij Hansweert daarin speelt. Een aantal zaken hebben we buiten beschouwing gelaten, bijvoorbeeld dat voorlopig ook de sluisen bij Wemeldinge nog een primaire kering vormen. Getracht is duidelijk te maken dat, wanneer men zich gaat verdiepen in de veiligheidsmarges die men hier nog heeft, zich een breed veld van mogelijkheden voordoet, en van combinaties daarvan. Door een aantal niet-kwantitatieve risico's te beschrijven is duidelijk gemaakt dat de situatie zorgen baart, zonder dat kan worden aangegeven hoe groot de risico's precies zijn. Evenmin is nagegaan in hoeverre het indertijd achterwege gelaten onderhoud – het kanaal zou immers toch verbreed worden – de situatie verergerd heeft. Dat dit alles niet bijgedragen heeft tot een optimale situatie is duidelijk. Inmiddels wordt nagegaan in hoeverre maatregelen te treffen zijn om, ingeval er iets ernstigs gebeurt, de gevolgen daarvan zoveel mogelijk te beperken.

Samenvattingen

Kwaliteitszorg voor de materialen voor de Oosterscheldekering

Vanaf 1976 wordt in verband met de werken in de Oosterschelde gewerkt aan systematische keuring van de materialen waarmee de stormvloedkering en de daarmee verbonden werken moeten worden uitgevoerd. De praktische ervaring van voorheen bleek niet meer voldoende voor adequate procedures. Vooral de keuringsprocedures stuitten aanvankelijk wel eens op verzet, omdat het werk erdoor gehinderd scheen te worden. De keuring heeft in sommige gevallen ook meer het karakter van een begeleiding die signaleert wanneer de gelijkmatigheid van het produkt achteruitgaat, dan van een selectie-mechanisme. Voor verschillende materialen, zoals beton, kunstvezels, asfalt, asfaltbeton en de ongebonden materialen zoals grind, zand en slakken, worden het onderzoek, de keuringsmethode en de resultaten daarvan geëvalueerd. In veel gevallen had men steun aan de ervaringen die al met deze materialen waren opgedaan in de wegenbouw.

Peilingen ten behoeve van de stormvloedkering

De stormvloedkering komt tot stand door samenbouw van geprefabriceerde elementen, en in zo'n geval zijn nauwkeurige en frequente peilingen in het operatiegebied van het grootste belang. Een en ander staat of valt met de nauwkeurigheid van de plaatsbepaling. Men werkt in de Oosterschelde met een meervoudig bruikbaar radiografisch plaatsbepalingssysteem. Voor de dieptemeting worden hydrografische echoloden gebruikt met een smalle tophoekbundel.

De verwerking is volledig geautomatiseerd, zodat thans 250 km meetraai per dag kan worden verwerkt. Door op allerlei manieren de effectiviteit van het peilbedrijf te verhogen heeft men tot diep in 1981 kunnen volstaan met twee peilschepen. Thans zijn er drie in gebruik, en dat is het maximum, ook voor de komende zeer drukke jaren.

Het getijverschil te Yerseke na de voltooiing van de Oosterscheldekering

Om onder vrijwel alle omstandigheden te Yerseke een gemiddeld getijverschil te kunnen realiseren van 2,70 m, is destijds een doorstroomopening voor de stormvloedkering gekozen van 14 000 m², vermeerderd met toeslagen voor onderhoud en bepaalde hydraulische onzekerheden. Het netto effectieve doorstroomprofiel kwam daardoor op 16 480 m². Het blijkt nu dat daarmee waarschijnlijk een gemiddeld getijverschil te Yerseke kan worden verkregen van 3,10 m. De kans dat het vereiste gemiddelde getijverschil van 2,70 m niet wordt gehaald, is kleiner geworden dan 1%. Wel zullen er 120 getijden per jaar kunnen voorkomen, waarin het actuele getijverschil kleiner is dan 2,70 m.

Onderzoek naar de stroombestendigheid van de tijdelijke afdekking van de grondverbetering onder de pijlers van de Oosterscheldekering

Er verstrijkt geruime tijd voor de grondverbetering in de as van de Oosterscheldekering kan worden afgedekt met funderingsmatten. In die tussentijd maakt men gebruik van een tijdelijke grindafdekking, die door de 'Cardium' later weer moet worden opgezogen, maar die ook voldoende stroombestendig dient te zijn. Juist de stabiliteit van de grindafdekking moest nader worden onderzocht. Hiertoe berekende en mat men hoeveel materiaal van de grindafdekking bij een bepaalde stroomsnelheid werd verplaatst, ook beneden de zogenaamde 'kritische bodemschuifspanning', wanneer er eigenlijk, volgens de oudere theorie, helemaal geen transport kan plaatsvinden. De grens tussen stabiel en instabiel blijkt niet zo duidelijk te zijn, en de duur van de expositie is hierbij wel degelijk van invloed. Dit kon worden gedemonstreerd aan de zandribbels die zich op de grindafdekking hadden gevormd. Hier en daar moest de laagdikte van de grindafdekking enigszins worden vergroot.

Vallende stenen

Bij de opbouw van de drempel van de Ooster-

scheldekering worden stenen gebruikt van 10 tot 10 000 kg. Vooral van de grotere soorten steen is te verwachten dat ze, vrij vallend vanaf de waterlijn, de pijlers kunnen beschadigen. Hiernaar is theoretisch en praktisch nader onderzoek gedaan. De berekeningen leidden aanvankelijk tot sterk overdreven resultaten. Het praktisch onderzoek wees uit dat stenen van meer dan 3000 kg in de nabijheid van de pijlers moeten worden vervangen door pakken steenasfalt, die de pijlers vrij vallend mogen treffen. Er is verder speciaal materieel ontwikkeld waarmee de valhoogte van steen tussen 1 en 3 ton gereduceerd kan worden tot maximaal 2 m. Voorts worden de pijlers beschermd met een vergrote betondekking en met bfede vellingkanten op alle randen.

Integratie van ecologische aspecten in waterbouwkundige projecten in kustgebieden

Beveiliging tegen overstromingen en landaanwinning waren lange tijd de enige doelen van waterbouwkundige projecten in kustgebieden. Later kwam daar de strijd tegen de verzilting bij. Pas in de zestiger jaren ontstond interesse voor de milieukundige aspecten. Deze invalshoek heeft de planning en vooral het latere beheer van gebieden waarin zulke projecten werden gerealiseerd, evenwel ingrijpend beïnvloed. In verschillende gebieden in de wereld waar kustwerken worden uitgevoerd, blijkt een volstrekt verschillende mate van integratie aanwezig van de milieukunde in de civieltechnische planning. De Deltawerken zelf hebben in de loop van hun uitvoering een merkwaardige ontwikkeling doorgemaakt: van een zuiver civieltechnische eerste fase via een overgangsfase naar een eindfase waarin het geïntegreerd beheer ook in bestuurlijke zin tot realiteit kan worden gebracht.

Schorrenonderzoek in de Oosterschelde

Na de gedeeltelijke afsluiting van de Oosterschelde en de aanleg van de compartimenteringsdammen wordt een groot deel van het bekken getijloos en zoet, terwijl voor het overige de primaire voorwaarden ingrijpend veranderen. Wat zullen de consequenties zijn voor het schorrenareaal? Om deze vraag te kunnen beantwoorden moet men inzicht verkrijgen in de tegenwoordige morfologische ontwikkelingen. Daartoe zijn langdurig metingen verricht op een aantal proeflocaties; de resultaten worden hier geïnterpreteerd. In het bijzonder blijkt het belang van de golfbewegingen gevolge van lange windvelden. De ontwikkeling van schorranden is afhankelijk van de

wisselwerking tussen het hydrodynamische milieu en grondmechanische en bodemkundige parameters zoals kritische sterkte, beworteling, dichtheid en profielopbouw.

De sluizen bij Hansweert en het Kanaal door Zuid-Beveland

De sluizen in het Kanaal door Zuid-Beveland bij Hansweert vormen onder meer een primaire waterkering. Ze voldoen echter niet aan de Deltanorm voor zulke constructies. Ook de meest gebruikte en jongste van de drie sluizen, de Oostsluis, van 1916, is een zorgenkind. Hoge waterstanden, maar ook de krachten die bij het schutten werken op het binnenhoofd, of een toevallige aanvaring, zouden de sluis in gevaar kunnen brengen. Afhankelijk van de hydraulische omstandigheden ten tijde van de aanvaring kunnen er dan meer of minder ernstige situaties ontstaan op het kanaal, waarvan de dijken overigens ook niet voldoen aan de eisen. In afwachting van vervanging van de oude sluizen wordt onderzocht met welke maatregelen de risico's kunnen worden verkleind.

Summaries

Quality guarantee for hydraulic engineering materials used for the Oosterschelde barrier

Since 1976, efforts have been made to set up a systematic quality control of the materials to be used for the barrier and its subsidiary works. Previously this was inadequate. In particular, the quality control procedures initially met with some resistance as these seemed to hamper the progress of the works. In fact, in some cases, the control is more a guidance signal in case the quality of the material deteriorates, than a selection mechanism. The investigation is aimed at an evaluation of the quality control method and its results for such materials as concrete, synthetic fibres, asphalt, stone-asphalt and loose materials such as gravel, sand and slags. In many cases, experience with these materials in road-construction proved to be helpful.

Soundings made for the storm-surge barrier

The storm-surge barrier is being constructed from pre-fabricated elements; accurate and frequent soundings in the operational area are, therefore, of major importance. Success or failure depends on the accuracy of the position-finding. In the Oosterschelde, a multi-user radiographic position-finding system is being used. To measure the depth, hydrographic echo soundings with increased accuracy are being used.

The procedure is completely automated as result of which a 250 km long sounding line can be processed. By increasing the efficiency of the sounding activities in all kinds of ways, only two sounding vessels were required to do the job well into 1981. At present, three vessels are in use, which will be the maximum, even in the very active future period.

Tidal amplitude at Yerseke after the implementation of the works on the Oosterschelde

In order to ensure an average tidal amplitude of 2,70 m at Yerseke under almost all conditions a wet cross-section of 14,000 m² was chosen for the storm surge barrier, with additional allowance for maintenance and certain hydraulic uncertainties. Thus the net effective wet cross-section came to 16,480 m². Now it appears that an average tidal amplitude of 3,10

can be reached at Yerseke using this wet cross-section.

The chance that the required average tidal amplitude of 2,70 m will not be reached has been reduced to less than 1%. On the other hand 120 tides per year may occur in which the actual tidal amplitude is less than 2,70 m.

Investigation into the current resistance of the temporary protection of the soil improvement under the piers of the Oosterschelde barrier

Some time will elapse before the soil improvement in the axis of the Oosterschelde barrier can be covered by foundation mattresses. During the interim period, a temporary layer of gravel is dumped, which will later be removed by suction by the 'Cardium', but, in the meantime, will have to be adequately current resistant. In fact, the stability of this gravel protection needs to be further investigated. Calculations were made and measurements taken to investigate how much of the gravel protection was displaced at certain current velocities; also below the so-called 'critical bed shear stress', where, according to the existing theory, no transport could take place. It appears that the margin between stability and instability is unclear and that the duration of the exposure has indeed some effect. This could be demonstrated by the sand corrugations which had developed on the gravel protection. In some places, the thickness of the gravel layers had to be somewhat increased.

Falling stones

For the construction of the barrier-sill stones are being used that weigh from 10 up to 10 000 kg. It is to be expected that the piers will suffer some damage particularly by the larger stones if they fall freely from the water surface. This has been theoretically and practically investigated. Initially, the results of these calculations were highly exaggerated. Practical investigations proved that, around the piers, stones weighing over 3000 kg, would have to be replaced by slabs of stone-asphalt which would not damage the piers even in free fall. Additional equipment has been developed which reduces the fall of the stones, weighing between 1 and 3 tons, to 2 metres maximum. Moreover, the piers will be protected by a thicker concrete layer and by wide protection aprons along the edges.

Integration of ecological aspects in coastal hydraulic engineering projects

For centuries, flood-defences and land reclama-

tion have been the sole aims of hydraulic engineering projects. The combat against salinity began later. It was only in the Sixties that interest in environmental aspects was awakened. This awareness has drastically influenced the planning and, particularly, the subsequent management, of the areas in which these projects were realised. Throughout the world, where coastal defences are being built, it appears that a completely different measure of integration prevails with regard to ecology in civil engineering planning. In the course of their execution, the Delta Works themselves have undergone a remarkable development; from a purely civil engineering first stage via a transitional phase to a final stage of integration of several authorities.

Investigation of salt marshes in the Oosterschelde estuary

After partial closure of the Oosterschelde and the construction of the compartment dams, a large section of the basin will be tidefree and fresh whereas, in the remaining area, the primary conditions will change considerably. How will this affect the salt marshes? To answer this question, insight into the prevailing morphological developments is necessary. For this purpose, many measurements have been taken at a number of test sites over a long period of time. In particular, the wave movement, caused by long windfields, proved to be of vast importance. The development of the edges of the salt marshes depends on the interaction between the hydrodynamic environment and the soil mechanical and soil scientific parameters e.g. critical strength, roots, density and composition.

The Hansweert locks and the canal through Zuid Beveland

The locks at Hansweert in the canal running through Zuid-Beveland serve also as a primary coastal defence. They do not however meet the Delta requirements for such constructions. Even the East lock from 1916, the newest and most frequently used of the three, is a source of some anxiety. Not only high water levels, but also the water pressure effecting the inner head with ships passing through or else an accidental collision could endanger the lock. Depending on hydraulic conditions at that moment a collision could be critical on this canal whose dikes also do not meet the requirements. While awaiting replacement of the old locks measures to diminish the risks are being investigated.

Vorderingen

in de periode
1 januari–1 april 1983

Philipsdam

Voortgegaan werd met ontgravingen en aanvullingen rondom en ter plaatse van de Krammersluizen, en ook met het maken van taludbeschermingen en stortebedden. De hardhouten geleideramen voor de jachtensluizen zijn gereed. De schuivengebouwen en de gemalen voor de duwvaart- en jachtensluizen werden verder afgewerkt; datzelfde geldt voor de betonconstructies, waaronder de Zoommeerbruggen.

Voortgegaan werd met het maken van de bedieningsgebouwen voor de duwvaart- en de jachtensluizen, en het monteren van staalconstructies, zoals leningen, trappen en bordessen.

Intussen wordt aan de gereedgekomen werken onderhoud gepleegd.

Flakkeese Spuisluis

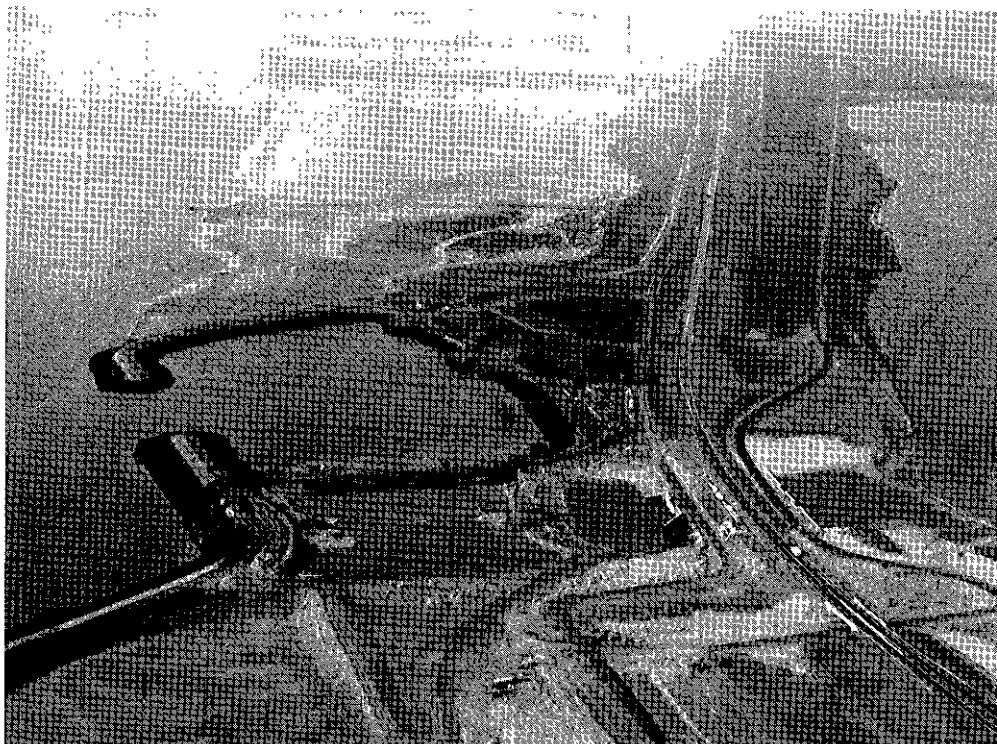
Een gedeelte van de stortsteenkade die onderdeel is geweest van de afsluiting van de Grevelingen, is inmiddels nagenoeg opgeruimd. Ter plaatse van de noordelijke toeleidingsgeul naar de Flakkeese Spuisluis zijn alle bestaande materialen opgeruimd. Momenteel wordt gewerkt aan het ontmantelen van de hoogwaterkering ter plaatse van de zuidelijke toeleidingsgeul. Aanpassingen in het ontwerp van de te maken hoogwaterkeringen

noodzaakten tot enige wijzigingen in het bestek. De weg naar het recreatieterrein is gereed.

Omkading van het Markiezaat

De werkzaamheden tot herstel van de westelijke Markiezaatskade hebben in de verslagperiode bestaan uit het verzwaren van het noordelijke lage damvak, de aanleg van een ringdijk voor het doorlaatmiddel in de westelijke kade, de verzwaring van het zuidelijk damvak en de oostelijke havendam van het Kreekraksluizencomplex, en het opwerpen van een sluitkade, vanaf N.A.P. – 2 m tot N.A.P. + 0,35 m.

De Flakkeese Spuisluis in de Grevelingendam



Over elk van deze onderdelen volgen nu wat nadere bijzonderheden. Bij het noordelijk damvak is het opgespoten zand geprofileerd en vervolgens van een verdediging voorzien. Deze verdediging bestaat op het westelijke talud vanaf het maaiveld tot N.A.P. + 4,5 m uit mijnsteen, kunststofweefsel met rietmat en stortsteen, met daarboven tot en met de kruin een kleibekleding. Op het oostelijke talud is vanaf de steunberm tot N.A.P. + 3 m een verdediging van fosforslakken aangebracht, en boven N.A.P. + 3 m tot aan de kruin eveneens een kleibekleding. De verwerkte klei werd gewonnen op de Molenplaat. Het benodigde zand voor de ringdijk van het ontwateringsmiddel is vanuit het opgespoten zand-depot per auto in het werk gebracht. Gelijktijdig met het uitrijden werd het westelijke talud tot N.A.P. + 4,5 m geprofileerd en verdedigd met mijnsteen, kunststofweefsel met rietmat en stortsteen. Vervolgens is het verdere zandprofiel tot N.A.P. + 7 m voltooid, en aan de buitenkant van een kleibekleding voorzien. Na het gereedkomen van de ringdijk is het noordelijke lage damvak bij de bouwput ontgraven, en is aan de Markiezaatszijde een gedeelte van de toeleidingsgeul ontgraven en van een verdediging van kunststofweefsel met rietmat en stortsteen voorzien. De zandhoeveelheid die nodig was voor de verzwaring van het zuidelijke damvak is in het werk gebracht met een winzuiger, zelfvarende zandbakken en een perszuiger. In totaal werd 575 000 m³ zand in het werk gespoten. Om doorpersing van de ondergrond te voorkomen is het profiel over de noordelijke

700 m van het damvak aan de Markiezaatszijde gewijzigd: er werd een steunberm aangebracht van 15 m breed. Ondanks deze profielwijziging is op één plaats toch nog enige doorpersing opgetreden. Na het profileren zijn de betonblokken die vrijkwamen bij de verzwaring van de havendam opnieuw verwerkt op het talud aan de Markiezaatszijde. Verder is het damvak daar waar geen steunberm werd aangebracht aan de oostzijde tot N.A.P. + 3 m van een verdediging voorzien, bestaande uit mijnsteen, kunststofweefsel met rietmat en stortsteen. Op de plaatsen waar de steunberm wel aanwezig is wordt tot N.A.P. + 3 m een verdediging van fosforslakken aangebracht. De kleibekleding op het zandprofiel boven N.A.P. + 3 m wordt thans aangebracht. Op 28 februari werd een aanvang gemaakt met de opbouw van de sluitkade. Allereerst werd een laag stortsteen aangebracht vanaf N.A.P. - 2 m tot N.A.P. - 0,50 m. Deze laag werd zowel vanaf de zuid- als de noordzijde uitgereden met dumpers en steenauto's. Op 17 maart bleef er in deze laag nog een opening over van 120 m. Het lag in de bedoeling dit laatste gedeelte zowel met auto's als met gebruik van een steenstort te vullen. Echter, op vrijdag 18 maart ontwikkelde zich in een hoog tempo een ontgrondingskuil vanaf het voorland tussen de te maken sluitkade en de Schelde/Rijnverbinding. Ten gevolge hiervan is het aanwezige filter in het tracé van de sluitkade over een breedte van 35 m weggespoeld; er ontstond een verdieping tot N.A.P. - 9 m. Onmiddellijk werd extra materieel en materiaal aangevoerd, om het bedreigde

gedeelte en de directe omgeving ervan te consolideren. Daarna is het voorland van de Schelde/Rijnverbinding, om verdere ontgroning tegen te gaan, verdedigd met zinkstukken en losgestorte filters. Vervolgens werd de ontstane verdieping opgevuld met steenachtige materialen. Op 29 maart was de gehele laag weer aangevuld tot N.A.P. - 0,50 m. Daarna is een begin gemaakt met het optrekken van een eerste laag stortsteen 300/1000 kg, tot een niveau van N.A.P. + 0,35 m. Op 18 februari heeft de aanbesteding plaatsgevonden van een bestek voor het maken van een doorlaatmiddel in de westelijke Markiezaatskade. Het werk is opgedragen aan Meeuwissen en Van Bragt B.V. te Made, voor een bedrag van f 433 000. Met de werkzaamheden is op 11 maart aangevangen.

Bathse Spuikanaal

De kanaalinsteken en de werkwegen van het toekomstige spuikanaal zijn gereed. In de onderhoudsperiode moet nog een gedeelte van de asfaltverharding en de oppervlaktebehandeling worden aangebracht, en moeten bermen en taluds worden ingezaaid en beplant. De werkzaamheden aan de bouw van de verkeersbruggen en de leidingenbrug verlopen geheel volgens schema. De brug in de Bathseweg, in RW 258 en de noordelijke brug in de autosnelweg A 58 zijn voor het verkeer opengesteld. De zuidelijke brug in de A 58 is nagenoeg gereed, en zal eind april voor het verkeer worden opengesteld. De leidingenbrug komt omstreeks half mei gereed. De eerder vermelde lekkages in de

aansluiting van de noordelijke en de zuidelijke afvalwaterleiding op de bestaande leidingen in de zuidelijke zinkerbundel, zijn thans hersteld. Het gehele werk is op 18 maart opgeleverd. De bouw van de sifon en de spuisluis verloopt geheel volgens schema. De aannemer streeft ernaar de sifon eind juni van dit jaar gereed te hebben; dat is dan drie maanden eerder dan was gepland. Van de spuisluis is het heilwerk gereed. Begonnen is met het stellen van de bekisting voor de vloeren.

Oosterscheldekering

De plaatselijke verdichting van de rand van de bodembescherming is medio januari gereedgekomen. De 'Mytilus' ligt nu opgelegd in de betonhaven. De vitale onderdelen zowel onder- als bovendecks zijn hermetisch afgesloten van de buitenlucht. Een atmosfeerbeheersingssysteem zorgt voor de juiste luchtvochtigheid. Het schip kan, als dat nodig is, binnen zes weken opnieuw worden ingezet. In maart is een begin gemaakt met de uitvoering van de eerste fase van de damaanzet Noord-Beveland. Er moest, tot N.A.P. - 3,50 m, een filter worden opgebouwd, en voor het verankeren van de werkschepen op het walankerpunt een rollenbaan worden aangelegd. De uitvoering van de tweede fase van de damaanzet Roggenplaat-Noord start eind mei. Op de eerder uitgevoerde filteropbouw worden dan betonnen landhoofdelementen geplaatst, die vervolgens worden gevuld met beton. Onderhoud was nodig aan verscheidene haveninrichtingen, aan de hulpbrug en aan duintjes die waren ontstaan langs het damvak Geul. In de

Roompothaven, de toegangseul en de haven van damaanzet Noord-Beveland kwam het baggerwerk gereed. Onderhoudsbaggerwerk is verder noodzakelijk geweest tussen de pijlers in compartiment I van het bouwdoek Schaar en in de toegangseul naar de werkhaven Sophia. De bouw van het bedieningsgebouw van de Roompotsluis is gereed. De elektrische en hydraulische installaties zullen begin juni operationeel zijn. De reservedeur is gearriveerd, en geplaatst op de bergplaats in de werkhaven op Noord-Beveland. Begin januari is begonnen met de bouw van de geleidewerken. In april worden de palen geheid. In de loop van de maand mei komen de geleidewerken gereed. In de compartimenten I, II en III van het bouwdoek Schaar zijn alle pijlers inmiddels gereed. De delingsdijk tussen de compartimenten II en III wordt al gedeeltelijk verwijderd. Eind mei wordt gestart met het inunderen. Dit duurt zeven weken. Na de bouwvakvakantie wordt de dijk tussen de compartimenten I en II doorgebaggerd. In compartiment IV verloopt de produktie van de rompen van de dorpelbalken volgens planning. De ruwbouw van het bedieningsgebouw vordert gestaag. Van het hoogbouwgedeelte verrijzen de eerste kolommen, en ook van de kern van het gebouw beginnen de contouren zich reeds af te tekenen. De kern omvat leidingschachten, het trappenhuis en een liftinstallatie, die geheel is omgeven door glaspuien. Aan de Veerhaven te Kats op Noord-Beveland zijn werkterreinen ingericht. Twee

aanwezige traversekranen zijn van 300 ton tot 740 ton verzwaaard. In januari is de produktie van de verkeerskokers begonnen. Medio januari werd de eerste halve moot gestort. De aanvoer van breuksteen uit Duitsland en Finland vond goede voortgang. Om de aanvoer van de Finse leveranties ook in de wintermaanden te kunnen laten doorgaan, wordt een deel betrokken uit een groeve aan de westkust van Zweden. In het eerste halfjaar van 1983 werd 260 000 ton aangevoerd.

Aanvullend onderzoek heeft aangetoond dat de stabiliteit van het losse filter tussen de funderingsmatten gedurende een korte periode in de bouwfase onvoldoende is. Besloten is tot een extra afdekking met een zogenaamde grindwiepenmat, een drager van speciaal gaas, verzwaaard met grindwiepen. Op het werkterrein te Schelphoek is verkennend onderzoek uitgevoerd naar de sterkte, de flexibiliteit en de constructiemogelijkheden van de te gebruiken materialen. De te wordt nog verder ontwikkeld. In de stroomgoot bij Lith wordt de stroombestendigheid ervan onderzocht. In de Hammen en de Schaar zal deze mat aangebracht worden in de periode waarin de pijlers worden geplaatst; in de Roompot geschiedt het al in een eerdere fase: daar wordt dit extra werk uitgevoerd door de 'Cardium' en de 'Jan Heymans'. De matten zullen gefabriceerd worden op zate in de haven Sophia op Noord-Beveland. Voor het vervoeren en het leggen wordt gebruik gemaakt van de voormalige mattenrol van de 'Jan Heymans'. De verbouwing daarvan is inmiddels opgedragen. Dit tot 'Sepia'

omgedoopt stuk materieel kan gekoppeld worden aan de 'Jan Heymans' en de 'Donax I'. Sinds 23 november zijn door de 'Cardium' en de 'Jan Heymans' acht ondermatten en drie bovenmatten in de Hammen aangebracht, met de daarbij behorende bestortingen. Aanvankelijk had men problemen met het loskoppelen van de kop- en de staartbalk en met het opschonen van de ondermat.

De ontkoppelconstructie van de kop- en de staartbalk is intussen aangepast. Begin maart werd besloten om het verdichten van de ondermat niet meer uit te voeren als onderdeel van het 'Carjan'-bedrijf, maar het mee te nemen bij de opbouw van de drempel. Hierdoor is met name de schadegevoelige opschoning van de ondermat minder problematisch geworden. De tijdens deze slag opgetreden schades zijn inmiddels vanuit de onderwaterwerkkamer gerepareerd. Begin maart zijn de vlakheidsgegevens van de tot dan toe gelegde matten bekend geworden. De resultaten zijn zo goed, dat overwogen wordt of het leggen van tegelmatten op deze plaatsen achterwege gelaten zou kunnen worden. Door de lange slechtweperperioden en de opgetreden aanloopproblemen is het mattenlegbedrijf in de Hammen met enkele maanden vertraagd. Deze vertraging heeft voorts nog geen gevolgen voor de opleverdatum.

Met het definitief wegleggen van een ingemeten tegelmat op de proeflocatie in de Roompot is de proefperiode van dit onderdeel afgerond. Aan het meetsysteem bleken nog enige aanpassingen vereist.

Op de proeflocatie wordt nu begonnen met proefplaatsingen van een pijler. Met succes werd de met een pijler geladen

'Ostrea' gekoppeld aan de 'Macoma'. Vervolgens is met de combinatie verhaald en gezogen. Na de proefplaatsing is een eerste analyse mogelijk van de vlakheid van het funderingsbed. Afhankelijk hiervan moeten wel of niet tegelmatten worden gelegd. In deze periode is gebleken dat het geïnundeerde en ontsloten compartiment I van bouwdoek Schaar te kampen heeft met onvoorziene aanslibbing. Zuigwerk is hierdoor onvermijdelijk. Het doorbaggeren van de compartimenten II en III zal worden uitgesteld tot na de bouwvakvakantie; de pijlers zijn door verschuivingen in het werkschema immers pas later nodig. In deze compartimenten worden voorzieningen getroffen om het slib eenvoudig te kunnen verwijderen.

De afvierponton 'Macoma' is geschikt gemaakt voor het verplaatsen van ankers van 30 ton, zoals die door de 'Cardium' en de 'Jan Heymans' gebruikt worden. In een volgende fase zal de 'Macoma' worden aangepast in die zin dat de trilplaat ook gebruikt kan worden voor het verdichten van de drempel.

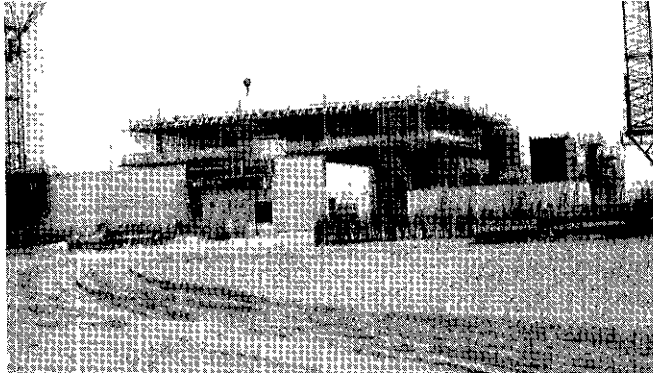
Voor het opstorten van de drempel zijn twee steenstorters in aanbouw. Een ervan wordt omstreeks april op het werk verwacht. Na inbouw van het plaatsbepalingssysteem kan begonnen worden met het oefenprogramma. Om beschadiging van de pijlers tijdens het storten te voorkomen wordt een speciale buffer ontwikkeld voor de steenstorters. Het gemaakte werk wordt gecontroleerd met een peilboot. De keus van het peilsysteem is gemaakt.

De trilplaat voor het verdichten van de open filters tussen de funderingsmatten is in aanbouw. Een reeds op het werk aanwezige ponton wordt voor dit doel voorzien van een

speciale bokconstructie. De bouw van de kraan van de toplaagstorters vordert. Het ontwerp van de lepel verkeert in het laatste stadium. Het systeem om de lepel te vullen is in ontwikkeling.

Aanzandingen in de drempel zullen worden verwijderd met een zogenaamd whirlwheel. Een model wordt momenteel uitgetest. Als moederschip voor dit opschoonwerktuig is een mini-supplier besteld bij de firma Damen. Dit schip wordt tevens ingezet als ankerbehandelingsvaartuig. Voor de fabricage van de schuiven is 60% van het benodigde materiaal geleverd. Bij de productie van bepaalde onderdelen van de eindkokers en de assemblage van de eindkokers is vertraging opgetreden door problemen bij het lassen. Nu is besloten een ander type electrode te gebruiken en de lasvolgorde aan te passen. De eerste resultaten met de aangepaste werkwijze zijn positief. Daarnaast zijn er problemen geweest met de in het bestek genoemde condities waaronder de conservering van de eindkokers moet worden aangebracht. In overleg met het Verfinstituut van TNO zijn nu nieuwe voorwaarden opgesteld, waarbij mag worden afgeweken van de in het bestek genoemde condities. De opgetreden vertragingen hebben geen consequenties voor het plaatsen van de schuiven.

De fabricage van de grote componenten van de bewegingswerken komt goed op gang. Van de smeedstalen onderdelen zijn met name te noemen de zuigerstangen, de cilinderflenzen, de cardanringen, en de pennen en assen. Van het gietwerk zijn de prototypen nu allemaal goedgekeurd. Daarmee liggen nu tevens de gietprocedures vast. Het betreft de gietstalen



Het 'J. W. Topshuis', bedieningsgebouw van de stormvloedkering

onderogen en de nodulair gietijzeren lantaarnstukken, de cilinderdeksels, de conserveringskamers en wat kleinere onderdelen. Van de kleinere typen zijn al compleet bewerkte zuigerstangen gereed. De eerste stangen zijn vernikkeld en verchroomd. Het vernikken gaat uitstekend; met het verchromen zijn er nog wat aanloopproblemen. De vervaardiging van de gelaste cilindermantels is inmiddels begonnen. De eerste cilinders zijn ondertussen diepgeboord en inwendig geboord. De vereiste nauwkeurigheid wordt goed gehaald. Het samenbouwen van de hydraulische aggregaten zal spoedig beginnen. De eerste series onderdelen werden geleverd. Ook de eerste containers waarin de hydraulische en elektrische apparatuur wordt ingebouwd alvorens ze in de verkeerskokers wordt opgesteld, kwamen gereed. Voor de cardanbalken, cardanstoelen en spanankers waarmee de cilinders scharnierend op de hamerstukken worden geplaatst, alsmede voor de scharnierende bevestigingsconstructies aan de schuif is een prijsaanbieding binnen. Verwacht wordt dat de fabricage spoedig kan beginnen. Momenteel vinden de laatste ontwerpwerkzaamheden plaats aan de gelijklooppinstallatie waarmee de schuif tijdens het bewegen horizontaal gehouden moet worden, aan de pomp- en filtereenhe-

den voor de conserveringsolie waarmee de zuigerstangen in uitgeschoven stand tegen corrosie worden beschermd, en aan de trappen en bordessen op pijlers en hamerstukken.

Als gevolg van de bekende problemen bij het R.S.V.-concern, waar een groot gedeelte van de bewegingswerken moet worden vervaardigd, dreigt vertraging te ontstaan, aangezien de toelieferingen door de vele onderaannemers voorzichtigheidshalve worden vastgehouden. Met de bewindvoerders, R.D.M. en Ostem, wordt naar mogelijkheden gezocht om de onderaannemers weer te laten leveren. De functionele specificaties van de besturings- en bewakingsinstallatie zijn afgerond. Aan de hand daarvan kan de besturingsprogrammatuur voor de verschillende installaties geschreven worden. Alle aandacht is thans gericht op de realisering van een proef op ware grootte. De in een container geplaatste besturings- en bewakingsinstallatie zal daartoe worden gekoppeld met twee hydraulische aggregaten. Aan de hand van een gedetailleerd draaiboek worden alle denkbare bedrijfssituaties zo nauwkeurig mogelijk nagebootst. Er is een aanzet gemaakt met de specificatie van de taken van de centrale gegevensverwerkende installatie. Deze installatie dient voor de centrale presentatie van de toestand

waarin de verschillende installaties zich bevinden. Met behulp van kleurenbeeldschermen kunnen detailgegevens over de bedrijfssituatie zichtbaar gemaakt worden. Bovendien kunnen met behulp van de opgeslagen gegevens rapportages gemaakt worden over het verloop van het gedrag van de diverse installatieonderdelen. Het ontwerp van het energie-technisch deel van de elektrische installatie is voltooid, en de opdracht voor de uitvoering ervan is inmiddels verleend. De meetsystemen van de 'Cardium' en de 'Macoma' functioneren naar wens. De plaatsbepalingssystemen voor het drempelmaterieel – de toplaagstorters, de verdichtingsponton en de steenstorters – beginnen vaste vorm te krijgen. Voor de steenstorters is het Nederlandse Artemissysteem beproefd. Het voldoet goed. In april zal het op de 'Libra' worden geïnstalleerd. De drempelpelboot is in aantocht. De bouw van een computerverwerkingsstelsel is opgedragen. Het echolood zal op een gestabiliseerd platform geïnstalleerd worden, zodat het, afhankelijk van de scheepsbeweging, altijd verticaal gericht zal blijven. De onderwateractiviteiten nemen sterk in aantal toe. De 'Portunus' zal in ploegen moeten gaan werken. De inspectiearm heeft enkele kleine modificaties ondergaan. Vóór de zomer dient hij operationeel te zijn. Het walverwerkingscentrum Commeet is inmiddels uitgebreid. Er is een begin gemaakt met de ontwikkeling van meetsystemen voor het plaatsen van de laatste elementen: dorpel- en bovenbalken, en hamerstukken.

