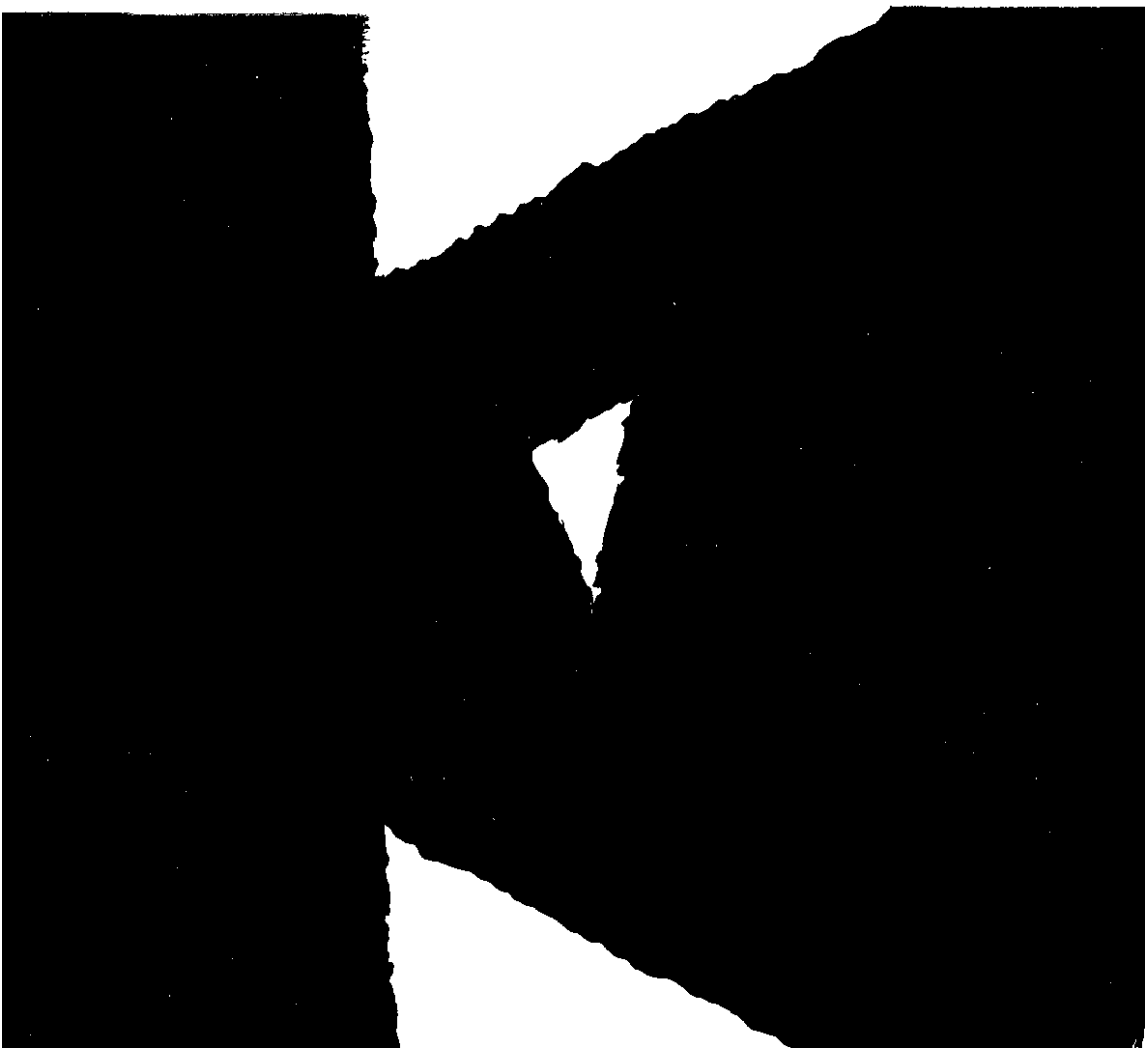


Driemaandelijks Bericht
nummer 89, augustus 1979

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadelaan 400
's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr. Plantijnstraat 1
's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 22,— per jaar
of f 5,75 per nummer

Inhoud

Het pijlerontwerp 433

De inrichting van de bouwput 'Schaar' 441

Modelproeven van de pijlerconstructie op
schaal 1 : 10 te Kats 444

Grondverbeteringen in het tracé van de storm-
vloedkering 448

Het hefschip 451

De Oosterschelde achter de stormvloed-
kering 457

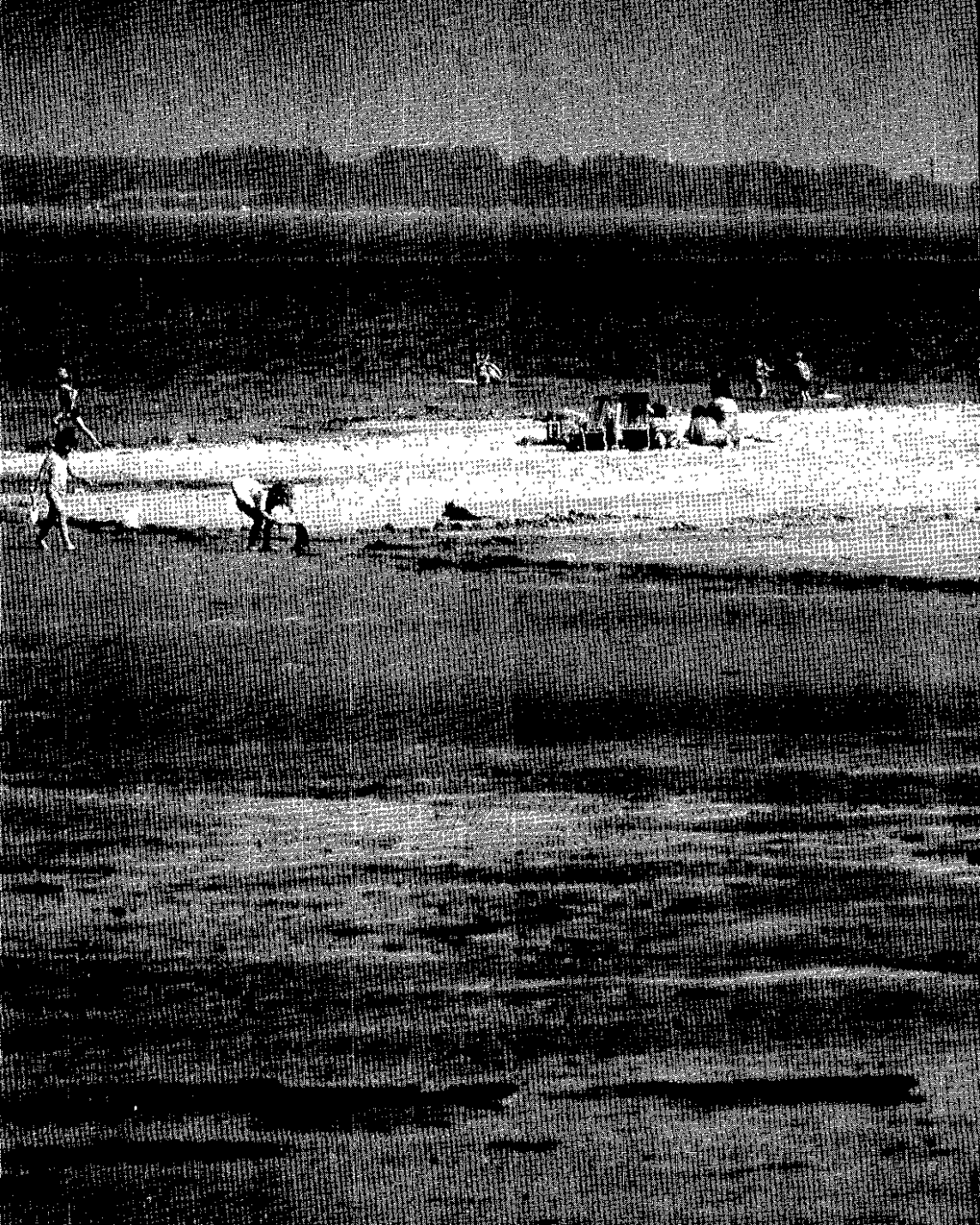
De capaciteit van het lozingsmiddel Zoom-
meer 461

Berging van specie uit het lozingsmiddel
Zoommeer 467

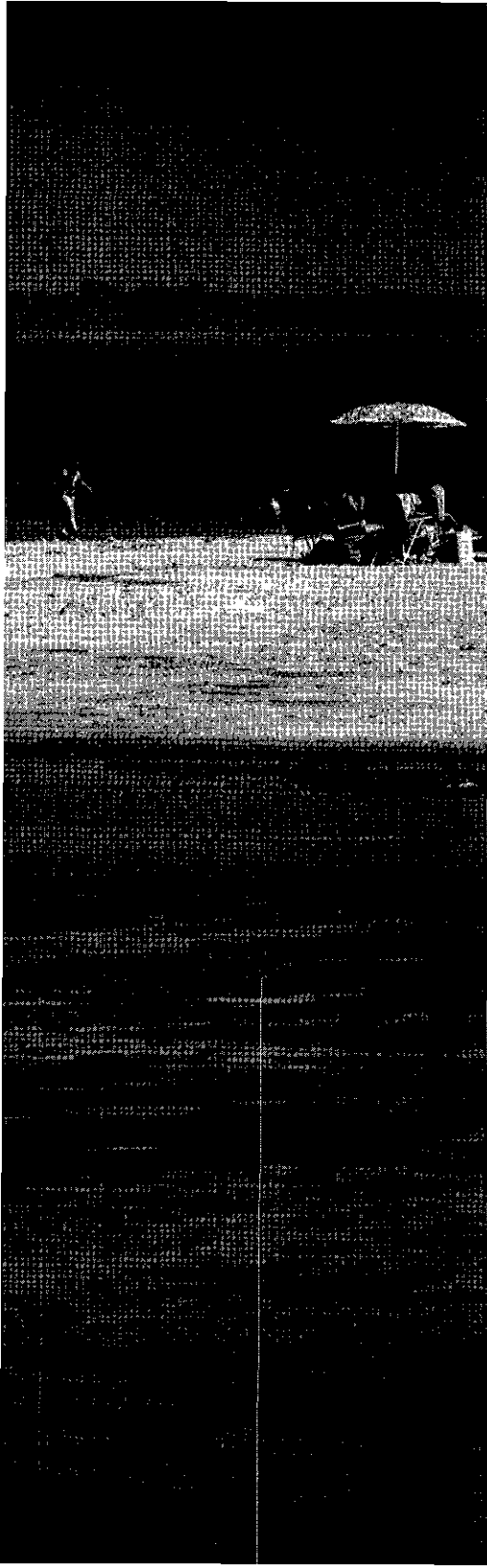
*De vegetatieontwikkeling op de Slikken van
Flakkee sedert de afsluiting van de Grevelingen*
471

Dijkversterkingen in Friesland 482

Samenvattingen/Summaries 487



Het pijlerontwerp



Volgens het tijdschema voor de bouw van de stormvloedkering in de Oosterschelde moest in het voorjaar van 1979 worden begonnen met de constructie van de pijlers. Het ontwerp van de pijlers is inderdaad tijdig definitief geworden, met het gevolg dat de pijlers nu zelf gaan fungeren als randvoorwaarden voor het overige ontwerp. Dit definitieve ontwerp, en de ontwikkelingen ervan sedert mei 1977, toen besloten werd de pijler uit één stuk te maken, worden in dit artikel beschreven.

De pijlers hebben verscheidene functies, waarvan de volgende in het oog springen: Allereerst vormen zij tezamen met de onder- en de bovendorpel een kozijn voor de beweegbare schuiven; vervolgens functioneren ze als onderdeel van de totale kering, dus waterkerend. Hiervoor is een goede aansluiting nodig met de omringende steenachtige materialen; dan moeten zij de belastingen die worden uitgeoefend op de waterkerende vlakken, afdragen naar de ondergrond; en tenslotte dragen zij de overbrugging. Overigens dienen de pijlers de doorvoer van water zo min mogelijk nadelig te beïnvloeden en zo weinig mogelijk belasting naar zich toe te trekken, die niet onmiddellijk voortvloeit uit de waterkerende functie; ze moeten transportabel zijn en zich lenen voor serieproductie.

Willen we ons in het vervolg van dit artikel duidelijk kunnen uitdrukken, dan is nu een nadere omschrijving wenselijk van de naamgeving van de diverse onderdelen van de pijler.

De grote doosvormige constructie aan de onderzijde heet *pijlervoet*, de bodem daarvan *voetplaat*. De holle ruimte onder de voetplaat wordt na de plaatsing ondervuld met grout, een grof zand/cementmengsel, dat moet zorgen voor goede aansluiting op het funderingsbed. Ten behoeve van de aansluiting aan de drem-

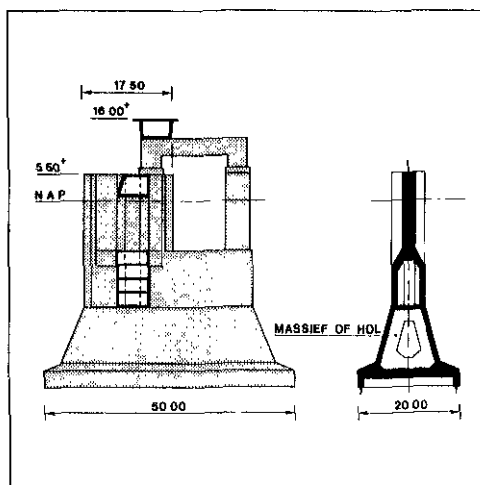
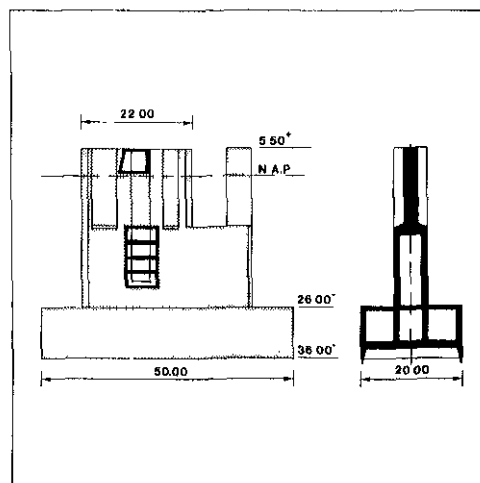
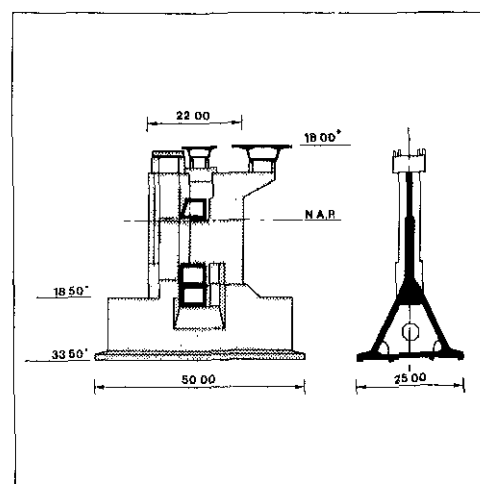


Fig. 1. Verschillende grondvormen van de pijlervoet; van boven naar beneden; schuine dwarsdoorsnede, rechte dwarsdoorsnede en schuine dwarsdoorsnede met rechte kopwanden



pel, waarin eventueel een vervalspreider opgenomen zou worden, heeft de voetplaat rondom een overstek van 2,5 m. Op de pijlervoet is de *pijlerschacht* geplaatst. In de pijlerschacht zijn de sponningen voor de schuif opgenomen. We behandelen nu achtereenvolgens de ontwikkeling van de pijlervoet, de pijlerschacht en de onderkant van de voetplaat van de pijler.



Toen de keuze eenmaal gevallen was op een pijler uit één stuk, zijn aanvankelijk voor de pijlervoet drie modellen beschouwd. Om te beginnen een massieve pijlervoet. Dit model leek het minst arbeidsintensief en daarom nogal aantrekkelijk. Al spoedig bleek echter dat het gewicht zo groot werd, wel 25 000 ton, dat transport nauwelijks nog mogelijk leek. Tot nadere detaillering is niet overgegaan. Daar komt bij dat het zeer gewenst is vlak boven de voetplaat een werkruimte te hebben tijdens de werkzaamheden ten behoeve van het ondervullen van de pijlervoet; bij een massieve pijlervoet ontbreekt die. Toen is een pijlervoet ontworpen met verticale wanden, afgedekt door een horizontale plaat. De aard van het werk leek eenvoudig, door het ontbreken van schuine wanden. Er was echter wel 30% meer beton voor nodig dan in het hierna te noemen model. Dit deed het voordeel van het eenvoudiger werken omslaan in een nadeel, voor wat betreft de kosten en de inzet van mensen. Vandaar dat het ontwerp evolueerde tot een pijlervoet met schuine wanden. Dit model was qua materiaalverbruik, arbeidsinzet en kosten het meest aantrekkelijk.

Technisch gezien is deze gesloten doosvorm aantrekkelijk omdat het opnemen van torsiemomenten ten gevolge van ongelijkmatig dragen weinig problemen oplevert. Bovendien sloot dit ontwerp het beste aan bij de wijze waarop de

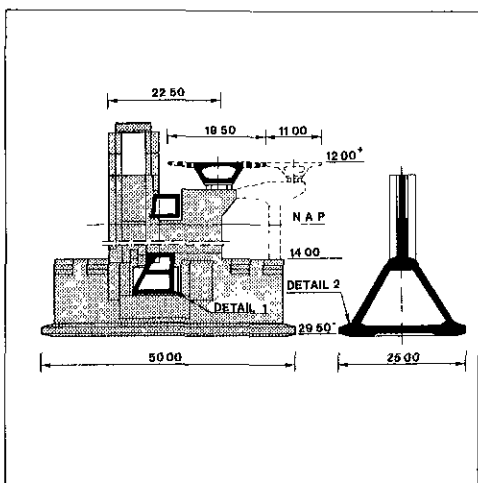
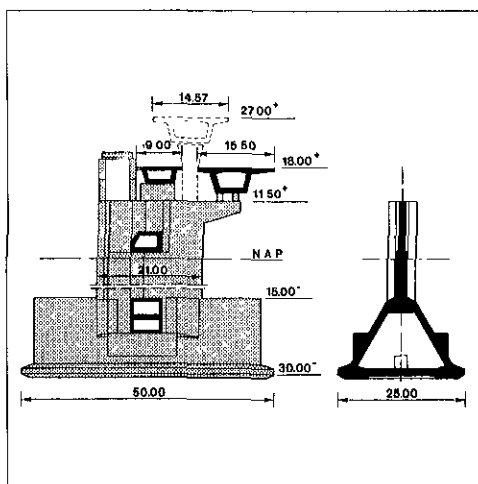


Fig. 2. Ontwikkeling in de bovenbouw; van twee kokerliggers (boven) naar één kokerligger met overstekken

krachten vanuit de schuiven en dorpels naar de voetplaat afgedragen worden. Dit model is dan ook verder uitgewerkt. Aanvankelijk waren behalve de langswanden ook de kopwanden schuin. Om uitvoeringstechnische redenen is dit later veranderd. Bovendien bleek in een later stadium dat voor het transport van de pijler hijsnokken aan de pijlervoet moeten worden gemaakt. Dit vereiste rechte kopwanden. Bij de verdere uitwerking is gestreefd naar rationalisatie en optimalisatie, waarbij vooral gekeken werd naar de kosten en de arbeidsintensiteit. In verband met de seriebouw van de pijlers en het ontwerp van het hefschip is zoveel mogelijk dezelfde uitwendige vorm gegeven aan de pijlervoeten.

De hoogte van de pijlervoet wordt door verscheidene overwegingen bepaald. Het is financieel aantrekkelijk het funderingsniveau zo hoog mogelijk te leggen. In verband met de stabiliteit van de pijlers is het evenwel nodig dat een deel van de pijlervoet, variërend van 8 tot 12 m, ingebed wordt in de drempel.

De onderdorpelbalk heeft een constructiehoogte nodig van 8 m om voldoende weerstand te kunnen bieden aan de optredende belastingen. De schuif heeft in verticale zin een bepaalde sponninglengte nodig om te kunnen bewegen. De sponning mag niet doorlopen in de pijlervoet, want dat zou hem te zeer verzwakken. Hieruit volgde dat de pijlervoet 16 m hoog moest worden.

Bij de hoogst gelegen pijlers zal de sponning voor de dorpelbalk daarom opgenomen moeten worden in de pijlervoet. Bij de diepst gelegen pijlers, met een inbedding van 12 m, loopt de dorpelbalksponning door in de pijlerschacht. Er is een optimaliseringsstudie ondernomen met vier verschillende voetplaatformaten: $20 \times 50 \text{ m}^2$, $20 \times 60 \text{ m}^2$, $25 \times 50 \text{ m}^2$ en $25 \times 60 \text{ m}^2$. Daarbij werden twee hoofdvormen voor de pijlervoet uitgewerkt: een hoofdvorm met dwarschotten in de pijlervoet om de vloer en de langswanden in kleine overspanningen te verdelen, en een hoofdvorm met een prismatische doorsnede met dikkere wanden en vloer, maar zonder dwarschotten. Bij 20 m brede voetplaten ging de voorkeur uit naar de minder arbeidsintensieve prismatische doorsnede. Bij een 25 m brede voetplaat was dan echter een tussenwand nodig, evenwijdig aan de langswanden. Het voordeel van de prismatische doorsnede ging dan weer verloren. Uit de studie bleek ook dat, uitgaande van een bepaald benodigd voetplaatoppervlak, een 25 m brede voetplaat per m^2 goedkoper was dan een van 20 m breedte. Om constructieve redenen – gevoeligheid voor dwarsbelasting en ongelijkmatig dragen – is gekozen voor het model met de dwarschotten.

Als onderdeel van de genoemde optimaliseringsstudie zijn behalve de voetplaatafmetingen ook het funderingsniveau, de inbeddingsdiepte in de drempel, de hart-op-hart-afstand van de pijlers, het gewicht van de vulling in de pijlervoet, de breedte van de drempel, de verdichtingsgraad van de drempel en de ruwheid van de kopwand van de pijlervoet gevarieerd. Ook het verschil in funderingsdiepte en op te nemen belasting van de pijlers is in de studie betrokken.

Als toetsingscriteria werden de grondmechanische stabiliteit alsmede de deformaties in de bouw- en de eindfase gehanteerd, en evenzo de kosten, de arbeidsintensiteit en de flexibiliteit ten aanzien van latere mee- of tegenvallers. Waar mogelijk werd gestreefd naar uniformiteit van de pijlervoeten.

Als meest gewenst kwam naar voren een hart-op-hart-afstand van de pijlers van 45 m, met voetplaatafmetingen van $25 \times 50 \text{ m}^2$, inbeddingsdiepten variërend van 8 tot 12 m, en een vulling van de pijlervoet met zand in de eindfase. Het funderingsniveau varieert van N.A.P. -21,5 m voor de hoogst gelegen pijlers tot N.A.P. -30 m voor de diepst gelegen pijlers in het midden van de Roompot. Deze voorwaarden vormden de uitgangspunten voor het verdere ontwerp van de pijlervoeten.

In de vormgeving van de onderdorpelbalken heeft zich een ontwikkeling voorgedaan die ook invloed heeft gehad op de vormgeving van de sponningen. Aanvankelijk werd uitgegaan van een aantal opeengestapelde dorpelbalken van verschillende hoogten. Per opening tussen twee pijlers zou een pakket kunnen worden samengesteld van de benodigde hoogte. De breedte van de balken bedroeg 6 m. Nader hydraulisch onderzoek naar de belastingen op de dorpelbalken toonde aan dat zij onder bepaalde extreme condities tijdens het sluiten van de schuiven en bij een weigerende schuif omhooggezogen dreigden te worden. Aanvankelijk werd het mogelijk geacht de dorpelbalken hiervoor verticaal af te stempelen, maar dit bleek bij nadere uitwerking nauwelijks uitvoerbaar te zijn.

Daarom werd vervolgens een trapeziumvormige dorpelbalk ontworpen. De bovenkant kon nu versmald worden tot 5 m, en dat verminderde de totale zuigkracht op de balk voldoende. Het schuine deel, dat uitsteekt naar de Noordzeezijde, ondergaat een bovenbelasting door de waterdruk die behoort bij de waterstand op de Noordzee. Dit is gunstig voor het verticale evenwicht van de balk. Tevens reduceert het schuine vlak de druk die de drempel op de balk uitoefent. Constructief zijn een hoogte van 8 m uit één stuk en een 8 m brede onderzijde noodzake-

lijk. Dit meer bewerkelijke definitieve model maakte het zeer gewenst dat de dorpelbalk uniform zou worden uitgevoerd. De sponningen zijn gedimensioneerd op de bovenbeschreven balk. Het ontwerp van de balk zelf behoeft in dit stadium nog niet definitief vastgesteld te worden, *daar de bouw van de dorpelbalken pas in 1981 begint.*

In de eindfase hebben de dorpelbalken enige bewegingsvrijheid ten opzichte van de pijlers, doordat tussen beide dikke rubber oplegpakketten worden toegepast.

Wil het hefschip de pijlers kunnen optillen, dan zijn hijsvoorzieningen nodig. *Tijdens het transport is de pijlervoet 11 meter diep in het water gedompeld. Hij is dan gevuld met lucht. Dit geeft hem een eigen opdrijving van 9 000 ton. Uitgaande van een maximumgewicht van de pijlers van 18 500 ton, moet dus een last van 9 500 ton getild worden. Deze last moet voor dynamische effecten nog vermenigvuldigd worden met een factor 1,2.*

Een aantal mogelijkheden is onderzocht om deze hijskrachten over te brengen van het hefschip naar de pijler.

Men zou een hijsframe kunnen vastspannen op de bovenkant van de pijlerschacht. In de pijler zelf zou dan voldoende voorspanning aanwezig moeten zijn om de hijskracht door te leiden naar de pijlervoet. *Tilt men daarentegen de pijlervoet van onderen, dan is geen extra voorspanning in de schacht vereist. Deze laatste methode bleek goedkoper, en tevens gunstiger voor het ontwerp van het hefschip. De hijspunten komen op deze wijze namelijk verder uit elkaar te liggen. Er waren verscheidene mogelijkheden om het hijsframe vast te maken aan de pijlervoet. Eén mogelijkheid was, met voorspaneenheden vastspannen op het dak van de pijlervoet. Dit is zeer arbeidsintensief. Daarom bleek het aantrekkelijker in plaats van voorspaneenheden zogenaamde hamerkopbouten te gebruiken dan wel hijsklauwen te laten grijpen om hijsnokken aan de pijlervoet. Dit systeem wordt geautomatiseerd, zodat mensenhanden slechts nodig zijn aan het bedieningspaneel.*

De pijlerschacht en de bovenbouw

Aanvankelijk werd bij het ontwerp van de stormvloedkering rekening gehouden met dubbele schuiven, tot meerdere zekerheid. Dit betekende dat in de pijlerschachten twee sponningen achter elkaar moesten worden opgenomen. Lange tijd was bovendien niet bekend welke breedte de weg over de kering zou krijgen. Voor de bediening en het onderhoud van de kering zelf zou 6,50 m voldoende zijn. Een ander uit-

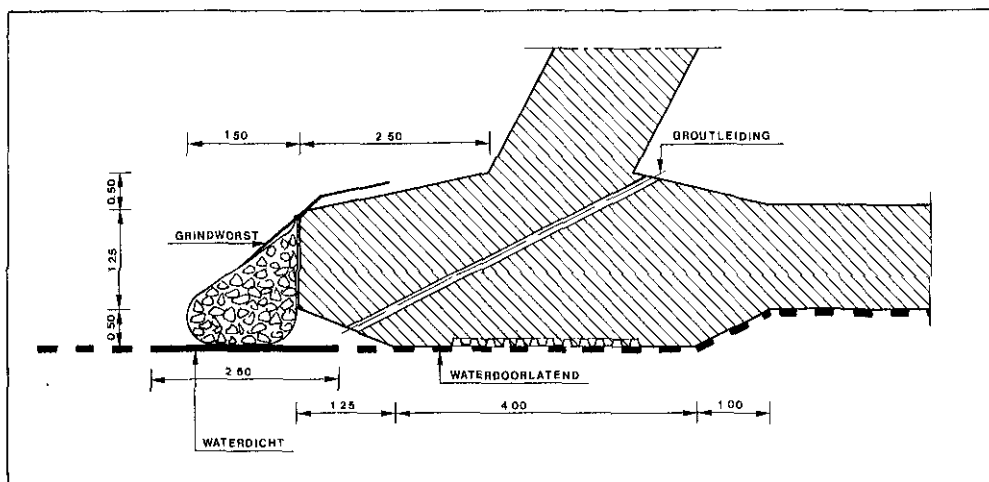
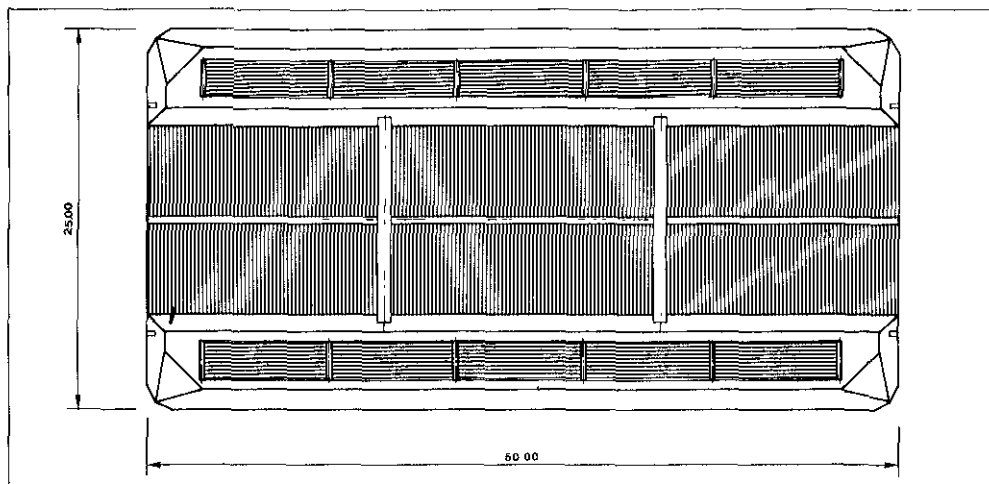
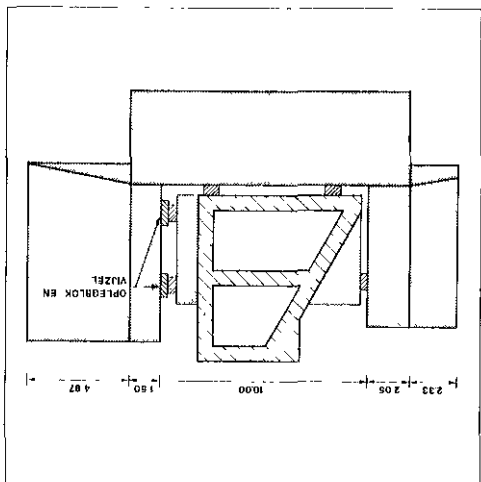


Fig. 3 Aanzicht van de onderzijde van de voetplaat

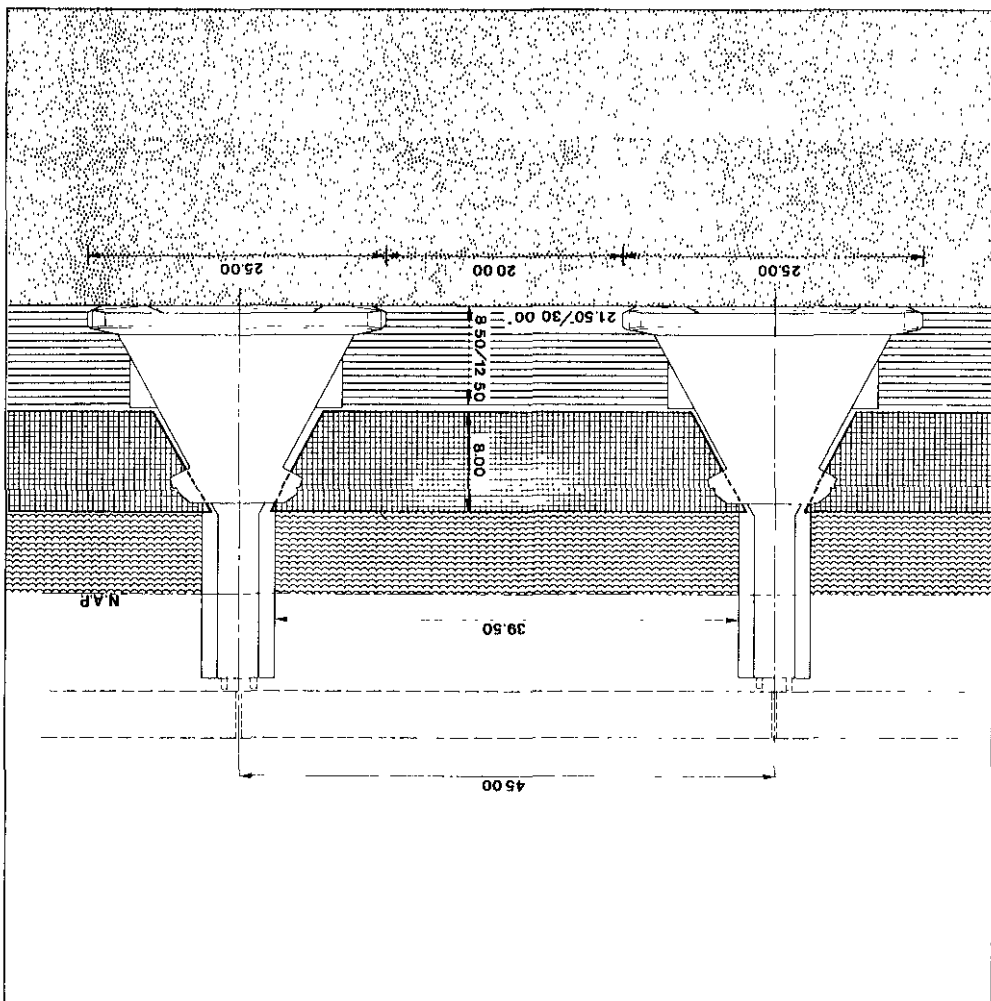
Fig. 4. De aansluiting tussen pijlervoet en funderingsbed en de afdichting met grindworsten

ste was een totale wegbreedte van 38 m, waarin dan kokerliggers voor een parallelweg met een breedte van 9 m ondergebracht waren, en twee kokerliggers die ieder een breedte van 14,50 m zouden hebben, voldoende voor een autosnelweg met vier rijstroken.

Deze eisen bepaalden de lengte van de pijlerschacht op 35 m. Uit hydraulisch onderzoek bleek dat deze lengte eens zoveel dwarsbelasting naar zich toetrok, wanneer bij voorbeeld één voorste schuif zou weigeren. Ingewikkelde stempelconstructies tussen de pijlers zouden nodig zijn om dit op te vangen. Er werden dus andere oplossingen gezocht. Eén van de mogelijkheden was de schuifspooningen dichter bij elkaar te brengen. Dezelfde dorpelbalken zouden dan kunnen dienen als aanslag voor zowel de voorste als de achterste schuif. De pijlerschacht zou daardoor een lengte krijgen van



6



19 m. Achter het gesloten deel zou een portaal gemaakt worden om de wegen op te situeren. Een volgende ontwikkeling was dat de parallelweg boven de dorpelbalken zou komen. Dit hield wel in dat de montage van de eventuele tweede schuif ingewikkelder werd, maar het geheel werd goedkoper.

Door de pijlerschacht 22 m lang te maken en bovenaan een console aan te brengen was het mogelijk een kokerligger van 14,50 m breed aan te brengen zonder gebruik te maken van een dure portaalconstructie.

Ter plaatse van de tweede schuifspinning zou bovenop de pijlerschacht tussen de schuifspinning aan weerszijden een kolom voor een hoger gelegen tweede kokerligger met een breedte van 14,50 m geplaatst kunnen worden. Dit ontwerp werd favoriet. Temeer daar intussen bleek dat het vooralsnog niet in de bedoeling lag een autosnelweg over de kering te maken. De hooggelegen brugkoker zou in eerste instantie dus niet gebouwd worden.

Intussen vorderde het hydraulisch onderzoek naar de belastingen op de kering. Hieruit bleek dat een tweede schuif de veiligheid niet zou bevorderen. Een weigerende schuif aan de zeezijde en een gesloten tweede schuif zouden de langs- en dwarsbelasting zozeer vergroten, dat de standzekerheid van de pijlers in gevaar kwam. Bovendien bleek dat één weigerende schuif bij zoveel schuiven naast elkaar de waterstand op het Oosterscheldebekken niet sterk verhoogde. Besloten werd de tweede schuif achterwege te laten. De beide kokerliggers werden vervolgens tegen elkaar aangeschoven. Het bleek mogelijk nu al een paar eenvoudige voorzettingen te treffen waardoor een eventuele uitbreiding van de weg na het gereed komen van de kering gerealiseerd kon worden, door op het dak van de pijlervoet een brugpijler te plaatsen. Als laatste ontwikkeling kwam de samenvoeging van de twee kokerliggers tot één. De ruimte in de koker wordt gebruikt voor installaties ten behoeve van de bewegingswerken van de schuiven.

Dit houdt in dat deze koker er al moet zitten als de schuiven gemonteerd worden. In een later stadium worden de dorpelbalken aangebracht. Om de montage mogelijk te maken is verticaal transport van de bovenbalk noodzakelijk. De toegankelijkheid blijft gehandhaafd doordat de overstekken van de kokerligger pas achteraf worden aangebracht.

De hoogteligging van de kokerliggers gaat uit van de eis dat de kokers vrij moeten blijven van overslaand water. Aanvankelijk werd er op gerekend dat hierdoor een vrije ruimte tot N.A.P. + 14 m nodig was, en dus een rijkeshoogte van N.A.P. + 18 m. Uit nader onderzoek en nadere

vaststelling van de maatgevende golven bleek een vrije ruimte tot N.A.P. + 8 m voldoende te zijn. Het wegdek komt dan op N.A.P. + 12 m te liggen. Voor de geleiding van de schuiven bleek het noodzakelijk de schuifspinning door te zetten tot N.A.P. + 9,25 m. De bovenste dorpelbalk wordt opgelegd in een sparing in de pijlerschacht, zodat de onderkant van de pijlerschacht op N.A.P. + 0,50 m komt te liggen. Om de schuiven in de spiningen te tillen is een hijsjuk nodig. Hiertoe zullen de pijlers later met geprefabriceerde betonnen hamerstukken worden verlengd tot max. N.A.P. + 19,25 m. Op de hamerstukken wordt vervolgens een stalen draagconstructie geplaatst. De vormgeving van de onderdelen is nog niet definitief vastgelegd. De dwarsdoorsnede van de pijlerschacht wordt bepaald door constructieve eisen en een aantal gebruikseisen. De diepte van de schuifspinning vereist ter plaatse van de spiningen een breedte van 5,50 m. De toegankelijkheid van de pijlervoet vereist twee schachten in de pijler, waarvoor een breedte van 3,50 m nodig is. De dorpelbalkspinningen, voor zover die doorlopen in de pijlerschacht, vragen een verlopende breedte van de pijlerschacht. Om constructieve redenen is deze breedte ook achterwaarts doorgezet, en is voor de dieper gelegen pijlers een hoekverzwaring toegepast bij de ontmoeting van pijlerschacht en pijlervoet. De randpijlers die grenzen aan de landhoofdconstructie, hebben een afwijkende vorm. Spinningen zijn aan de landzijde niet nodig. De aansluiting op de dam maakt het nodig op het dak van de pijlervoet keerwanden te plaatsen. In verband met de activiteiten van het hofschip kan een deel van deze keerwanden pas na het plaatsen van de pijlers aangebracht worden.

Nadat de pijlers zijn geplaatst is volledige vulning nodig tussen de onderkant van de voetplaat en het funderingsbed. Ter voorkoming van onderloopseid en ongelijkmatige zettingen mag deze vulling per se niet uitspoelen. Het is mogelijk dat zich na de laatste opschoonoperatie op het funderingsbed toch nog een laagje zand afzet, 0 tot 10 cm dik. Dit laagje moet maar blijven liggen, al heeft het een ongunstig effect op de aansluiting tussen de pijler en het bed. Aanvankelijk dacht men dit probleem te ondervangen door de voetplaat rondom te voorzien van stalen damwandprofielen, zogenaamde skirts, met een lengte van 1 m. Tijdens het plaatsen zou het hofschip te zamen met het pijlergewicht de skirts in het funderingsbed persen. Verwacht werd dat de benodigde penetratiekracht per m² voor 80 cm indrukking 40 tot 60 ton zou bedragen. Gelet op de ongelijkheid van het funderingsbed zal er echter een verschil optreden in de penetratiekrachten rondom de pijlervoet. Om

de pijler horizontaal te stellen zou het hefschip dan ook corrigerende krachten moeten kunnen uitoefenen. Dat zou enige kostbare eisen toevoegen aan de ontwerpeisen voor het hefschip. Nadere beschouwingen brachten aan het licht dat de skirts in de eindfase niet sterk genoeg gedimensioneerd konden worden om de horizontale belastingen te weerstaan. Bovendien bleek de kans vrij groot dat de skirts voortijdig zouden wegroesten. Van de toepassing van skirts is dan ook afgezien.

In plaats hiervan worden grindworsten rondom de pijlervoet gelegd. Uit proefnemingen bleek echter dat bij toepassing van grindworsten op een zandlaagje op een waterdoorlatende bovenlaag van het funderingsbed uitspoeling optreedt. Dit gevaar is nu ondervangen door het funderingsbed onder de grindworst waterdicht en de grindworst zelf waterdoorlatend te maken. De waterstroom verdwijnt dan in de grindworst, waarin filtermateriaal aangebracht is.

De plaatsingsmethode bepaalde voor een belangrijk deel de dimensionering van de pijlers. Lange tijd werd uitgegaan van een hefschip op poten, dat de pijler voldoende nauwkeurig vlak boven het funderingsbed zou stellen. Onder de vier hoeken van de pijler zou dan in grote nylon zakken onder hoge druk – 5 atmosfeer – een mengsel van cement, zand en water geperst worden. Er wordt dan een draagkrachtig zandskelet gevormd, dat de pijler onmiddellijk voldoende stabiel maakt voor de stormen die in de bouwfase kunnen worden verwacht. Door latere ontwikkelingen kwamen de stelpoten van het hefschip te vervallen. Bij de huidige vormgeving, met verstevigingsribben onder de pijlervoet, kan de pijler rechtstreeks op het funderingsbed geplaatst worden.

Na het plaatsen van de pijler met ribben op het funderingsbed is de pijler, gevuld met water, voldoende stabiel voor de belastingen die in de bouwfase kunnen optreden.

Na het aanbrengen van de drempel en de verkeerskoker wordt de pijlervoet leeggepompt. In de pijlervoet worden groutpompen opgesteld om de ruimte tussen funderingsbed en pijler te vullen met cement, zand en water. De onderkant van de pijlervoet is gecompartmenteerd en geprofileerd. De profilering bestaat uit ribbetjes van $5 \times 5 \text{ cm}^2$; ze wordt gevormd uit als verloren bekisting gevouwen staalplaat. Een onverhoopte sliblaag op het zand-cementmengsel kan dan opgenomen worden in de profilering. Als samenstelling voor de navulling is een mengsel gekozen van 250 à 300 kg cement, zand, water en een hulpstof.

De inrichting van de bouwput 'Schaar'

In 1977 werd de bouwput Schaar gekozen als plaats waar de pijlers voor de stormvloedkering in de Oosterschelde zouden worden vervaardigd. Op het gebied van planning, arbeidsvoorziening en financiën bleek het al bestaande bouwdok Schaar – vroeger aangelegd om er caissons in te maken voor de stormvloedkering in zijn eerste opzet – relatief gunstig naar voren te komen in vergelijking met de alternatieve mogelijkheden: de toekomstige bekkens van het Philipssluisencomplex, de Roompoten de Roggenplaat. Naar het bouwdok Schaar werd inmiddels een vaste brugverbinding gemaakt, vanaf het eiland Schouwen.

Het bouwdok zelf had, toen het werd bestemd voor de pijlerbouw, een niet gesloten ringdijk met daarbinnen een nat oppervlak van ongeveer 1000 bij 650 m. Men wilde de pijlers evenwel in den droge bouwen, daarna de bouwput onder water zetten en de dijk weer doorbaggeren, om het hefschip toegang te geven. Dit laatste gegeven bepaalde de bodemligging van het dok. Tijdens het transport wordt een diepte aangehouden van 12 m, met een meter speling. Om tijdens de manoeuvres in het bouwdok niet gebonden te zijn aan het getijverloop, werd uitgegaan van de laagwaterstand, N.A.P. – 2 m. Al met al moest de bodem van het bouwdok dus komen te liggen op N.A.P. – 15 m. Deze diepte werd met cutterzuigers gerealiseerd; alleen de gronddepots voor de delingsdammen werden met rust gelaten. Vervolgens werd de ringdijk gesloten. Uit een oogpunt van planning bleek het noodzakelijk het bouwdok verder in te delen in compartimenten die afzonderlijk konden worden geïnundeerd. De wijze waarop de onderverdeling moest worden uitgevoerd, hing af van het uitgangspunt dat men hanteerde. In elk geval

bleek een verdeling in drie of vier compartimenten het meest nuttig.

Het aantal pijlers dat gemaakt moest worden, zou volgens de plannen van voorjaar 1977 81 bedragen. Inmiddels is dit getal teruggebracht tot 66 stuks. De onderlinge afstand van de pijlers is in de nieuwe plannen groter, en het staat nu ook vast dat er geen landhoofdpijlers zullen worden gemaakt. Bovendien zijn er bij verdergaande studie sluitgatvernauwingen mogelijk gebleken.

De bouw van de pijlers moest beginnen op 1 maart 1979; voor de bouw van de eerste pijler was berekend dat die 280 werkbare dagen in beslag zou nemen. Vervolgens zou gelijkmatig, maar wegens de routine toenemend snel, worden voortgegaan met de bouw van de andere pijlers, ermee rekenend dat de eerste pijler moest worden geplaatst op 1 augustus 1981. Met 30 plaatsingen per jaar zou de operatie op 1 januari 1984 kunnen zijn voltooid. Het opruimen, inunderen en doorbaggeren van een bouwdokcompartiment zou drie maanden werk vergen. Met deze uitgangspunten in gedachten is een indeling voorgesteld in 4 compartimenten, met 13 pijlers in compartiment I, 23 in compartiment II, 18 in III en 12 in IV. Met een bronbemaling werd het bouwdok drooggemaakt. Het was toen augustus 1978. In de droge bouwput werd een begin gemaakt met de aanleg van de delingsdijken.

In januari 1979 werd uit een optimaliseringsstudie bekend dat er gerekend kon worden op niet dertig, maar veertig pijlerplaatsingen per jaar; de plaatsingen zouden dan ook niet aanvangen op 1 augustus 1981, maar op 1 maart 1982. Als gevolg daarvan kon de indeling van de compartimenten worden herzien. In drie compartimenten zou de bouw zich kunnen voltrekken, met



Boven: Overzicht van de werkzaamheden in de bouwput, 12 maart 1979

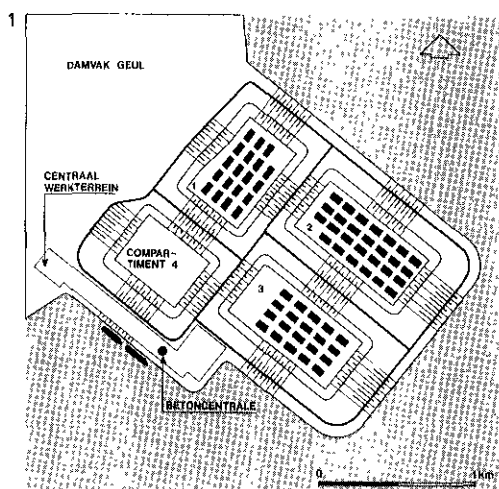
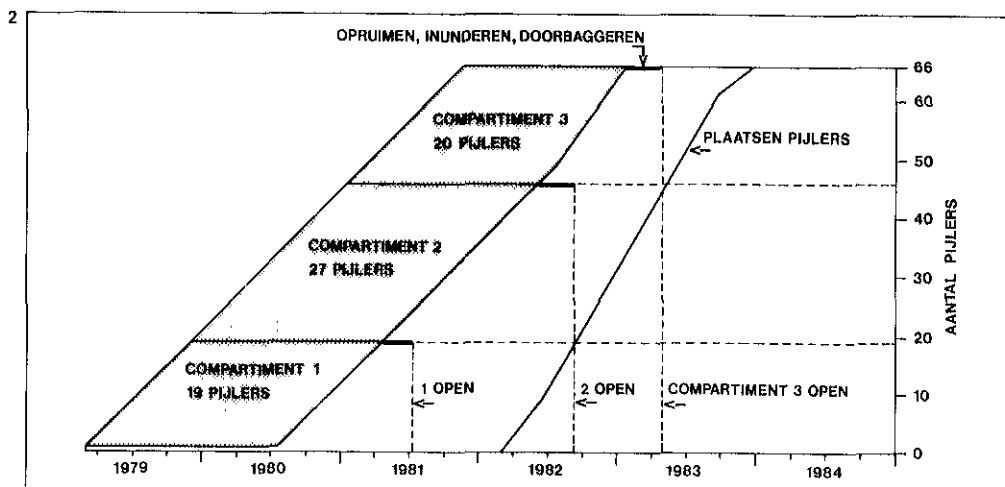
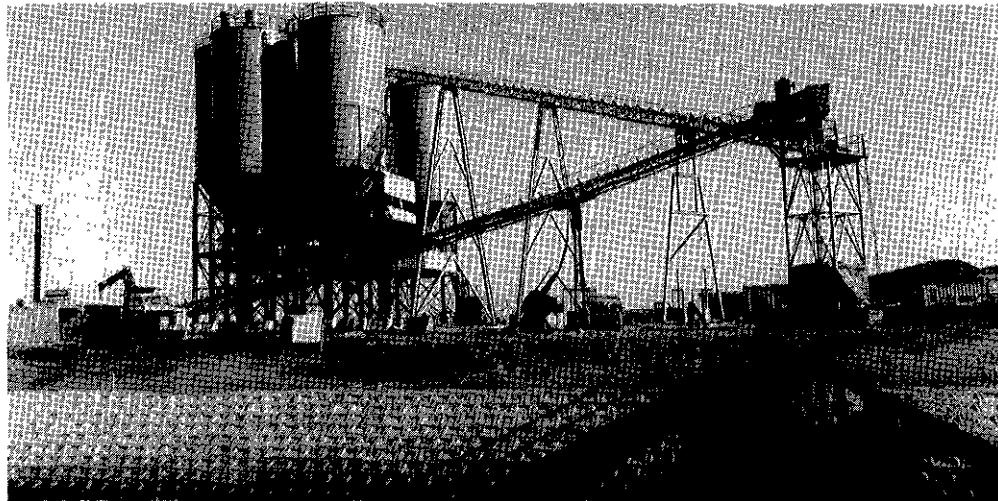


Fig 1. Indeling van de bouwput

Fig. 2. Tijdplanning van de pijlerbouw





19 pijlers in compartiment I, 27 in II en 20 in III. Het bleek niet noodzakelijk de delingsdammen in de bouwput te verleggen, aangezien een nadere beschouwing had uitgewezen dat de benodigde ruimte per pijler wel wat kleiner kon. Het vierde compartiment kon aldus worden gebruikt voor de productie van dorpelbalken.

Voor de pijlerbouw zijn ook nog algemene werkerterreinen en voorzieningen nodig. Daartoe is de zuidelijke ringdijk verbreed tot 70 m. Op dit werkerterrein domineert de betoncentrale met zijn zes cementsilo's van elk 500 ton inhoud. De centrale zelf bestaat uit twee dwangmengers van 3 m³, waarmee geheel automatisch beton kan worden bereid. De ingrediënten worden betrokken uit drie voorraadbunkers voor grind, zand en fijn zand, respectievelijk met een capaciteit van 250, 200 en 50 ton. De aanvoer geschiedt per schip. Om onafhankelijk te blijven van eventuele stremmingen in de aanvoer wordt een buffervoorraad aangelegd van 24 000 ton grond en 14 000 ton zand. Deze voorraad wordt overgeslagen door twee overslagkranen, die ieder een capaciteit hebben van 175 ton per uur. Deze kranen staan langs een loswal op een 200 m lange kraanbaan.

Onder de buffervoorraad is een koker aangebracht met tappunten, waarlangs een transportband loopt die de distributie verzorgt. Er is ook een buffervoorraad water nodig, aangezien de leiding vanaf Schouwen, die loopt via de hulpbrug, een beperkte capaciteit heeft. De water-voorraad bedraagt 1 500 m³; hij is opgeslagen in een ruim 100 m lang overdekt bassin. De betoncentrale zal naar verwachting in 1979 45 000 m³ produceren, in 1980 en 1981 180 000 m³ en in 1982 nog 70 000 m³.

Op het centrale werkerterrein zijn voorts werk- en timmerloodsen en magazijnen gebouwd en

De betoncentrale

loodsen voor de opslag van voorspanstaal en het samenstellen van voorspankabels. Ook is er een terrein waar wapenings- en constructiestaal kan worden opgeslagen.

De pijlerbouw in de compartimenten verloopt in vier bouwstromen. Per bouwplaats is één hijs-gerei nodig, dat incidenteel kan worden ondersteund door een mobiele kraan. Voor een tweede vaste kraan zou niet voldoende ruimte beschikbaar zijn; door onderlinge hinder zou de produktiviteit worden verlaagd. Er zijn verschillende kraantypen overwogen, zoals brug- en torenkranen. Brugkranen kunnen alleen economisch worden ingezet tijdens de eerste fasen van de pijlerbouw. Vervolgens zou alsnog gebruik moeten worden gemaakt van torenkranen. Daarom is gekozen voor één vrijwel stationaire torenkraan per bouwplaats. Om bij top-productie toch steun te kunnen verlenen aan een naastliggende bouwplaats, is enige mobiliteit van de kraan gewenst. Derhalve zijn er kraanbanen aangelegd. In de compartimenten is ook ruimte gereserveerd voor wegen ten behoeve van het transport van bouwmaterialen en materieel; ook is er ruimte vrijgehouden voor de opslag van geprefabriceerde wapeningsnetten en van bekisting. Parkterreinen en keten voor het personeel zijn uit veiligheids-overwegingen buiten het bereik van de kranen geprojecteerd. De bouw van de eerste pijler heeft inmiddels een aanvang genomen.

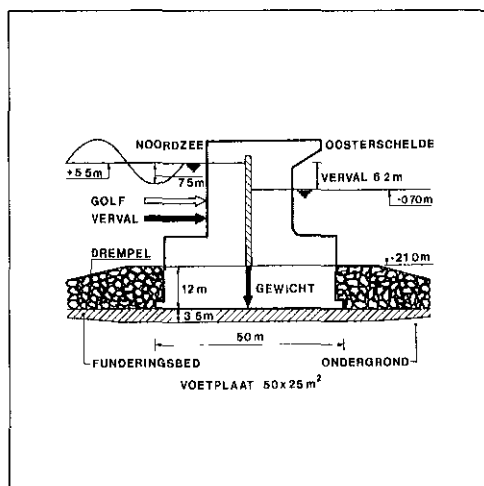
Modelproeven van de pijlerconstructie op schaal 1:10 te Kats

In het totale tijdschema van het ontwerp en de uitvoering van de stormvloedkering was de bepaling van deformaties en drukken van en op de pijler het meest dringend, aangezien in het voorjaar van 1979 reeds met de bouw van de eerste pijlers in het bouwdok moest worden begonnen. Rekening houdend met de tijd die nodig zou zijn voor het bestekklare maken van de pijlerconstructie, moesten medio 1978 alle vereiste gegevens voor de dimensionering van de pijlers bekend zijn. Dat de verplaatsingen en rotaties, die een pijler over een periode van ten minste 200 jaar kan ondergaan onder invloed van stormen en hoge waterstanden, zo nauwkeurig mogelijk vastgesteld dienden te worden, is verklaarbaar. Immers in de sponningen van de pijlers dienen al die tijd de schuiven te passen; de pijlers mogen dus niet te veel uit het lood komen te staan. Dat is natuurlijk eveneens van belang voor de brugconstructie bovenop de pijlers. Lange tijd bleef men verschillende uitkomsten krijgen uit berekeningen en uit praktijkproeven, hetgeen voornamelijk te wijten was aan de onzekerheid over de rekengrootheden van de ondergrond die men vond op basis van laboratoriumproeven. Om aan die onzekerheid een eind te maken werd besloten één of twee modelproeven op zo groot mogelijke schaal uit te voeren, aangezien die de meest betrouwbare gegevens zouden kunnen verschaffen. De uitvoering kon geschieden op het werkteerrein van de aannemerscombinatie te Kats, waar reeds eerder modelproeven waren gedaan. Bij de uit te voeren proeven zou niet alleen op deformaties gelet worden, ook zou er gekeken worden naar de reactie van de ondergrond wanneer het model cyclisch belast werd, zoals in werkelijkheid gebeurt wanneer golven op de gesloten kering beuken.

Medio 1977 werd besloten de pijlers van de stormvloedkering te ontwerpen als monoliet. Evenals bij het vorig ontwerp, dat van pijlers op een puttenfundering, ontleent deze constructie zijn standzekerheid zowel aan de schuifweerstand aan de onderzijde, de voetplaat, als aan de zijdelingse drempelsteun.

In Bericht 83 (februari 1978) is de ontwikkeling van de fundering van de stormvloedkering in grote lijnen geschetst. In verband met het functioneren van de schuiven is de pijlerconstructie met name gevoelig voor onderlinge bewegingen tussen twee naburige pijlers.

De belasting op de pijlers bestaat enerzijds uit een statische kracht, die het gevolg is van het verschil in waterstand tussen de Noordzee en de Oosterschelde. Anderzijds bezit de belasting een wisselend karakter, veroorzaakt door de cyclische golfkrachten. Juist dit niet-stationaire karakter van een deel van de belasting maakt het moeilijk om een voorspelling te doen omtrent de grondmechanische vervormingen die de ondergrond en de drempel zullen ondergaan als gevolg van de belastingoverdracht van de pijler naar de ondergrond. Deze vervormingen bepalen de uiteindelijke bewegingen van de pijlerconstructie, die wij 'deformaties' noemen. Grond kan de belasting opnemen door een aanpassing van de drukken tussen de korrels onderling en de druk in het water rond de korrels. De verhouding waarin de totale drukverandering wordt opgenomen door respectievelijk de korrels en het water is afhankelijk van een aantal factoren. Met name de snelheid van belasting in relatie tot de afstromingsnelheid van het water in de grond speelt een grote rol. Deze drainage hangt af van de doorlatendheid en de stijfheid van de grond. De verhouding van de drukken dient bekend te zijn omdat juist verandering van



de korrelspanningen de vervormingen van het korrelskelet, en dus van de ondergrond bepaald. Het zal duidelijk zijn dat bij cyclische golfbelasting het tijdsafhankelijke karakter van het grondgedrag essentieel is. In eerste instantie is getracht de pijlerdeformaties te voorspellen aan de hand van zowel eenvoudige als gecompliceerde berekeningen. De gebruikte rekenmodellen vereisen echter een sterke schematisering van de werkelijkheid. De waterspanningen zijn niet alleen van belang voor het deformatiegedrag van de pijler, maar ze bepalen ook de filterafmetingen die nodig zijn om zanduitspoeling te voorkomen.

Het funderingsbed van de pijler is opgebouwd uit een aantal lagen van grofkorrelige materialen met verschillende stijfheden en doorlatendheden. Als gevolg hiervan kunnen tussen twee aangrenzende lagen grote verschillen in

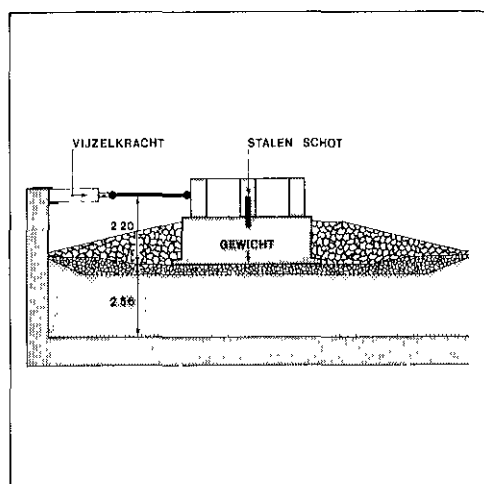


Fig. 1 Principeschema van de belastingen op de pijlerconstructie.

Fig. 2. Schema van de proefopstelling te Kats

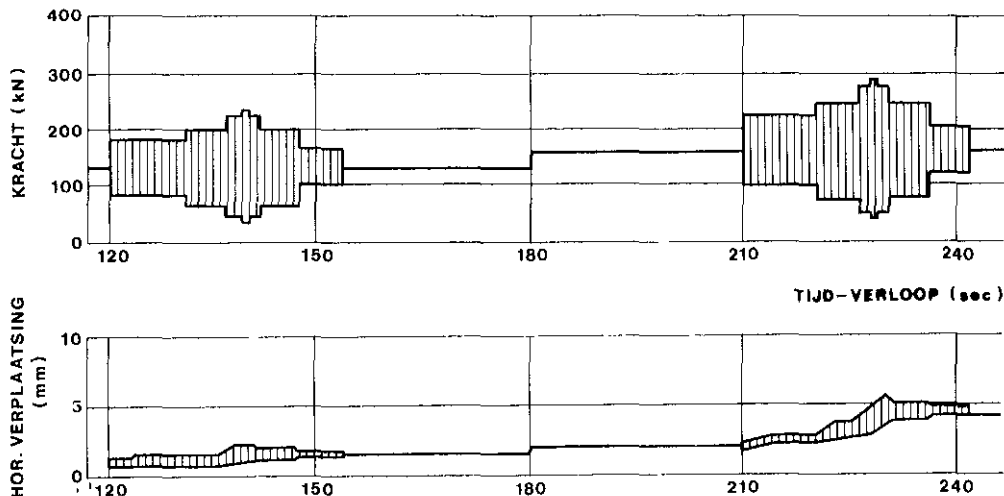


Fig. 3. Krachten en verplaatsingen tijdens twee stormsimulaties te Kats

de verhouding tussen korrel- en waterspanning ontstaan. Het verschil in waterspanning, dat ook cyclisch varieert, levert een verhang op, waardoor het water met een bepaalde snelheid gaat afstromen. Dit verhang dient bekend te zijn, omdat de korrelsamenstelling van de filterlagen hiertegen bestand moet zijn. Bovengenoemde overwegingen, die enerzijds de deformaties en anderzijds de verhangen betreffen, maakten het noodzakelijk meer betrouwbare informatie te verkrijgen aan de hand van grootschalige modelproeven, om het gedrag van de stormvloedkering beter te kunnen voorspellen.

Dit voorspellen gebeurt in de eerste plaats direct doordat men de schaalproefresultaten met behulp van schaalregels vertaalt naar de werkelijkheid. In de tweede plaats bieden de proefmodellen, mits voldoende geïnstrumenteerd, gelegenheid de gehanteerde rekenmodellen te toetsen en te verbeteren. Hiermee wordt indirect een betere voorspellingsmethodiek verkregen.

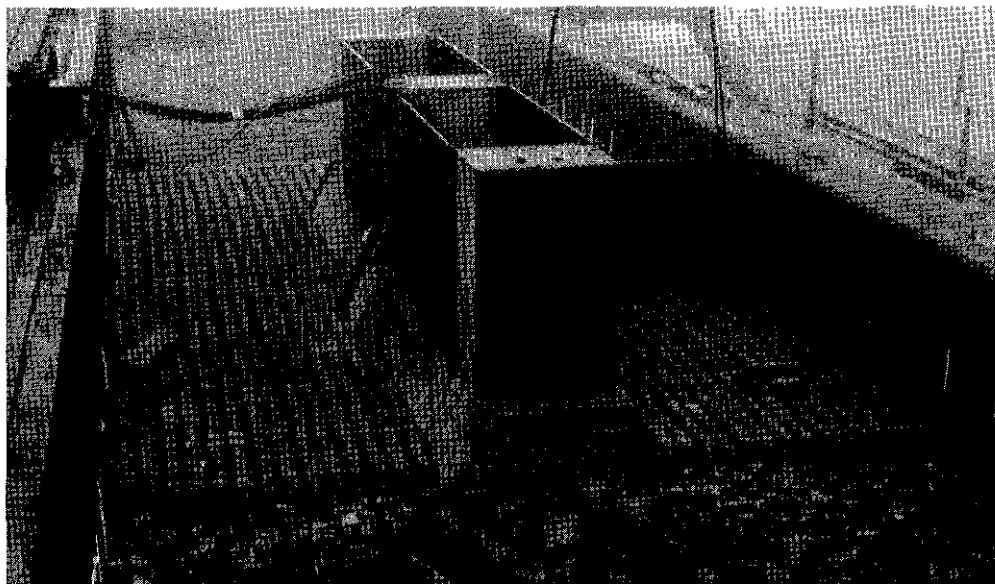
Om praktische redenen, die verband houden met beschikbare faciliteiten, mankracht, kosten en planning, is evenals bij de puttenfundering, gekozen voor een modelproef op schaal 1:10. Te Kats, Noord-Beveland, zijn hiertoe in een grote betonnen bak van 10 m breed, 25 m lang en 4,5 m hoog 1:10 – modellen van de pijler beproefd. Het ene was een pijlermodel met een voetplaat van $2,5 \times 6,0$ m – proef M1 – terwijl de ander een voetplaat had van $2,5 \times 5,0$ m – proef M2. De afmetingen van de bak waren voldoende groot om ongewenste beïnvloeding van de deformaties van het model te voorkomen. De ondergrond werd in de bak nagebootst door het storten van Oosterschelde-zand, dat vervolgens werd verdicht, gedeeltelijk met een trilplaat, gedeeltelijk met trilnaalden. De pleistocene en

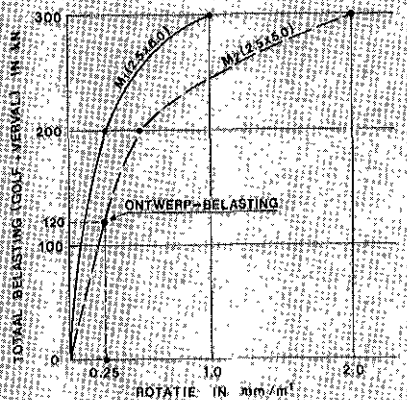
holocene dichtheid van het zand in de werkelijke Oosterschelde kon hiermee redelijk goed worden gereproduceerd. Speciale zorg is besteed aan de opbouw van het zandbed; getracht werd zo weinig mogelijk lucht tussen de korrels in te sluiten. De ingesloten luchthoeveelheid bepaalt namelijk mede de verhouding tussen water- en korrelspanningen in de ondergrond. Ook het grovere materiaal voor de drempel en het funderingsbed is op verkleinde schaal laagsgewijze in de proefopstelling aangebracht. De proef is zodanig uitgevoerd dat de invloed van de naast gelegen pijlers op het gedrag van de te onderzoeken pijler goed tot uitdrukking kwam. Hiertoe werden precies midden tussen twee pijlers twee verticale symmetriewanden geplaatst. Het schaalmodel werd belast door middel van een hydraulische vijzel, gestuurd door een vooraf geprogrammeerde functiegenerator, waar-

Fig. 4 De invloed van de oppervlakte van de pijlervoetbodem op de rotatie van de pijler

Fig. 5. Gemeten waterspanningen in de ondergrond van het model tijdens de simulatie van een supergolf

De opbouw van de proefopstelling te Kats. Het onderste deel van de pijler is al ingebouwd in de drempel



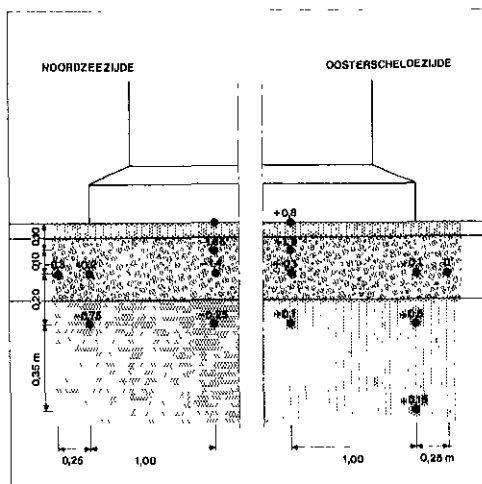


mee zowel statische als cyclische krachten konden worden uitgeoefend. De statische vervalkracht is gedeeltelijk gerealiseerd door in het model, dat was voorzien van twee stalen schotten, een waterstandsverschil aan te brengen, tien keer kleiner dan in werkelijkheid.

Om aan de schaalregels voor evenwicht en drainage te voldoen waren de cyclische krachten op het model 1000 maal kleiner, en 932 maal sneller dan in werkelijkheid. Het gewicht van het model is dienovereenkomstig ook 1000 maal verkleind. In het belastingschema werden de vervall- en golfbelastingen systematisch verhoogd tot ver boven de ontwerpbelasting.

Het model werd met het oog op de interpretatie ruim geïnstrumenteerd. Onder meer waren er 12 verplaatsingsopnemers in de ondergrond aangebracht, zowel inductieve als met laser werkende, alsmede 40 waterspanningsmeters. De hoge belastingfrequenties – van 3 tot 5 Hz – in de proef stelden hoge eisen aan de registratie-apparatuur. In totaal dienden 80 elektrische signalen synchroon op de band te worden vastgelegd. Enkele resultaten van de proeven zullen we nu in het kort presenteren. Fig. 4 geeft een vergelijking van de maximale rotaties, gemeten bij de top van de maximum golfkracht per belastingsstap. Duidelijk is te zien dat bij verlenging van de voetplaat kleinere rotaties optreden. Onder rotatie verstaan we dan de hoekverdraaiing uitgedrukt in een horizontale uitwijking per meter lengte van de verticale pijler.

Rekening houdend met de schaalregels en schaafeffecten, betekent dit dat er in werkelijkheid bij een horizontale golf- en vervallbelasting van 12 000 ton een maximum rotatie van bijna 2 mm/m¹ optreedt; dat is voor de hoogste pijler van 45 m een uitwijking van 9 cm op het niveau



van de brug in de richting dwars op de as van de kering. Hierbij dient opgeteld te worden de horizontale verplaatsing van de pijler in zijn geheel, ten gevolge van de vervorming van de grond onder de pijler. Volgens de resultaten van de twee modelproeven kan die verplaatsing maximaal 11 cm bedragen voor de zwaarst belaste pijlers van de kering. De verschillen in verplaatsing en rotatie tussen twee aangrenzende pijlers zijn vanzelfsprekend minder. De waterspanningen vertonen evenals de deformaties een systematische aanpassing aan de aan het model opgelegde belasting.

Fig. 5 geeft de gemeten waterspanning van proef M2 aan tijdens de top van de ontwerp-superpomp. De generatie van wateroverspanningen, dat is de toename van de gemiddelde waterspanning na een aantal cycli, bleek dank zij de verdichting van de ondergrond verwaarloosbaar. De maximaal gemeten cyclische verhangen kwamen niet boven de 1.

Samenvattend kan gesteld worden dat de proeven betrouwbare informatie hebben gegeven over de te verwachten deformaties van de pijlers: Een tweede belangrijk resultaat was de ontdekking dat de pijlerconstructie een beduidend grotere horizontale kracht kan opnemen dan verwacht werd. Dit betekent dat de standzekerheid van de kering groter is dan men meende. Daarnaast is op grond van de interpretatie van de proefresultaten het inzicht in de grootte van de waterspanningen en de verhangen onder de pijler aanzienlijk verdiept.

De stabiliteit van de pijlers van de stormvloedkering wordt voornamelijk bepaald door de grondmechanische eigenschappen van de ondergrond waarop ze zijn gefundeerd. Vooral de verschillen in deformatie per pijler en tussen twee pijlers spelen een maatgevende rol. De deformaties kunnen alleen binnen de gestelde grenzen blijven wanneer de bovenlaag van de ondergrond voldoende vast is. Losgepakt zand, klei en zandhoudende klei zijn onvoldoende draagkrachtig. In losgepakt zand kunnen ten gevolge van cyclische belastingen wateroverspanningen worden gegenereerd, die verweking van de zandgrond tot gevolg hebben. Dit kan leiden tot ontoelaatbare deformaties van de pijlers. De mate van wateroverspanningsgeneratie wordt voornamelijk bepaald door het poriëngehalte van de zandgrond. Is dit minder dan 40%, dan blijft ook de wateroverspanning zeer gering.

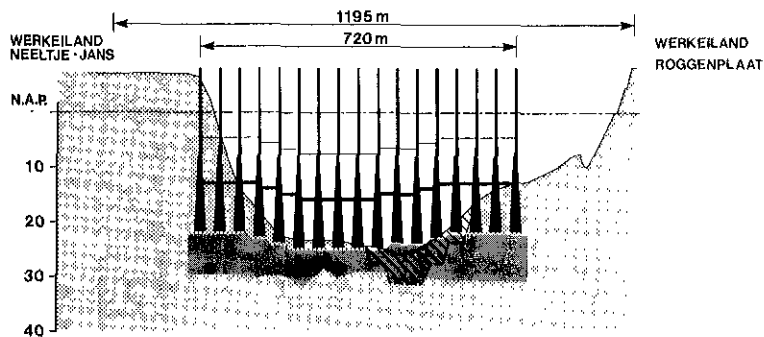
In hoeverre de wateroverspanningen kunnen afstromen, wordt bepaald door het slibgehalte van het zand; bij slecht doorlatend sterk slibhoudend zand kunnen de wateroverspanningen zeer moeilijk afstromen en is verwekingsgevaar aanwezig.

Bij klei en zandhoudende klei zal de grond ten gevolge van de belastingen grote samendrukking ondergaan, hetgeen grote deformaties van de pijlers tot gevolg heeft.

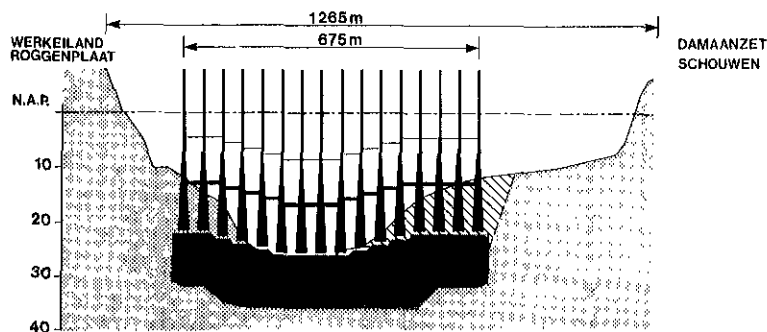
In de as van de stormvloedkering dient deze niet draagkrachtige grond te worden verbeterd. Bij zand kan dit bereikt worden door het te verdichten. Met behulp van de verdichtingsmethode met trilnaalden die in het vorige Bericht beschreven is, kan het poriëngehalte van zandgrond beneden de 40% worden gebracht, waardoor het verwekingsgevaar wordt geëlimineerd. Tevens neemt de vastheid van de zandgrond toe.

Het slibpercentage in het zand mag dan echter niet groter zijn dan 11 à 12%, daar verdichten anders vanwege de lange benodigde triltijden niet meer economisch verantwoord is. Zand met een slibpercentage van meer dan 15 à 20% is helemaal niet meer verdichtbaar. Ook klei en zandhoudende klei kunnen niet door trillen verdicht worden. Eén en ander houdt in dat het losgepakte zand met meer dan 12% slib, de klei en de zandhoudende klei ter plaatse moeten worden weggebaggerd en vervangen door schoon zand, en wel voor zover deze lagen zich bevinden binnen de invloedssfeer van de belastingen op de pijler en binnen het gebied waar wateroverspanningen kunnen optreden.

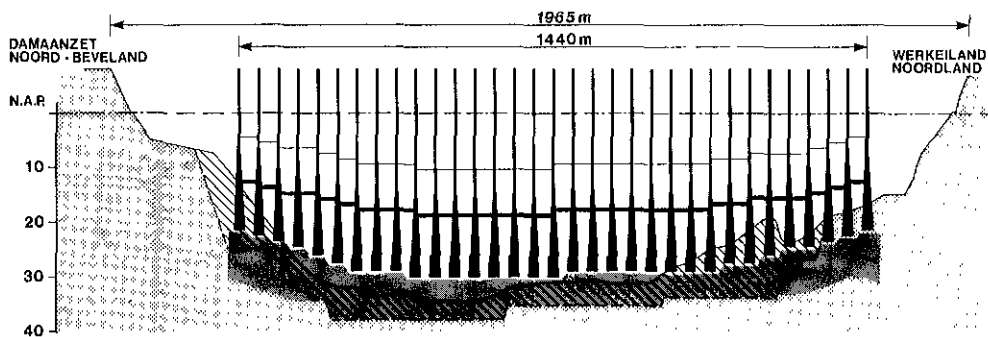
Bij de vaststelling van de afmetingen van de grondverbeteringen onder de pijlervoet maakt men in het algemeen onderscheid tussen grondverbeteringen tot 3,00 m beneden de pijlervoet en dieper reikende grondverbeteringen. De diepte tot welke deze laatste moeten worden uitgevoerd, is afhankelijk van de grootte van de belastingen die door de pijlervoet op de ondergrond worden overgebracht, en van de structuur en de samenstelling van de ondergrond. In de Roompot wordt de diepreikende grondverbetering over bijna de gehele lengte van het sluitgat aangebracht. Ter plaatse van de pijlers R6 t/m R14 moeten de sterk slibhoudende grondlagen die niet te verdichten zijn, worden verwijderd tot N.A.P. - 38 m. Over het gedeelte tussen de pijlers R14 en R28 komt een kleihoudende zandlaag tot zandhoudende kleilaag voor, verlopend van N.A.P. - 35,5 m tot N.A.P. - 34 m. Ook deze slechte laag moet worden verwijderd. Ter plaatse van de pijlers R1 en R2 komt een 0,5 tot 1,5 m dikke zandlaag voor, waarin veel dunne kleilaagjes en kleilenzen zitten. De bovenbegrenzing van deze laag verloopt



STROOMGEUL SCHAAR VAN ROGGENPLAAT



STROOMGEUL HAMMEN



STROOMGEUL ROOMPOT

Grondverbeteringen in het
tracé van de stormvloedkering
(gearceerd)

van N.A.P. - 22 m naar N.A.P. - 24 à 25 m. Ter plaatse van pijler R3 komt deze kleilaagjes-zandlagenstructuur praktisch niet meer voor. Aangezien de slechte laag vrijwel meteen onder de pijlervoet ligt, moet hij ter plaatse van de pijlers R1 t/m R2 in zijn geheel worden verwijderd.

In de Schaar van Roggenplaat wordt alleen ter plaatse van pijler S11 en S12 een diepreikende grondverbetering uitgevoerd, die zich uitstrekt tot maximaal N.A.P. - 31 m. Ter plaatse van deze pijlers komt namelijk een 1,5 tot 2,5 m dikke losgepakte zandlaag voor, waarin zich veel dunne kleilaagjes bevinden. De bovenbegrenzing van deze laag ligt op N.A.P. - 28 à 29 m, de onderbegrenzing op N.A.P. - 30 à 31 m. Deze laag zou, zo dicht onder de pijler, aanleiding geven tot wateroverspanningsgeneratie en relatief grote deformaties. De invloed van de belasting op de wateroverspanningsgeneratie wordt hier kritisch geacht tot een diepte van 8 m beneden de onderkant van de pijlervoet.

In de Hammen komt alleen ter plaatse van de pijlers H12 t/m H16 een tot 3 m dikke zandlaag voor, waarin zich veel dunne kleilagen en kleistukken bevinden. De bovenbegrenzing van deze laag ligt op N.A.P. - 22 à 23 m; de onderbegrenzing op N.A.P. - 24 à 25 m. Daar ook deze laag vrijwel onmiddellijk onder de onderkant van de pijler ligt, dient hij in zijn geheel te worden verwijderd.

In de overige gedeelten van de sluitgaten wordt een grondverbetering uitgevoerd tot 3 m beneden de pijlervoet. Ten behoeve van de bouw van de stormvloedkering dienden de zinkstukken die reeds voor de afsluitingswerkzaamheden in de as van het tracé gelegd waren, te worden verwijderd. Restanten in de vorm van be-

tonblokken kunnen nog op de bodem worden aangetroffen.

Om beschadigingen aan de constructie van het funderingsbed te voorkomen wordt het gewenst geacht de grondslag tot 1,50 m beneden het funderingsbed te verwijderen. Het funderingsbed krijgt volgens de huidige inzichten een dikte van 0,80 m.

De breedte op de bodem van het cunet is vrijwel op alle plaatsen gelijk aan de lengte van de pijlervoet: 50 m. De taludhellingen van de ingavingen, die dus evenwijdig liggen aan de stroomrichting, variëren van 1:5 tot 1:7.

De aanvullingen van de grondverbeteringen worden uitgevoerd met zand dat in de nabijheid van de werken zal kunnen worden gewonnen.

Specifieke grondmechanische eisen worden aan het aanvulzand niet gesteld, behalve dat het niet mag zijn verontreinigd.

Het aanvulzand moet op tamelijk grote diepte worden geklapt in geulen met flinke stroom-snelheden. Daarom kan het noodzakelijk blijken om matig-grof zand te gebruiken. In het midden van de stroomgeulen wordt de zandaanvulling tegen erosie beschermd door een afdeklaag van zeegrind.

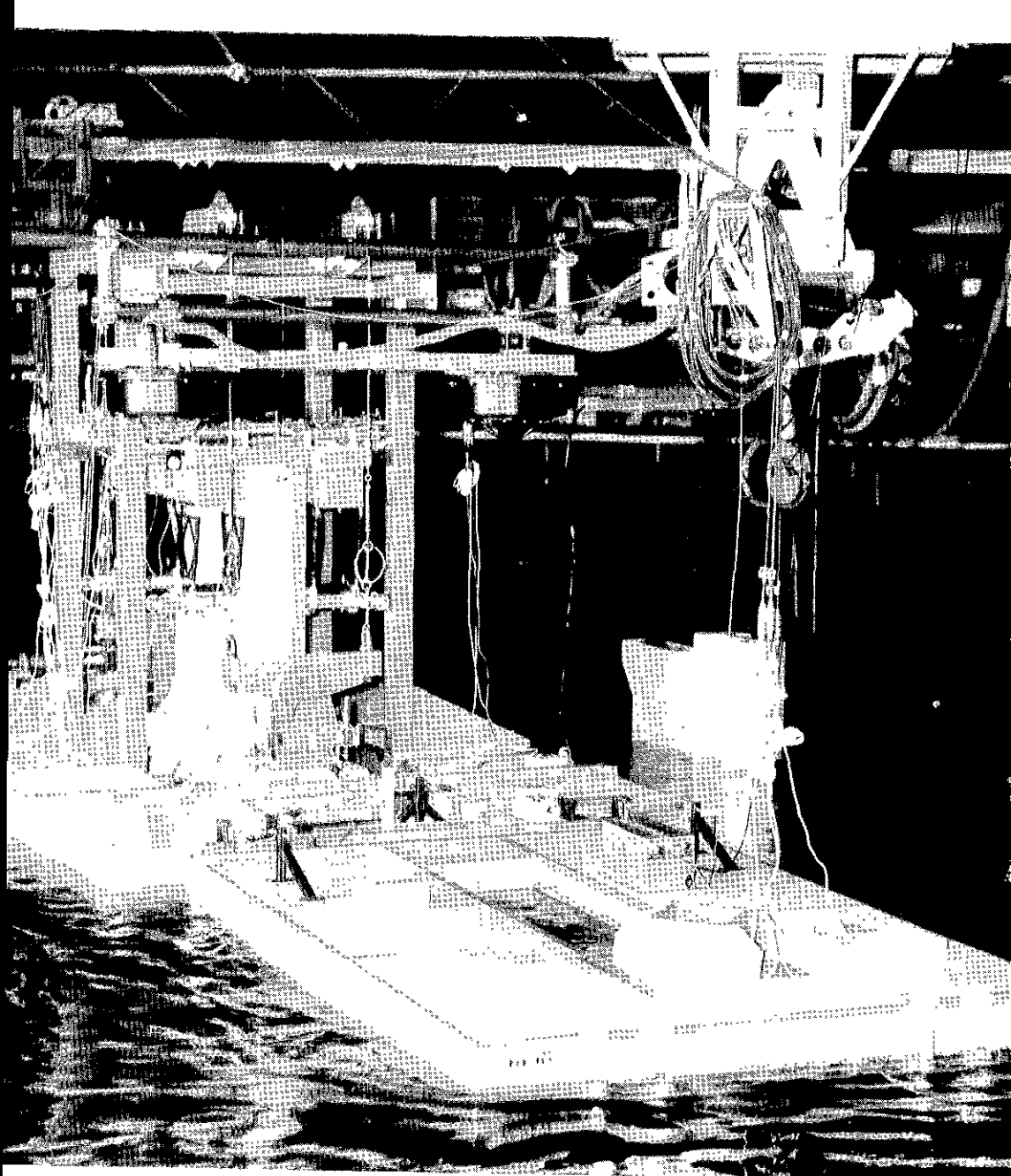
Het hefschip

Bij de voorstudie aangaande het transport en *het nauwkeurig plaatsen* van de pijlers van de stormvloedkering zijn twee principeel verschillende mogelijkheden onderzocht: een gescheiden en een geïntegreerd systeem. Bij het gescheiden systeem gebruikt men een hefeiland voor de plaatsing en een aparte *vaareenheid* voor het transport. Bij het geïntegreerde systeem moet één werktuig beide taken verrichten. Hierover is reeds gerapporteerd in Bericht 83 (februari 1978). Bij het uitwerken van het gescheiden systeem bleken er problemen op te treden bij de verbinding van de pijler met de *drijvers en bij het overbrengen van het gewicht van de pijler naar het hefeiland*. Ook leek het manoeuvreren tussen de poten van het hefeiland niet zonder aanzienlijk risico's te kunnen verlopen. Daarom ging de voorkeur uit naar een geïntegreerd systeem, waarbij zowel het vervoer van het bouwdok naar het sluitgat als het *op z'n plaats zetten door dezelfde materieeleenheid* uitgevoerd wordt. De grondvorm van het geïntegreerde systeem is een U-vormig ponton, voorzien van twee portalen.

Om de gewenste plaatsingsnauwkeurigheid te garanderen beschikte dit hefschip in het aanvankelijke ontwerp over vier zware poten. Het hefschip zou met een pijler in de beun aan komen varen en in het sluitgat worden afge-meerd aan acht ankerdraden. Nadat het schip met behulp van het ankersysteem in de goede positie was gemanoeuvreerd, zouden de poten aan de grond gezet worden en het gehele ponton uit het water getild. Langs de poten werd een opschoonframe neergelaten voor het zandvrij maken van het funderingsbed. Hierna zou de pijler vanaf het staande platform worden afgevierd. De voet van de pijler was daarbij ingeklemd in een frame, dat eveneens geleid werd

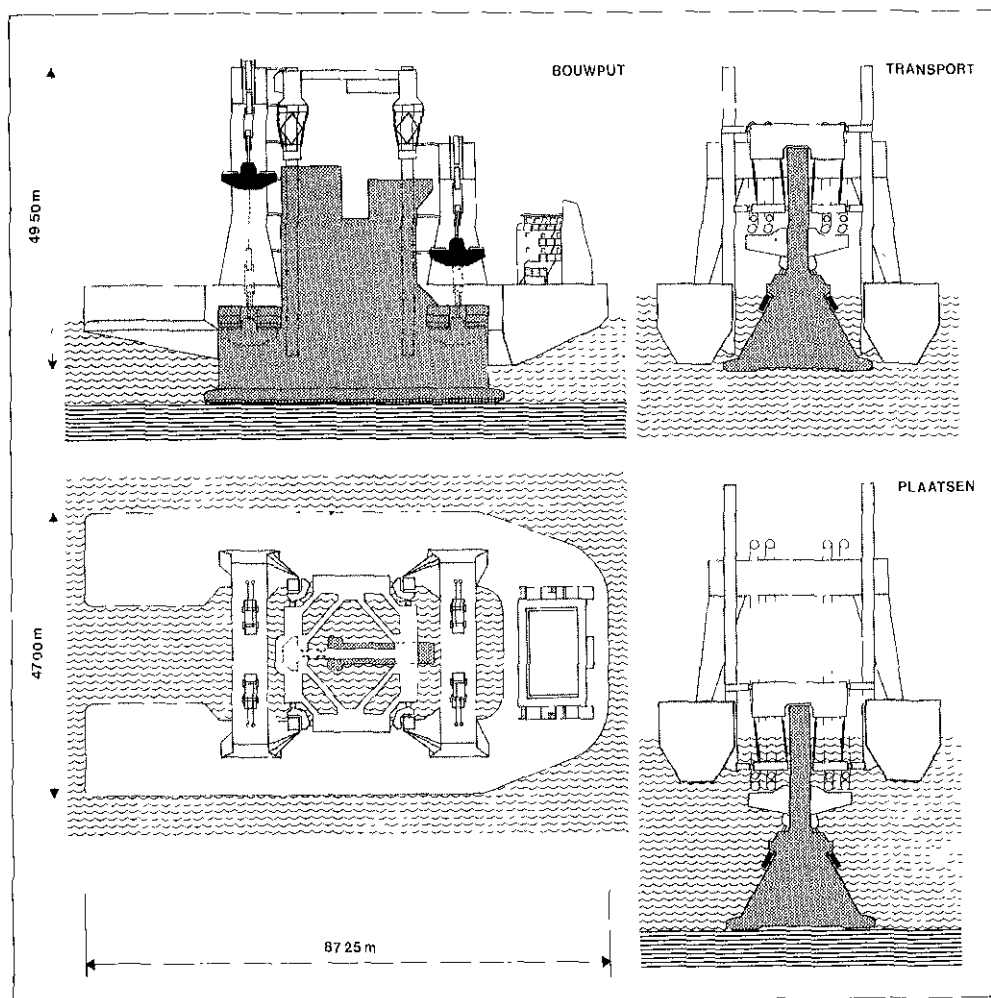
door de poten. Het geleideframe maakte het mogelijk kleine plaatsingscorrecties uit te voeren. Het was echter te voorzien dat de poten van het hefschip het funderingsbed zouden beschadigen en belasten, zodat het misvormingen zou vertonen en minder betrouwbaar zou worden, *terwijl de poten bovendien veelal op een talud zouden belanden, waardoor de stabiliteit van het platform ongunstig werd beïnvloed*.

Van hieruit kwam men tot de vraagstelling: Zou het hefschip de pijler ook kunnen plaatsen *zonder zelf met poten te steunen op de Oosterscheldebodem*? Als dat kon, verviel niet alleen een aantal lastige problemen, maar het hefschip zelf zou er ook eenvoudiger en goedkoper door worden. Als nadeel van dit drijvend plaatsen gold vooral de vermoedelijk minder grote nauwkeurigheid waarmee de pijler op z'n plaats gezet zou kunnen worden. Een drijvend ponton, ook al is het met 8 ankerdraden vastgelegd, beweegt onder invloed van stroom en golven meer dan een op de bodem staand platform. De afwijking ten opzichte van de theoretische plaats heeft verschillen tot gevolg in de onderlinge afstand tussen de pijlers. Na een studie van de toleranties bleek dat de lengte van de schuiven en dorpelbalken zonder al te grote moeilijkheden aangepast zou kunnen worden aan de opgetreden verschillen. Dit bleek minder te kosten dan de investering in de hefpoten en het bijbehorende *hefmechanisme*. Het aantal pijlerplaatsingen per jaar zou met het drijvend plaatsen iets kunnen toenemen. In juli 1978 is definitief besloten de pijlers met één materieeleenheid, het hefschip, te vervoeren en drijvend te plaatsen. In verband met de *kenteringsduur* werd bepaald dat het hefschip afgemeerd zou worden aan een *afmeerponton* die klaar zou liggen in het sluitgat.



Het funderingsbed is geruime tijd voor de plaatsing van de pijler gereed. In de wachtperiode zal aanzanding niet te vermijden zijn. Toch blijft het om redenen van stabiliteit en aansluiting tussen pijlervoet en funderingsbed een absolute eis, dat het funderingsbed vlak vóór het plaatsen van de pijler zandvrij is. Er is dus een opschooninrichting noodzakelijk. Nadat een aantal manieren van opschonen vooral op hun uitvoeringstechnische aspecten doorgelicht waren, is gekozen voor een variant waarbij de afmeerponton uitgerust wordt met een opschooninstallatie. Deze ponton wordt ongeveer 24 uur vóór het plaatsen van een pijler afgemeerd boven het funderingsbed op de plaats van die pijler en begint daar met het grof opschonen van deze plek. Vlak vóór het plaatsen van de pijler, wanneer het hefschip en de afmeer-opschoonponton aan elkaar gekoppeld zijn, vindt dan nog een laatste

Schematische voorstelling van het hefschip en zijn activiteiten



opschoonbehandeling plaats, zodat de pijler op een praktisch zandvrij bed neergezet kan worden. De opschooninrichting werkt vanuit een beun in het hart van de ponton; de mond van de zuiginstallatie beweegt op dezelfde manier over het funderingsbed als de ruitenwissers van een auto over de voorruit.

Na het vaststellen van de hoofdlijnen van het ontwerp van het hefschip en de afmeerponton, werd de aandacht gericht op de nadere detaillering van een aantal constructieve bijzonderheden.

Een zeer belangrijk onderdeel vormt het hijsstelsel, waarmee de pijler in de beun van het hefschip gehesen wordt. Het bestaat uit een aantal lieren met bijbehorende takels. Een evenaarconstructie onder het voor- en het achterportaal verbindt vier takels. Aan de evenaar is een speciaal ontworpen klauwconstructie opgehangen voor het oppakken van de pijler. Het hijsstelsel moet aan een aantal eisen voldoen. De pijler dient zodanig te worden opgepakt en vervoerd, dat overbelasting van de pijlerconstructie is uitgesloten. In het sluitgat moet de pijler ook in geval van storing aan één van de lieren neergezet kunnen worden. Tenslotte moet het mogelijk zijn een reeds geplaatste pijler opnieuw aan te koppelen en op te pakken.

Als de pijler in het bouwdok opgehesen wordt, neemt de diepgang van het hefschip toe van 6,5 m tot ongeveer 10 m. De voetplaat van de pijler steekt dan nog 1 m onder het schip uit. Het transport van deze diepstekende combinatie stelt dan ook bijzondere eisen op het gebied van sleepvermogen en manoeuvreereigenschappen.

Aanvankelijk werd gedacht aan een hefschip dat alleen door sleepboten verplaatst zou worden. De bestudering van de wijze waarop het hefschip in het bouwdok moet opereren gaf al aan, dat een zeker eigen voortstuwingsvermogen nodig is, vooral voor het manoeuvreren in de beperkte ruimte in het bouwdok. De hulp van sleepboten is daar vrijwel onmogelijk, terwijl manoeuvres uitsluitend op ankerdraden zeer tijdrovend zijn.

Een uitvoerig onderzoek wees uit dat bij ongeveer 8000 pk eigen voortstuwingsvermogen een optimum bereikt wordt. Het eigen manoeuvreervermogen, dat verdeeld zal worden over roerpropellers op de vier hoeken van het schip, levert eveneens een bijdrage aan de voortstuwingskracht tijdens het transport. Daarnaast kan worden volstaan met drie sleepboten, elk met een geïnstalleerd vermogen van 3500 pk. De werkbaarheid van het hefschip, dan wil zeggen de mogelijkheid die het heeft om het transport van de pijler ook werkelijk uit te voeren en de plaatsing voldoende nauwkeurig te verrichten,

is afhankelijk van de scheepsbewegingen die veroorzaakt worden door de omstandigheden van golf en stroom. Als grenzen voor de werkbaarheid van het hefschip tijdens de afmeerpprocedure is de toelaatbare significante golfhoogte gesteld op 0,75 m, terwijl de golfhoogte gedurende de plaatsingsprocedure bij perioden groter dan 5 sec niet meer mag bedragen dan 0,35 m. Een speciaal op dit werk gerichte meteorologische post geeft voorspellingen voor perioden van zes en twaalf uur met betrekking tot de te verwachten wind- en golfcondities. Het is desondanks niet uitgesloten dat het hefschip tijdens zijn aanwezigheid in het sluitgat verrast wordt door een plotseling opstekende storm. Om deze reden is een storm, waarbij een significante golfhoogte van 1,70 m optreedt, aangehouden als randvoorwaarde voor het ontwerp van het hefschip. Deze omstandigheden moet het schip kunnen verduren; het hoeft er niet bij te werken.

Tijdens het transport is de pijler zijdelings op dekhoogte ingeklemd tussen hydraulische transportbuffers. Deze buffers worden gelost vóór het afvieren van de pijler. Om in deze fase te voorkomen dat de pijler gaat slingeren is een geleideframe ontworpen, dat aan de pijler bevestigd wordt en dat wordt afgesteund tegen de portaalpoten.

Het speciale karakter van het hefschip en de vele constructieve onzekerheden vereisten een nader onderzoek met behulp van een schaalmodel. Daarin zou dan ook kunnen worden onderzocht hoe groot de plaatsingsnauwkeurigheid van het hefschip was. Dienaangaande beschikten men nog slechts over berekeningen.

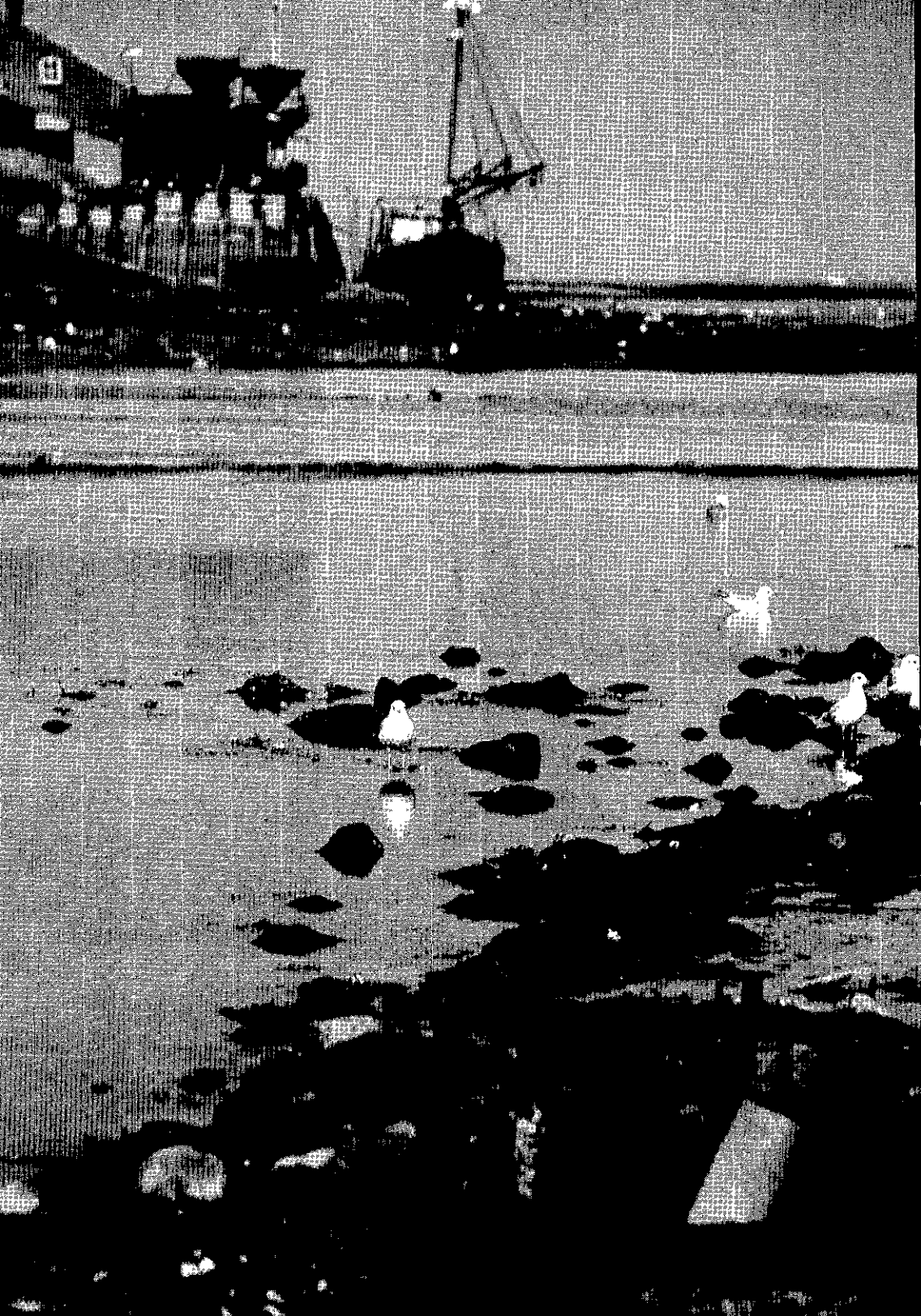
Bij de opzet van het onderzoeksprogramma is voortgebouwd op de resultaten van vorig onderzoek ten behoeve van het hefschip dat gebouwd zou worden voor de pijlers op putten. Het kon hierdoor beperkt blijven tot de toetsing van de aannamen die waren gedaan ten aanzien van het gedrag van de pijler, het hefschip en de afmeerponton als verankerd systeem in golven en stroom, met als specifieke punten de bewegingen van de pijler in de beun van het hefschip, de plaatsingsnauwkeurigheid met en zonder geleideframe, de krachten in de verbindingen tussen het hefschip en de ponton en de krachten in de ankerdraden.

Het onderzoek is in februari en maart van dit jaar verricht in het Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation te Wageningen.

De resultaten van de proeven stemden doorgaans goed overeen met de op grond van theoretische beschouwingen of berekeningen gemaakte veronderstellingen. De krachten in de koppeling tussen hefschip en afmeerponton bleken echter groter dan aanvankelijk voorzien

was. Aan de andere kant bleken de in het model gemeten nauwkeurigheden waarmee de pijler op het funderingsbed neergezet kan worden zelfs iets gunstiger dan voordien was aangenomen. Ondanks de scheepsbewegingen van het hefschip blijft de pijler in afgevierde toestand zeer rustig hangen in de hijstakels, wat deels aan zijn grote afmeting en massa kan worden toegeschreven. Opmerkelijk was voorts dat het geleideframe vrijwel geen invloed had op de resultaten van de plaatsingsnauwkeurigheid. Omgerekend van modelschaal naar ware grootte bedroegen de afwijkingen in het horizontale vlak op voetplaatniveau van de pijler niet meer dan 10 cm. In werkelijkheid moet nog wel rekening worden gehouden met onnauwkeurigheden die worden veroorzaakt door het ankersysteem, die eveneens geschat worden op 10 cm. De vereiste maattolerantie van 30 cm is dan ook in de praktijk zeker haalbaar. Blijkbaar kan het geleideframe voor steun tijdens het afvieren van de pijler vervallen, wat een aanzienlijke kostenbesparing betekent.

Het eindontwerp en het bestek komen in de tweede helft van dit jaar gereed, waarna de aanbesteding zal plaatsvinden, waarschijnlijk in de eerste maanden van het volgend jaar. Voor de bouw van het schip zal een periode van ongeveer 18 maanden nodig zijn.



De Oosterschelde achter de stormvloedkering

Met het besluit het Oosterscheldegebied met een stormvloedkering te beveiligen en het getij zoveel mogelijk te handhaven, werd de mogelijkheid geschapen de mossel- en oostercultuur en het waardevolle ecosysteem van dit gebied te behouden. Het behoud van het getij alleen is hiervoor echter niet voldoende. Het ecosysteem en de visserijfuncties stellen daarnaast tal van eisen aan het ruimtegebruik door andere functies en aan het beheer van het gebied. Beheersing van deze andere mogelijke ontwikkelingen in de Oosterschelde is van nagenoeg even fundamenteel belang voor de waarden van de Oosterschelde als de stormvloedkering zelf. Beheersing van de ontwikkeling in bestemming en gebruik is eens te meer noodzakelijk omdat omtrent de effecten van het gedempte getij op het ecosysteem en de visserij nog weinig gedetailleerde gegevens voorhanden zijn. Deze nadere gegevens zullen voor een deel pas beschikbaar kunnen komen in de praktijkwaarnemingen die na de ingebruikneming van de stormvloedkering zullen worden verricht. Zolang dit nog niet het geval is, moet grote omzichtigheid worden betracht voor wat betreft de invulling van het gebied met concurrerende functies en activiteiten. Vroegtijdig nadenken over de mogelijkheden voor bestemming, inrichting en beheer van het Oosterscheldegebied is derhalve noodzakelijk wil men de ontwikkelingen in het gebied steeds blijven beheersen, vooral wat betreft de verschillende recreatievormen. Studies inzake bestemming, inrichting en beheer zijn van doorslaggevend belang om de onzekerheden ten aanzien van de effecten van het gedempte getij te kunnen beheersen. De noodzaak tot het uitvoeren van studies over de toekomst van de Oosterschelde werd vrij snel door de betrokken overheden – rijk, provin-

cie, gemeenten en waterschap – onderkend, getuige de installatie in september 1977 van de Stuurgroep Oosterschelde door de minister van Verkeer en Waterstaat.

De taak van deze Stuurgroep, die onder voorzitterschap van de provincie Zeeland staat, kan als volgt worden samengevat: adviseren over de ontwikkelingsmogelijkheden van het gebied; in dat kader inrichtings- en beheersplannen opstellen, voorstellen formuleren over de mogelijkheden tot uitvoering van de voorgestelde inrichting van het beheer.

Voor de coördinatie van de studies die hiertoe noodzakelijk werden geacht stelde de Stuurgroep een Coördinatiegroep in onder voorzitterschap van de Deltadienst. Begin 1978 werd met de studies begonnen. Men streefde er naar, binnen een jaar het materiaal te presenteren waarop een voorlopig beleid kon worden gebaseerd. Het voordeel van een dergelijke snelle werkwijze is in elk geval dat het – voorlopig – beleid niet al op voorhand achter de feitelijke ontwikkelingen aanloopt; bovendien ziet men vrij snel welke hiaten de kennis aangaande het onderwerp nog vertoont, zodat tijdig de nog nodige onderzoeken kunnen worden geëntameerd. Bestuurders en maatschappelijke groeperingen worden op deze manier snel bij de discussie over de studieresultaten betrokken en daardoor verkeert de materie zo kort mogelijk in de exclusieve kring van de ambtelijke deskundigen. Met name gezien de maatschappelijke discussie die rond de Oosterschelde werd en wordt gevoerd is dat laatste van zeer groot belang. Een nadeel van de gevolgde werkwijze is zonder twijfel de beperking in diepgang en grondigheid die aan de eerste studies moet worden opgelegd, en de vele onzekerheden die daaruit voortvloeien. De ontwikkeling van de Oosterschelde kan niet

vrijblijvend worden bestudeerd als betrof het een stuk van de maan. Gezien de achtergrond van het regeringsbesluit tot bouw van de stormvloedkering moet vanuit een duidelijke hoofddoelstelling worden gewerkt. Deze hoofddoelstelling is als basis voor de te ondernemen studies door de Coördinatiegroep Oosterschelde als volgt geformuleerd: Het behoud en zo mogelijk de versterking van de aanwezige natuurlijke waarden, met inachtneming van de basisvoorwaarden voor een goed maatschappelijk functioneren van het gebied, waaronder met name de visserij wordt begrepen. De aanwezige natuurlijke waarden zijn met deze hoofddoelstelling duidelijk centraal gesteld. Het is evenwel niet rechtstreeks duidelijk welke elementen of factoren, behalve visserij, onder dat maatschappelijk functioneren moeten worden begrepen. Uit de inhoud van de maatschappelij-

ke discussie die rond de Oosterschelde is gevoerd, kan worden afgeleid dat een zeer belangrijk bestanddeel daarvan het functioneren is van de Oosterschelde als natuurgebied. Een onderdeel van het *maatschappelijk* functioneren van een natuurgebied is de mogelijkheid dat de mens dit gebied ook als zodanig ervaart. Multifunctionaliteit vergroot, indien dit niet ten koste gaat van de natuurwaarden, de maatschappelijke betekenis van zo'n gebied. Op basis daarvan kan worden gesteld dat, hoewel de natuur op de eerste plaats komt, recreatie ook een onderdeel vormt van het maatschappelijk functioneren van de Oosterschelde. Zo ontstaat een hiërarchie van functies in dit gebied, met op de eerste plaats natuur, op de tweede plaats visserij en op de volgende plaatsen recreatie en functies als scheepvaart en dergelijke meer. Na een inventarisatiefase is het onderzoek ge-



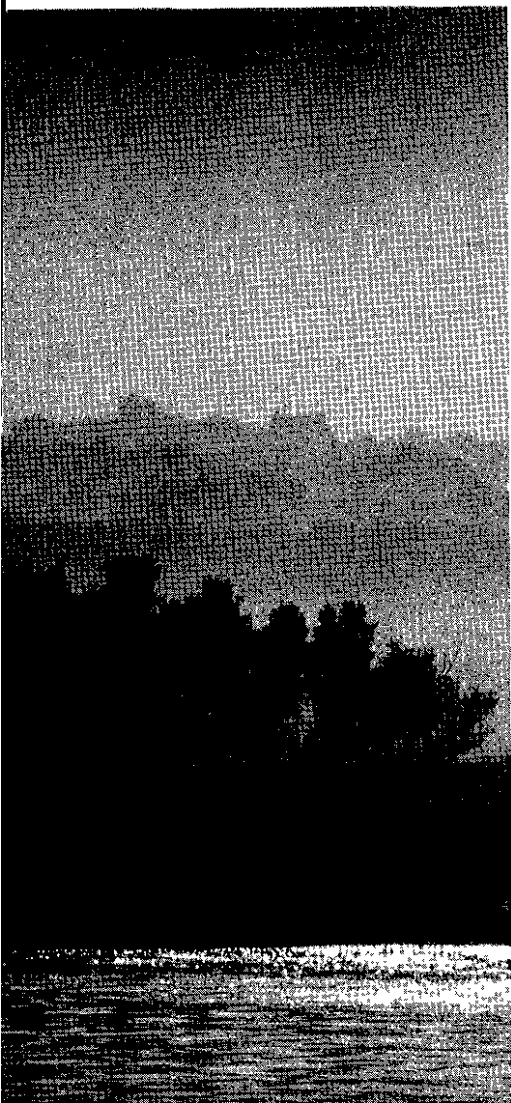
concentreerd rond de eerder genoemde drie hoofdfuncties. In de inventarisatiefase werd de huidige situatie van het Oosterscheldegebied met betrekking tot alle relevante functies beschreven. Tevens is getracht aan te geven hoe die situatie zou zijn na het gereedkomen van de stormvloedkering. Deze studie van de uitgangssituatie is van bijzonder belang, omdat in de eerder beschreven hoofddoelstelling het behoud van de aanwezige natuurlijke waarden een centrale rol speelt.

De inventarisatie is gevolgd door studies rond de ontwikkelings- of uitbouw mogelijkheden van de hoofdfuncties: natuur, visserij en recreatie. De eerste studieronde is afgesloten met het presenteren van een aantal alternatieven waarin de ontwikkelingsmogelijkheden zijn geïntegreerd. We zullen ze hieronder kort karakteriseren. Een volledige verslaglegging van de inventarisatie

en de studies tot nu toe vindt men in het rapport 'Inrichting Oosterschelde, deelrapport Inventarisatie 1976' in de rapporten 'Ontwikkeling natuurfuncties Oosterschelde', 'Ontwikkeling visserijfuncties Oosterschelde' en 'Ontwikkeling recreatiefuncties Oosterschelde' van februari 1979. De integratie-studie is weergegeven in het rapport 'Integratie natuur-, recreatie- en visserijfunctie in de Oosterschelde' van februari 1979. Een samenvatting van de studieresultaten is te vinden in het rapport 'Verkenningen inzake de ontwikkelingen in het Oosterscheldegebied' van januari 1979.

De inventarisatie heeft een grote hoeveelheid gegevens opgeleverd. Toch is er vooral uit naar voren gekomen welke hiaten de kennis omtrent de huidige kenmerken en hun samenhang nog vertoont. Eveneens is gebleken dat omtrent het functioneren van het Oosterscheldegebied na 1985 nog maar weinig gedetailleerde kennis voorhanden is. Zo is bijvoorbeeld niet bekend hoe het systeem van geulen en platen zich aan de nieuwe situatie zal aanpassen. Evenmin kan gedetailleerde kennis worden verkregen over de gevolgen die dat zou kunnen hebben voor het ecosysteem en de schelpdierpercelen. Het zijn deze onzekerheden die in de hele verdere studie naar bestemming en beheer van het gebied een centrale rol spelen.

In het rapport waarin de ontwikkelingsmogelijkheden voor de natuurfuncties worden behandeld, ligt het accent allereerst op het behoud van deze functies en op de conflicten met andere functies die dit behoud zouden kunnen bedreigen. Als bedreigende concurrerende functies worden met name bepaalde vormen van recreatie en bepaalde visserijactiviteiten genoemd. De onzekerheden die reeds in de inventarisatie een belangrijke rol speelden, komen hier opnieuw sterk naar voren. Er blijken goede moge-



Colijnsplaat op Noord-Beveland,
gezien vanaf de Oosterschelde

lijkheden aanwezig om de schepdierculturen volledig te handhaven. Het is evenwel niet zeker welke plaatsen daar na 1985 het meest geschikt voor zullen zijn. Voorts komt uit het visserijrapport naar voren dat mogelijkheden aanwezig zijn voor de vestiging van kweekbassins voor oesterbroed in de bouwdokken van het damvak Geul en voor de vestiging van een mosselverwaterplaats op de Prinsenplaat. In het recreatierapport worden tal van mogelijke recreatieprojecten aangegeven. Uit de opsomming blijkt dat voor verblijfsrecreatie, oeverrecreatie en watersport vele mogelijkheden aanwezig zijn. Onzekerheden spelen bij de recreatie-ontwikkelingsmogelijkheden een geringe rol.

Gezien de rol die de onzekerheden in de afzonderlijke studies spelen, moest met name bij de integratie van de studieresultaten van de afzonderlijke functies worden gewaakt voor een dusdanige opeenhoping van die onzekerheden, dat er voor het beleid niet te hanteren keuze-elementen ontstaan. Om dit probleem te ondervangen is bij de integratie de onzekerheid expliciet opgenomen als onderdeel van de verschillende beleidsalternatieven voor bestemming en beheer. Kiest de beheersvoerder voor een bepaald alternatief, dan kiest hij eveneens voor een bepaalde mate van onzekerheid, voor een bepaalde mate van risico. De mate van risico die wordt genomen hangt in de geconstrueerde alternatieven voornamelijk samen met de omvang en de plaats van de te realiseren recreatieprojecten. Op deze wijze konden toch zes alternatieven worden voorgelegd waaruit een keuze diende te worden gemaakt. De keuze viel uiteen in twee delen: allereerst moest gekozen worden voor een interimbeleid, dat tot aan de gereedkoming van een definitieve visie kan worden gevoerd, en vervolgens diende een keuze te worden gemaakt voor een bepaalde richting waarin de studies zouden moeten worden voortgezet. De stuurgroep Oosterschelde koos op 23 maart 1979 voor een interimbeleid waarin aan de watersportontwikkeling enig soelaas wordt geboden, terwijl het risico voor de natuur zo gering mogelijk blijft. Nagenoeg alle gebieden die daarvoor geschikt zijn, worden voor de schepdierculturen gereserveerd. De jachthavencapaciteit mag met maximaal 1500 nieuwe ligplaatsen worden uitgebreid, terwijl voorlopig geen projecten voor oeverrecreatie en verblijfsrecreatie worden gerealiseerd. Met de keuze van dit alternatief is voor de Oosterschelde de weg van de geleidelijke ontwikkeling ingeslagen. Deze beleidslijn wordt gekenmerkt door nauwkeurige fasering van ontwikkelingen die de natuurwaarden zouden kunnen aantasten. Op deze wijze wordt de mogelijkheid geschapen het beleid

effectief bij te sturen op het moment dat er nog geen onherroepelijke ontwikkelingen hebben plaatsgevonden. De onzekerheden, die een centrale rol vervullen in het Oosterscheldeproject, worden op deze wijze in het planningsproces ingekapseld.

Verdere studies vinden op dit moment plaats rond een beleidsalternatief dat naast de 1500 ligplaatsen enige ontwikkeling van verblijfsrecreatie en enige ontwikkeling op het gebied van de dag- en oeverrecreatie mogelijk maakt. De overtuiging van velen is dat dit alternatief de grens van het toelaatbare voor de Oosterschelde al overschrijdt of in elk geval zeer dicht nadert. De studies zullen hierover nader uitsluitsel moeten geven.

De toekomst van de Oosterschelde zal dus worden bepaald door de natuurlijke waarden van het gebied en de visserijfuncties. Andere functies zijn daaraan ondergeschikt, maar ze zullen er niettemin in worden ingepast. De wijze waarop en het tempo waarin dat gebeurt en de manier waarop met de onzekerheden over de effecten van het gedempt getij wordt omgesprongen, zijn voor de toekomst bepalend. Het omgaan met het Oosterscheldebekken achter de stormvloedkering is daarmee van even groot belang voor het karakter van het gebied als de bouw van de stormvloedkering zelf.

In het voorjaar van 1980 zal de stuurgroep Oosterschelde haar nieuwe beleidsvoornemens middels een inspraakronde voorleggen aan de maatschappelijke groeperingen, teneinde het beleid te kunnen funderen op een zo breed mogelijk draagvlak.

Door de compartimenteringsdammen wordt het oostelijk deel van de Oosterschelde, waaronder het Markiezaat van Bergen op Zoom en het Volkerak, afgescheiden van het getijdegebied. Deze afgescheiden gebieden vormen samen met een gedeelte van de Schelde-Rijnverbinding het Zoommeer. Teneinde het waterpeil en de waterkwaliteit van het Zoommeer te beheersen, zijn voorzieningen noodzakelijk om zoet water in te laten en overtollig water te lozen.

Aan de noordzijde van het Zoommeer, in het Volkerak, is reeds een inlaatmiddel aanwezig met een capaciteit van 300 m³/seconde bij gemiddelde getij-omstandigheden op het Hollands Diep en een Zoommeerpeil van N.A.P. De nota 'Situering Lozingsmiddel Zoommeer', besproken in Bericht 82 (november 1977), bevat een analyse van de problematiek rond de situering van het lozingsmiddel. Op grond van de analyse werd gekozen voor lozing vanuit het zuidelijke deel van het Zoommeer naar de Westerschelde nabij Bath.

Voor het ontwerp van het lozingsmiddel is behalve situering ook de benodigde capaciteit van belang. Ook over deze materie is onlangs een analyse nota verschenen, die uitgaat van een lozingsmiddel dat een spuiskanaal en spuïsluis omvat, naast het Schelde-Rijnkanaal. Indicatieve berekeningen hadden reeds aange-toond dat de capaciteit van het lozingsmiddel ten behoeve van het peilbeheer 50-100 m³/sec. zou moeten zijn, en ten behoeve van het kwaliteitsbeheer 50-150 m³/sec.

In verband daarmee zijn vier alternatieve lozingscapaciteiten geanalyseerd, respectievelijk 50, 75, 100 en 150 m³/sec. groot. Voor de behoeftebepaling werd uitgegaan van een peil op het Zoommeer op N.A.P. Er is immers een voorkeur uitgesproken voor een streefpeil tussen N.A.P. - 0,25 m en N.A.P. + 0,25 m (Bericht 87, februari 1979).

In een gevoeligheidsanalyse is nagegaan of een meerpeil van N.A.P. - 0,25 m of N.A.P. + 0,25 m invloed zou hebben op de benodigde lozingscapaciteit.

Het Zoommeer heeft zonder het Markiezaat een oppervlakte van 6 200 ha. Op dit meer wordt rechtstreeks het overtollige water geloosd van

De capaciteit van het lozingsmiddel Zoommeer

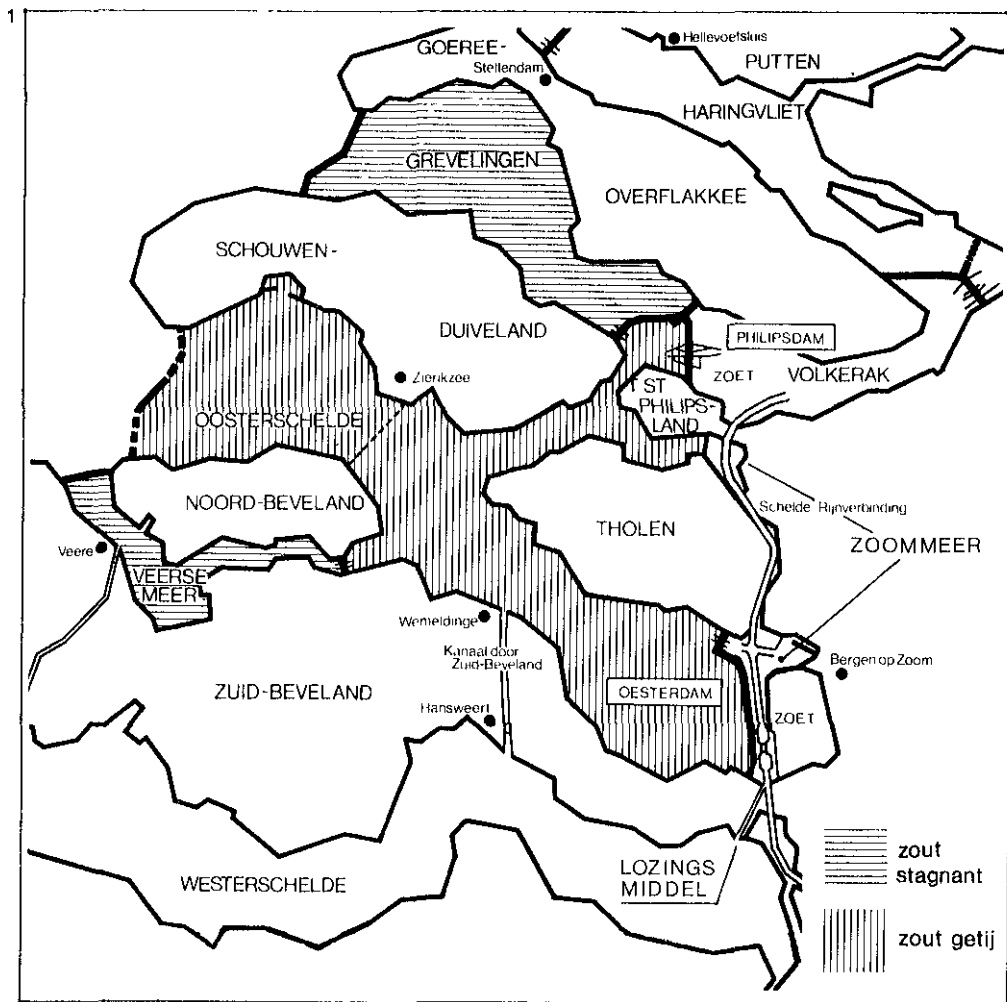
15 700 ha poldergebied van Zeeland, Noord-Brabant en Zuid-Holland. Daarnaast wordt water aangevoerd door een aantal Brabantse rivieren, samen met een afwateringsgebied van 145 000 ha.

De in de compartimenteringsdammen ontworpen schutsluizen worden voorzien van een zout/zoetscheidingssysteem, met de bedoeling enerzijds de zoetwaterbelasting op de Oosterschelde en anderzijds de zoutwaterbelasting op het Zoommeer zoveel mogelijk te beperken. Het systeem houdt in dat bij gesloten deuren een zoute kolkinhoud voor een zoete kolkinhoud wordt uitgewisseld en een zoete kolkinhoud voor een zoute. Vervanging van een zoete kolkinhoud door een zoute noemt men 'terugwinnen' van zoet water. Aangezien nooit de gehele kolkinhoud kan worden teruggewonnen, wordt voor de zout/zoetscheiding zoet water verbruikt. Bij terugwinnen stijgt de zoutbelasting op het Zoommeer. Terugwinnen kan noodzakelijk zijn ter beperking van het zoetwaterverlies uit het Zoommeer of het verminderen van de zoetwaterbelasting op de Oosterschelde. Hoe vaak terugwinnen gewenst zal zijn, wordt nog nader bestudeerd.

De aanvoer van water door de polderwaterlozingen, de Brabantse rivieren en het neerslagoverschot, is meestentijds geringer dan het verbruik voor de zout/zoetafscheiding en voor een zekere, 'initieel' genoemde, doorspoeling van het Zoommeer. Voor het handhaven van het peil op het meer moet daarom via de Volkerakinlaatsluis water vanuit het Hollands Diep worden aangevoerd. In perioden dat de aanvoer van water het verbruik op het meer overtreft, kan het peil worden gehandhaafd door lozing naar de Westerschelde.

Om de capaciteiten van de lozing te kunnen bepalen, is ook een berekening nodig van het mogelijke waterbezwaar op het Zoommeer. Voor de Brabantse rivieren is een dagafvoer met een overschrijdingsfrequentie van 1/1000 per jaar maatgevend gesteld. Ingevolge het met België gesloten verdrag inzake de aanleg van de Schelde-Rijnverbinding mag op het Zoommeer maximaal een waterstand van N.A.P. + 0,50 m voorkomen. Onder deze beide extreme condities blijft de waterstand van de Mark in Breda nog juist beneden het maatgevend peil. De waterstand van de Roosendaalse Vliet in Roosendaal is in dat geval niet kritisch. Aangezien het peil van N.A.P. + 0,50 m maatgevend is voor het Zoommeer, kan nu afhankelijk van het streefpeil en een maatgevend waterbezwaar met een overschrijdingsfrequentie van 1/1000 per jaar

Fig 1. Zoute en zoete bekkens in het Deltagebied. Geheel rechts het Zoommeer



de totale lozingscapaciteit van het Zoommeer bepaald worden.

gen voor het rekenwerk zijn dat het Markiezaat van Bergen op Zoom is omkaad en dat het zout-

Waterbezwaar op het Zoommeer met een overschrijdingsfrequentie van 1/1000 per jaar voor perioden tot 10 dagen.

Aantal dagen	1	3	5	7	10
Waterbezwaar in m ³ /sec. gemiddeld over beschouwde periode	267	206	177	159	145

Bij een streefpeil van N.A.P. is op het Zoommeer een kortstondig waterbergend vermogen aanwezig van 31 000 000 m³.

De afvoer van het waterbezwaar moet mogelijk zijn via het lozingsmiddel, natuurlijk in combinatie met het permanente zoetwaterverbruik van de Oosterdamsluis, de Philipsdam- en de Kreekraksluizen.

Uitgaande van N.A.P. als streefpeil, een maximum peil van N.A.P. + 0,50 m en het in de tabel vermelde waterbezwaar is de benodigde capaciteit van het lozingsmiddel op ruim 80 m³/sec. berekend.

Ondanks het gebruik van zout/zoetscheidings-systemen bij de schutsluizen is het Zoommeer niet vrij van zoutbezwaar. Behalve het in de tijd vrijwel onveranderlijke zoutbezwaar van de schutsluizen komen er op het meer schoksgewijs zoutlasten voor in de vorm van lozingen van brak polderwater. Ook deze zoutlasten verhogen het zoutgehalte op het meer. Om dat gehalte te verlagen kan het meerwater behalve met de altijd aanwezige initiële doorspoeling nog worden doorgespoeld door via de Volkerakinlaatsluis water met een lager zoutgehalte in te laten en nagenoeg gelijktijdig water van het Zoommeer via een lozingsmiddel naar de Westerschelde af te voeren. Dit heet 'extra doorspoeling'.

Om inzicht te verkrijgen in de zoutgehalten die op het Zoommeer moeten worden verwacht zijn berekeningen uitgevoerd met gegevens inzake neerslag, rivierafvoer, het zoutgehalte van het polderwater, enzovoort afkomstig uit de periode 1933 t/m 1974.

Het Zoommeer is daarbij in 3 vakken verdeeld; vak 1 komt overeen met het Volkerak; vak 2 met het Krammer, en vak 3 omvat de Eendracht en het zuidelijk gedeelte van het Zoommeer. Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat er volledige menging plaatsvindt en dat er voldoende water kan worden ingelaten via de Volkerakinlaatsluis. Voorts is aangenomen dat de huidige situering van de polderwaterlozingen gehandhaafd blijft, en dat er bij de Philipsdamsluizen en bij de Kreekraksluizen twee duwvaartsluizen aanwezig zijn. Verdere veronderstellin-

gehalte van het inlaatwater afhankelijk is van de afvoer van de Rijn en de Maas.

In de grafieken van figuur 3 zijn voor de verschillende vakken het verloop van het maximale, het gemiddelde en het minimale zoutgehalte weergegeven als functie van een continu extra doorspoeldebiet in een situatie zonder terugwinnen en een als maximaal veronderstelde zoutbelasting via de schutsluizen.

Uit de grafieken kan worden afgeleid dat in vak 1 het gemiddeld zoutgehalte varieert van 150–200 mg/l, en dat dit nauwelijks beïnvloed wordt door het extra doorspoeldebiet. Extra doorspoeling kan hier zelfs een enigszins verhogend effect hebben, vanwege het zoutgehalte van het inlaatwater. Bedacht moet worden dat bij de berekeningen is aangenomen dat de invloed van de zoutbelasting op vak 2 en 3 zich niet uitstrekt tot vak 1. Onder invloed van de wind kan echter in werkelijkheid wel uitwisseling plaatsvinden, zodat het zoutgehalte in vak 1 ook beïnvloed wordt door de zoutbelasting via de schutsluizen.

Voor vak 2 kan worden afgelezen dat het zoutgehalte een duidelijke daling ondergaat bij extra doorspoeldebieten tot 50 m³/sec. De grafiek laat zien dat met grotere doorspoeldebieten vrijwel geen verdere verlaging kan worden verkregen. Het zoutgehalte in vak 3 staat onder invloed van de zoutbelasting op vak 2 en de zoutlast via de Kreekraksluizen en de Oosterdamsluis. Door middel van extra doorspoeling kan het zoutgehalte in dit vak aanmerkelijk worden verlaagd. Ook hier blijkt echter het afnemend effect bij een toenemend extra doorspoeldebiet, vooral in het voorjaar en de zomer. Extra doorspoeldebieten groter dan 100 m³/sec. hebben, gezien het verloop van de krommen, een verlagende invloed van slechts beperkte omvang. In droge perioden bestaat de mogelijkheid dat er geen water beschikbaar is voor extra doorspoeling. Wanneer er grote watertekorten optreden bestaat de mogelijkheid ten behoeve van peilhandhaving op het Zoommeer zoet water terug te winnen bij de schutsluizen. De wenselijkheid van zo'n ingreep moet in verband met de verdere consequenties nog worden onderzocht.

De zoutgehalten op het Zoommeer zullen door terugwinnen stijgen, en in zeer extreme gevallen oplopen tot 1000 à 1500 mg/l in vak 2. Een grote lozingscapaciteit biedt de mogelijkheid om het zoutgehalte van het meer na een droge periode door versterkt doorspoelen sneller omlaag te brengen. Dit resultaat kan ook wel bereikt worden met minder sterke doorspoeling, mits men een tijdelijke peilverlaging acceptabel vindt. Geheel anders is de situatie wanneer zoet water wordt teruggewonnen ter beperking van de zoetwaterbelasting op de Oosterschelde. Dit is nodig wanneer het zoutgehalte van het kustwater onder invloed van onder andere lozingen via de Haringvlietsluizen zo ver gedaald is dat het zoutgehalte van de Oosterschelde de gewenste waarde gaat onderschrijden. In dat geval vindt het zoutlastverhogende terugwinnen alleen plaats bij de Philipsdamsluizen en de Oosterdamsluus. Verwacht mag worden dat er dan voldoende water beschikbaar is voor extra doorspoeling.

Tenslotte, om het gehalte aan toxische stoffen zolaag mogelijk te houden, is een zo klein mogelijke doorspoeling en een zo gering mogelijke inlaat van water uit het Hollands Diep gewenst. Op het grootste deel van het Volkerak wordt een redelijk laag zoutgehalte en daarmee een goed functionerend ecosysteem verwacht. Het zoutgehalte wordt hier niet of nauwelijks beïnvloed door terugwinning bij de Philipsdamsluizen of door extra doorspoeling. Bij terugwinning zal nabij de Philipsdamsluizen met behulp van een extra doorspoeling van 100 à 150 m³/sec. een redelijk ecosysteem kunnen worden bereikt. In het zuidelijk deel van het Zoommeer echter zal bij terugwinning bij de Philipsdamsluizen een soorten-arm ecosysteem ontstaan. Extra doorspoeling met grote debieten heeft daarop nog wel enig positief effect. Extra doorspoeldebieten van 100 tot 150 m³/sec. reduceren de mogelijkheid van het optreden van algenbloei.

Het doorspoelen heeft een verzoetend effect op de Westerschelde. Wanneer er voor continue doorspoeling gekozen wordt, bestaat er een kans dat het mariene district ter hoogte van de Hooge Platen op de Westerschelde bij de alternatieven 3 en 4 gedeeltelijk verdwijnt. Spoelt men het Zoommeer door om algenbloei tegen te gaan, dan betekent dat wel dat men kiest voor topafvoeren op de Westerschelde in de zomer, met het gevolg dat er juist in het groeiseizoen grote variaties van het zoutgehalte optreden. Een zorgvuldig beheer van het lozingsmiddel is dus vereist vanwege de invloed die de lozingsdebieten hebben op het aquatisch milieu van de Westerschelde. De belangen van het Zoommeer, de Oosterschelde en de Westerschelde zullen hierbij steeds tegen elkaar afgewogen moeten

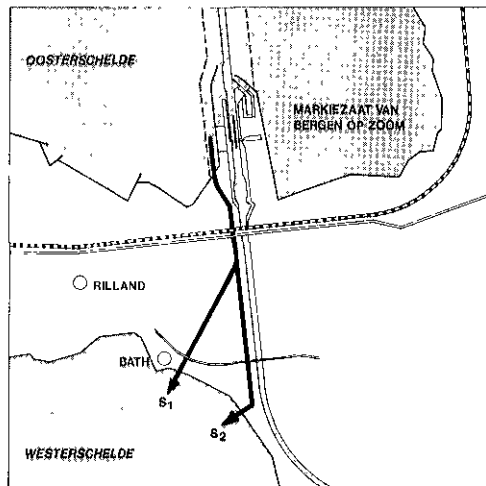
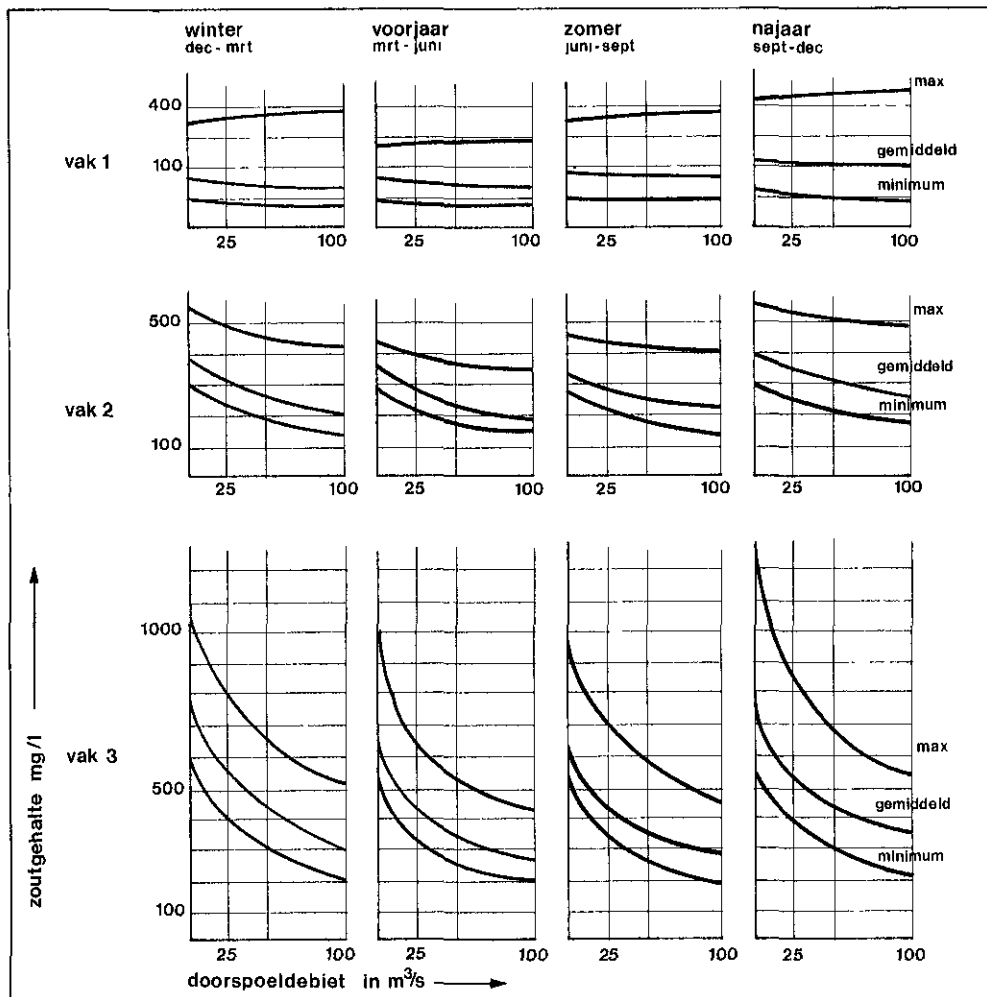


Fig. 2. Het spuikanaal voor het lozingsmiddel, volgens de alternatieven S₁ en S₂. S₂ wordt gekozen.

Fig. 3. Zoutgehalten op het Zoommeer als functie van een extra doorspoeldebiet, dat niet dient ter compensatie van de schutverliezen

worden. Niet zozeer de capaciteit, maar vooral het beheer van het lozingsmiddel is dus bepalend voor de invloed die het zal hebben op het aquatisch milieu van de Westerschelde. Een grote capaciteit geeft echter ruimere beheersmogelijkheden.

Lozing vanuit het Zoommeer zal het gebied waar het zoete water het zoute water ontmoet, in westelijke richting verplaatsen. Het ligt nu gewoonlijk ter hoogte van Antwerpen. Dit is ook de zone waar het slib tot grotere deeltjes samenvlokt, waardoor het eerder bezinkt. Verwacht wordt dat de lozing vanuit het Zoommeer de sedimentatie in het oostelijke gedeelte van de Westerschelde zal doen toenemen in gebieden met lage stroomsnelheden, zoals havens. In de vaargeul wordt geen aanwijsbare vergroting van de slobsedimentatie verwacht. Komt er een bochtafsnijding bij Bath, dan zal bij



lozen op de Westerschelde de sedimentatie in het noordelijk bekken toenemen, enerzijds onder invloed van de verlaagde stroomsnelheden ter plaatse, anderzijds door de verandering van de zoutgehaltes in het oostelijk deel van de Westerschelde.

Aangezien hoge doorspoeldebieten naar verwachting maar zelden zullen voorkomen, zal het in dit verband weinig uitmaken welk van de vier alternatieven men kiest.

Grotere doorspoeldebieten ontzilten het Zoommeer sneller en bevorderen ook een snelle uitspoeling van dood organisch materiaal.

Het belang van de beschikbaarheid van doorspoelwater is het grootst in de eindfase van de ontzilting, zowel voor de zoutgehaltes als voor de zuurstofhuishouding. De beschikbaarheid van een lozingsmiddel met een grote capaciteit kan dan als positief worden aangemerkt.

Voor het ontwerp van het lozingsmiddel wordt uitgegaan van een spuikanaal zonder spuiboezem dat onder vrij verval loost op de Westerschelde. Het is de bedoeling dat het spuikanaal groene oevers krijgt, evenals bijvoorbeeld de Steenbergse Vliet.

Het lozingsmiddel moet gelijktijdig met het Zoommeer medio 1985 gereedkomen. Dit betekent dat met de uitvoering in 1980 en met de grondverwerving in 1979 moet worden aangevangen. Ten aanzien van het ontwerp en de uitvoering zijn er geen verschillen tussen de vier alternatieven, maar wel voor wat betreft de grondverwerving.

Er zijn nog drie varianten beschouwd, de alternatieven 3a, 3b en 3c, waarbij het lozingsmiddel van 100 m³/sec. kan worden uitgebreid tot 150 m³/sec.

Bij alternatief 3a wordt de spuisluis voor 150

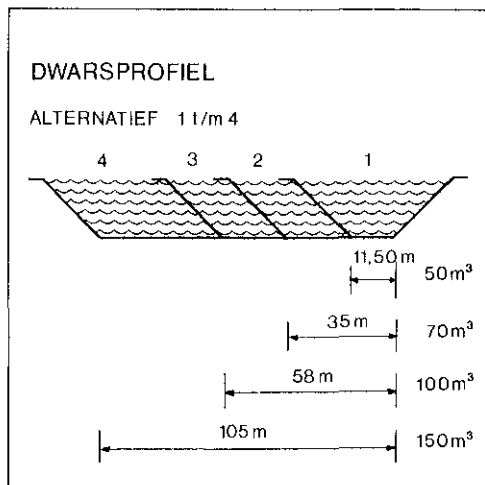


Fig 4. Dwarsprofielen van het spuikanaal volgens alternatief 1-4

m³/sec. ontworpen, terwijl de rest ongewijzigd blijft; bij alternatief 3b worden de andere infrastructuurle werken voor 150 m³/sec gemaakt, maar de spuisluis voor een capaciteit van 100 m³/sec. Bij alternatief 3c wordt uitbreiding tot 150 m³/sec. mogelijk gemaakt door het aanbrengen van een bestorting op de bodem en de taluds van het kanaal en de bouw van een spuisluis met een capaciteit van 150 m³/sec. De benodigde oppervlakte voor het lozingsmiddel bedraagt voor de hoofdalternatieven respectievelijk 88, 100, 112 en 136 ha. Er zal respectievelijk 3, 4, 5 en 7 ha van het 21 ha grote popu-

lierenbos ten zuiden van de Kreekrakbruggen gekapt moeten worden. Wat de visuele invloed op het landschap betreft is er tussen de alternatieven geen verschil. Voor een goed beheer van het Zoommeer is het gewenst dat het beheersinstrumentarium, waaronder het lozingsmiddel, voldoende flexibiliteit heeft om in de toekomst aan uiteenlopende wensen tegemoet te kunnen komen. Dit komt ook een goede afweging van de belangen van het Zoommeer, de Oosterschelde en de Westerschelde ten goede. Hieruit volgt een voorkeur voor de alternatieven 3 en 4.

Aan de zuidzijde van het Zoommeer zal een lozingsmiddel worden gebouwd, dat het mogelijk maakt water van het Zoommeer af te laten op de Westerschelde. Het lozingsmiddel is geprojecteerd onmiddellijk ten westen van de Schelde-Rijnverbinding; het bestaat uit een spuikanaal met spuisluis. De uitmonding is nabij Bath in de Westerschelde. Bij het voorlopig ontwerp is uitgegaan van een zogenaamd groen kanaal zonder oeververdediging, een bodem op N.A.P. - 7 m en een natte doorsnede van 650 m². De totale lengte van het Kanaal bedraagt 8400 m.

Bij de aanleg van dit kanaal zal ongeveer 8 miljoen m³ specie vrijkomen. Hiervan is een deel bruikbaar en een deel onbruikbaar. Het onbruikbare deel bestaat in hoofdzaak uit zand dat vanwege de korrelgrootte en de mate van verontreiniging niet geschikt is als materiaal voor dijkbouw, en verder uit veen en niet of moeilijk winbare klei. Het bruikbare deel zal worden aangewend voor het werk aan de Oesterdam. Het onbruikbare deel van de specie zal geborgen moeten worden. Het betreft een hoeveelheid van ongeveer 5,5 miljoen m³, die vrijkomt vanaf 1982. Omdat de specie vóór het ontgraven een kleiner volume inneemt dan na het ontgraven en het transport, moet er een bergingsruimte voor worden gevonden van 6,5 miljoen m³ inhoud. Een projectgroep heeft een groot aantal lokaties op hun geschiktheid voor de speciebergingsonderzocht. Ook minder traditionele methoden om het probleem op te lossen zijn daarbij in beschouwing genomen, zoals bijvoorbeeld industriële verwerking van het vrijkomende veen. Door verbranding van veen kan koolstof geproduceerd worden ten behoeve van onder andere filters voor de zuivering van lucht en water. Helaas bleek deze methode hier niet toepasbaar, omdat het veen voor dat proces slechts een klein percentage zand en helemaal geen zout mag bevatten. Berging van de specie bleek het enige dat er op zat.

Uitendelijk zijn negen alternatieven nader geanalyseerd. Omdat voor de Oesterdam grote hoeveelheden zand nodig zijn, is daarbij tevens gekeken naar een mogelijke combinatie van zandwinning en speciebergingsdepot heeft als voordeel dat daardoor minder zand uit de Oosterschelde gewonnen hoeft te worden. Dit is een oogpunt van rivier- en stroombelang zeer gewenst.

Berging van specie uit het lozingsmiddel Zoommeer

We geven nu een overzicht van de negen alternatieven. De eerste mogelijkheid is het Ramme-gors, een voormalig buitendijks gebied nabij St.-Philipsland, waar reeds enige speciebergings heeft plaatsgevonden. In combinatie met zandwinning kan hier 6,5 miljoen m³ worden geborgen. Ook verbreding van de Markiezaatsdam is overwogen. Hier kan bergingscapaciteit worden gecreeerd door het maken van een kade parallel aan de omkading van het Markiezaat. Wanneer de tussenliggende strook van 300 m wordt opgevuld met specie, kan ongeveer 5,5 miljoen m³ geborgen worden. Dan is er gedacht aan uitbreiding van de Molenplaat in zuidelijke richting. De Molenplaat, gelegen in de Oosterschelde nabij Bergen op Zoom, is destijds met specie uit de Schelde-Rijnverbinding opgespoten tot N.A.P. + 5 m. Na het tot stand komen van het Markiezaatsmeer zal ten zuiden ervan een gebied van 75 ha droogvallen. Door omkading zou hier, in combinatie met een beperkte zandwinning, ongeveer 3,5 miljoen m³ specie geborgen kunnen worden. Daarna zou dan tegelijk een geleidelijke overgang van de Molenplaat naar het Markiezaatsmeer gerealiseerd kunnen worden. Het vijfde alternatief is een bestaande put nabij de Kreekaksluizen. Deze put is reeds gedeeltelijk opgevuld met specie uit de Schelde-Rijnverbinding, maar het ligt in de bedoeling hem nog verder op te vullen en ter bescherming van het milieu af te dekken met een laag zand. Vanwege de belangen van de beroeps- en sportvisserij in het toekomstige Markiezaatsmeer zal dit niet verder gaan dan tot 2 m onder de waterspiegel. Op deze wijze kan nog ongeveer 1,6 miljoen m³ specie geborgen worden. Ook is uitbreiding van de Molenplaat aan de noordzijde overwogen. Het betreffende gebied ligt noordelijk van de dam die de Molenplaat

met de vaste wal gaat verbinden, en valt dus buiten het toekomstige Markiezaatsmeer. Door het leggen van een kade kan het gebied worden afgesloten van het Zoommeer, waarna 5,5 miljoen m³ specie geborgen kan worden in combinatie met zandwinning.

De specie zou volgens de projectgroep ook gebruikt kunnen worden voor een aanzet tot schorvorming ten westen van de Oesterdam. Aan de westzijde van de Oesterdam zou daartoe een tijdelijke kade moeten worden gelegd, waarbinnen de specieberging dan plaatsvindt. Wanneer de kade na de opspuitwerkzaamheden afhankelijk van de voortgang van het stabilisatieproces weer wordt verwijderd, zal het gebied naar verwachting onder invloed van het getij snel een natuurlijk karakter krijgen. De bergingsmogelijkheden zijn hier relatief gering, omdat de ophoging in verband met de schorvorming beperkt moet blijven tot de hoogte van het toekomstige hoogwater, N.A.P. + 1,50 m. Bij een breedte van 300 m schor kan ongeveer 1,4 miljoen m³ specie geborgen worden.

Als achtste en voorlaatste alternatief is genoemd de geul Appelzak in de Westerschelde. Het gebruik van deze stortplaats door de Antwerpse Zeediensten is de laatste jaren als gevolg van de ondiepe ligging beperkt. Zonder de belangen van deze Zeediensten te schaden zou daarom 1,5 miljoen m³ specie met een persleiding geloosd kunnen worden. Deze specie dient zanderig te zijn, daar anders gevreesd zou moeten worden voor verspreiding van slibachtig materiaal in de Westerschelde. Het materiaal mag niet hoger dan N.A.P. - 3,5 m worden gestort in verband met vermindering van de komberging. Tenslotte zou men de specie kunnen bergen ten noorden van de Oesterdam nabij de Oesterdamsluis. Na het leggen van een kade kan tussen deze kade en de Oesterdam ongeveer 4 miljoen m³ specie geborgen worden. De oppervlakte van het gebied wordt door een in de nabijheid aanwezige geul beperkt tot 80 ha. Deze negen alternatieven zijn met elkaar vergeleken op de aspecten milieu en landschap, visserij, afstemming op andere werken, kosten en uitvoering, planologie, scheepvaart en waterloopkunde.

Het Rammegors en de schorren van Ossendrecht, de alternatieven 1 en 2, hebben zich ontwikkeld tot gebieden met grote actuele en potentiële natuurwetenschappelijke waarde, vooral als gevolg van de vele soorten broedvogels die er voorkomen en de oude geul- en kreekpatronen. Specieberging in deze gebieden zou deze waarden geheel vernietigen. Alternatief 7 daarentegen, de vorming van nieuwe schorren bij de Oesterdam, is landschappelijk en natuurwetenschappelijk waardevol omdat door de

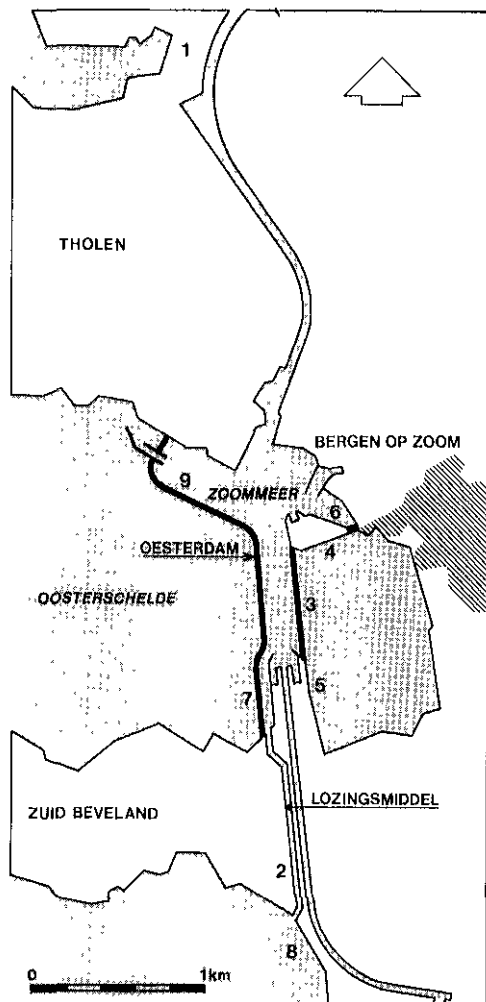
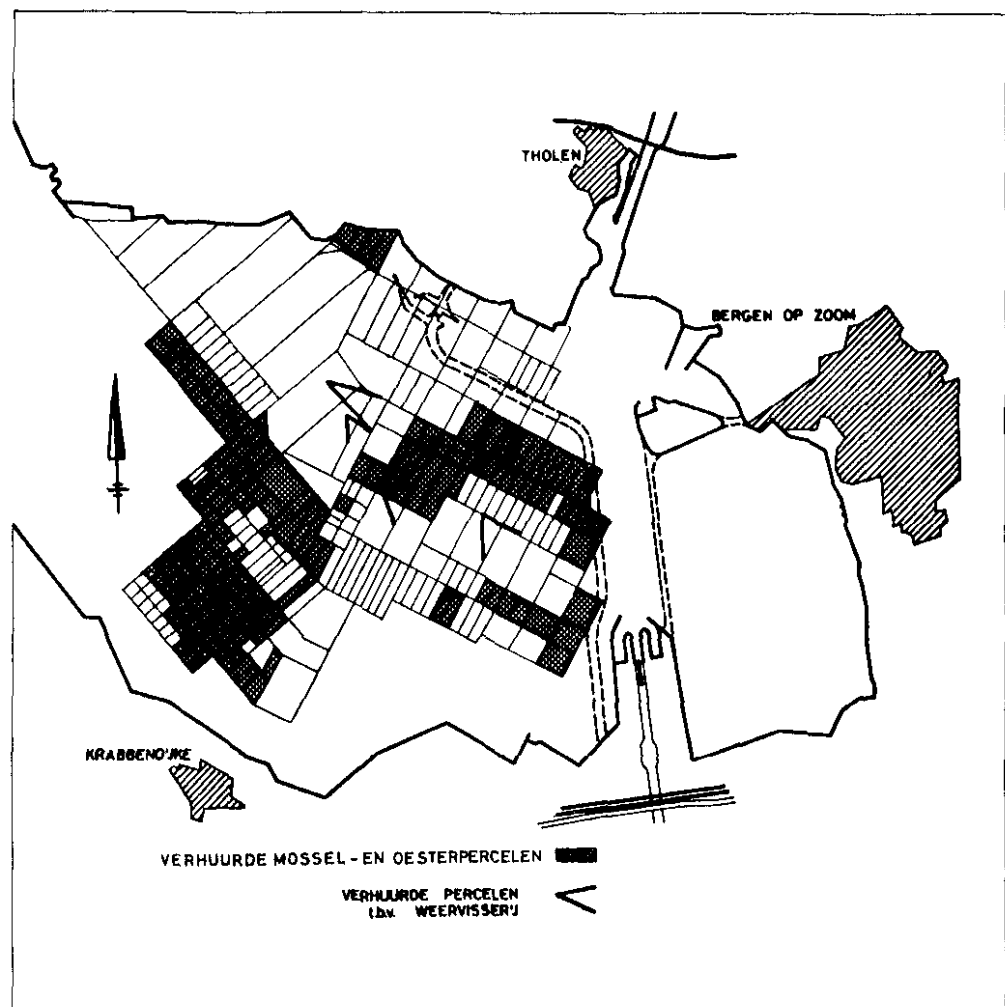


Fig. 1. Negen alternatieve mogelijkheden voor de berging van onbruikbare specie uit het spuikanaal

Fig. 2. Ligging van de mosselpercelen in de Oosterschelde

schorvorming enige compensatie verkregen wordt voor de vele schorgebieden die verloren gaan of gegaan zijn als gevolg van de Deltawerken. Bovendien kan landschapsvorming hier als een interessant experiment gezien worden in verband met eventuele toekomstige speciebergingsproblemen. Het opvullen van een put bij de kreekraksluizen, alternatief 5, heeft voor het milieu gunstige effecten, juist omdat specieberging kan voorkomen dat er later een zoute put blijft bestaan in het zoete Markiezaatsmeer. De overige alternatieven hebben naar verwachting geringe effecten op het milieu, terwijl er bij verbreding van de Markiezaatsdam, uitbreiding van de Molenplaat of de vorming van een depot bij de Oesterdamsluis landschappelijk extra mogelijkheden voor toekomstige bestemmingen en functies geschapen kunnen worden. Uit een oogpunt van visserijbelangen is schor-

vorming ten westen van de Oesterdam weer ongunstig. Doordat de omkading tijdelijk is, kan er later slibachtig materiaal uit de specie in het water van de Oosterschelde komen. Dit houdt risico's in voor de visserij, met name in het gebied van de oesterkweek. Het zou kunnen leiden tot verhoging van het gehalte aan zwevend materiaal, dat dan weer door de schelpdieren gefiltreerd en verwijderd moet worden. De energie die daarvoor nodig is, gaat ten koste van de groei. Daarnaast komt het functioneren van de verwaterplaatsen voor mosselen in gevaar, omdat dat slibarm water vereist. Ook zou er zwevend materiaal kunnen bezinken in het gebied van de schelpdiercultures. De dieren kunnen daardoor afgedekt worden en sterven. Mineralisatie van de dode dieren kan zuurstofloosheid in de bodem tot gevolg hebben. Tenslotte is er mogelijk organisch materiaal in het



slib aanwezig. Deels zou dat als voedsel voor de schelpdieren kunnen dienen, maar het restant kan de zuurstofbalans van het gebied nadelig beïnvloeden. Uit onderzoek is gebleken dat vooral larven en jonge dieren gevoelig zijn voor de genoemde risico's.

De afstemming op het tijdschema van de andere werken speelt een rol bij de alternatieven die een relatie hebben met de Oesterdam of Markiezaatsdam. Dit geldt voor die alternatieven waarbij zand gewonnen wordt voor de Oesterdam en voor de alternatieven die op een andere manier rechtstreeks gekoppeld zijn aan de bouw van één der dammen. Als men zandwinning en speciebergings wil combineren, kan er pas specie geborgen worden nadat de zandwinning voltooid is. Omdat er tot 1986 zowel behoefte is aan berging als aan zand, betekent dit dat de zandwinning al ruim voor die tijd beëindigd moet worden, wil er nog specie geborgen kunnen worden. Gebleken is dat de zandwinning in een speciebergingsdepot daardoor nooit groter kan zijn dan 3 miljoen m³. De alternatieven die rechtstreeks gekoppeld zijn aan de Oesterdam en de Markiezaatsdam blijken goed afgestemd te zijn op de data dat deze damvaken gerealiseerd zullen zijn.

De kosten voor ontgraven, transport en berging verschillen per alternatief en lopen sterk uiteen, van f 1,80 per m³ bij berging in de geul Appelzak tot f 11,20 per m³ wanneer men schorren zou willen vormen ten westen van de Oesterdam. De hoge kosten van dit laatste alternatief worden vooral veroorzaakt door de dure tijdelijke kade in de Oosterschelde in combinatie met de kleine bergingscapaciteit die dit alternatief oplevert. Bij de prijsberekening is verondersteld dat het kanaal door een cutterzuiger wordt ontgraven en dat de specie door een persleiding wordt getransporteerd. Alleen het eerste alternatief vormt hierop een uitzondering: bij het Rammegors zullen bakken gebruikt moeten worden. Van de overige aspecten is nog vermeldenswaard dat alternatief 4, uitbreiding van de Molenplaat naar het zuiden, planologisch mogelijk in conflict kan komen met enkele verstedelijkingsplannen voor het Verdrongen land van het Markiezaat van Bergen op Zoom. En voorts dat alternatief 8, de geul Appelzak gunstige waterloopkundige gevolgen zou hebben voor de Westerschelde: het beperkt de verdere verdieping van de bestaande geul.

Analyse toont aan dat alleen het alternatief Rammegors voldoende capaciteit heeft om het totale speciebergingsprobleem in één keer op te lossen. Maar we zagen hiervóór, dat dit alternatief uit milieu-oogpunt erg ongunstig is. Om nu een goede afweging mogelijk te maken zijn door de projectgroep combinaties van enkel-

voudige alternatieven opgesteld, die samen de vereiste capaciteit halen.

De concept-nota die naar aanleiding van de uitgevoerde analyse is opgesteld, is besproken met de betrokken gemeenten en waterschappen, het Staatsbosbeheer, de Directie der Visserijen en de overkoepelende Brabantse en Zeeuwse milieu-organisaties.

Na dit overleg heeft de Commissie Compartimentering Oosterschelde geadviseerd de besluitvorming voor de speciebergings gefaseerd te laten verlopen, vanwege de onzekerheid over de toekomstige inrichting van het Markiezaat. Voor de eerste fase heeft deze commissie haar voorkeur uitgesproken voor een combinatie van de alternatieven 5, 6 en 8, zonodig uitgebreid met alternatief 9. Dat betekent dus demping van een put bij de Kreekraksluizen, uitbreiding van de Molenplaat in noordelijk richting, opvulling van de geul Appelzak in de Westerschelde, en eventueel nog speciebergings bij de Oesterdamsluis. Zodra meer inzicht bestaat over de inrichting van het Markiezaat, kan dan bezien worden of de gekozen alternatieven hier goed bij aansluiten.

Sedert 1972 wordt op de Slikken van Flakkee landschapsoecologisch onderzoek verricht in samenwerking met de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders; het onderzoek heeft als doel om op grond van wetenschappelijk speurwerk adviezen te geven met betrekking tot de inrichting en het beheer van de drooggevalle gebieden in de Grevelingen. Het omvat onderzoek naar de bodemsamenstelling, de hydrologie, de zouthuishouding, de geomorfologie, de vegetatie en de fauna: vogels, loopkevers en zoogdieren.

Eerder werd van dit onderzoek melding gemaakt in de Berichten 66 (november 1973), 68 (mei 1974) en 75 (februari 1976). Dit artikel gaat speciaal over de vegetatieontwikkeling die zich op de Slikken van Flakkee heeft voorgedaan sinds de afsluiting van de Grevelingen in 1971.

Het gebied waar we het over hebben, de Slikken van Flakkee, bestaat uit een schorgedeelte van 350 ha en een slikgedeelte van 1150 ha. De schorren liggen langs de dijk en vormen de hoogste delen. Zij zijn doorsneden door grote en kleine kreken; langs de kreken liggen oeverwallen en daarachter lager gelegen kommen. De bodem bestaat voor het grootste deel uit een 10 tot 30 cm dik pakket zware zavel of klei op zand. Ter plaatse van het oudste schorgedeelte kan de dikte van dit pakket echter wel 80 cm en meer bedragen.

De schorren waren voor het wegvallen van het getij begroeid met zoutminnende planten. Op de niet beweide delen domineerden in de kommen en op de schorrand Engels Slijkgras en op de oeverwallen Gewone Zoutmelde. Op het beweide schor domineerde Gewoon Kweldergras. Op de hoogste schordelen overheersten Rood zwenkgras en Strandkweek.

De slikken liggen lager dan het schor en zijn arm aan reliëf. De bodem bestaat uit kleiarm middel-fijn zand. De slikken waren voor de sluiting niet begroeid met hogere planten, behalve op de hoogste delen verspreid staande pollen Engels Slijkgras.

De overgang van slikken naar schorren is vrij reliëfrijk en bestaat uit lichte zavel tot zand. In deze zone kwam voor het wegvallen van het getij een open vegetatie van voornamelijk Engels Slijkgras voor.

Het wegvallen van het getij betekende een enorme schok voor de bestaande levensgemeenschap, zowel op het schor als op het slik. Op het schor trad een vrij snel verloopend proces van bodemontziltting op. Tevens konden, als gevolg van de verbeterde doorluchting van de bodem, allerlei bodemrijpingsprocessen plaatsvinden. Een van de belangrijkste daarvan was

De vegetatieontwikkeling op de Slikken van Flakkee sedert de afsluiting van de Grevelingen

de mineralisatie van de rijklijk in de bodem aanwezige organische stof; er kwamen vooral grote hoeveelheden stikstof vrij. Een ander belangrijk proces is de langzame ontziltting van de bodem. Momenteel is nagenoeg de hele schorbodem ontzilt. Alleen de oude kleiputten en de kreekbodems zijn nog vrij zout.

Ook op het slik ontziltte de bodem, maar hier verliep dit proces veel langzamer dan op het schor. In de huidige situatie zijn de hoogste delen nagenoeg ontzilt, maar de lagere delen zijn nog vrij zout. Het ontzilttingsproces is nog in volle gang. Op de laagste delen treedt zelfs plaatselijk herverziltting op als gevolg van bepaalde hydrologische processen. Daarnaast worden de laagste slikdelen nog regelmatig overspoeld, als gevolg van het opwaaien van het zoute meerwater.

Als resultaat van deze veranderingen zal zich een nieuwe levensgemeenschap ontwikkelen. De oorspronkelijke zoutminnende en zouttolerante planten en dieren zullen geheel of grotendeels verdwijnen en plaatsmaken voor zoutmijdende planten en dieren. De zoutminnende soorten verdwijnen omdat het zout uit de bodem verdwijnt. De zouttolerante soorten worden grotendeels verdreven omdat ze door het veranderende milieu minder goed kunnen concurreren met de zoutmijdende soorten. Aangezien het milieu de eerste tientallen jaren voortdurend zal veranderen, mede door toedoen van de planten en dieren zelf, zal ook de samenstelling van de vegetatie en de fauna voortlopig steeds blijven veranderen, totdat een nieuw evenwicht is bereikt. Dit kan echter lang duren. Met name in de beginfase van de ontwikkeling is de opeenvolging van soorten vaak zeer snel; elk jaar kunnen in een bepaald gebied andere soorten dominant zijn.

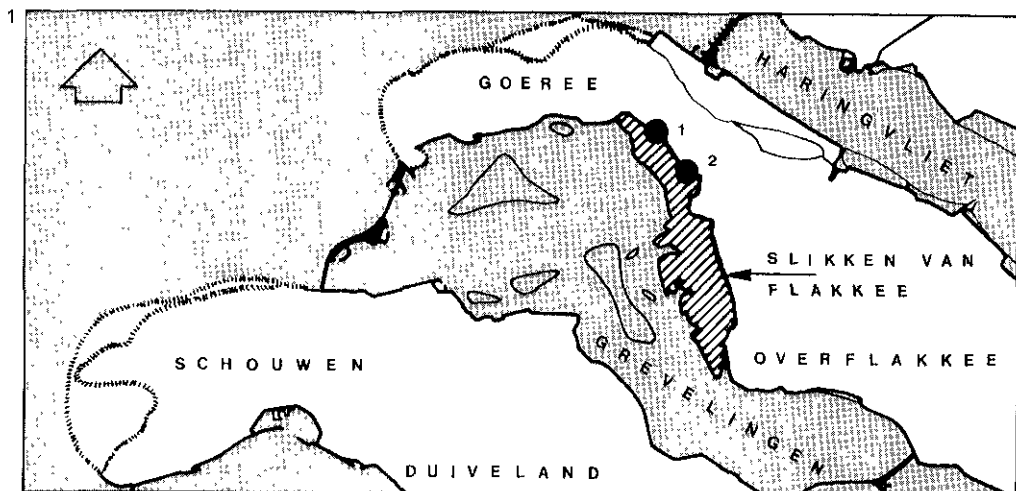


Fig. 1. De Slikken van Flakkee
in het Grevelingenmeer

- 1: proefgebied noord
2: proefgebied zuid

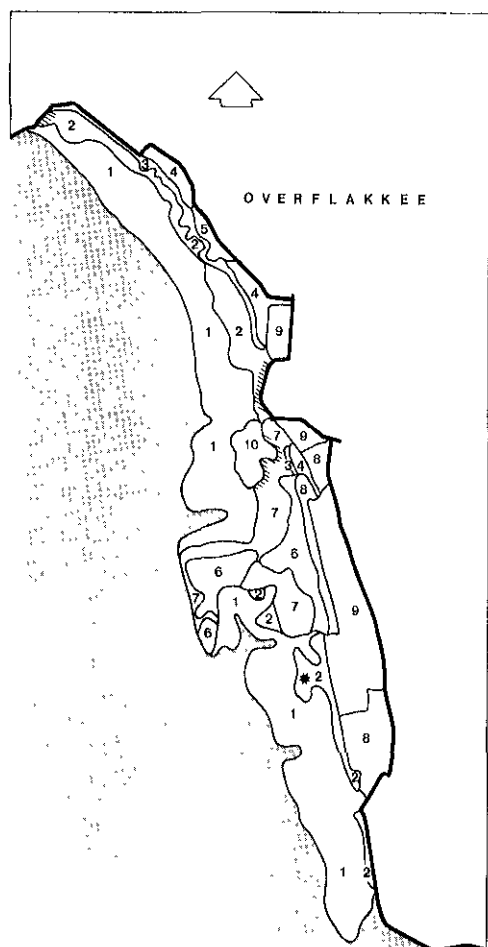


Fig. 2. Vegetatiekaart van de
Slikken van Flakkee, 1978.

Legenda.

1. lage, open zoutvegetaties
 2. lage, open vegetaties van mos, met voornamelijk zoutmijdende planten
 3. open, soortenrijke grassen- en kruidenvegetaties met veel wilgen en duindoorns
 4. dichte grassen- en kruidenvegetaties met verspreide vlieren
 5. idem, zonder vlier
 6. ingezaaide grassenvegetaties met dominant mos en Rood zwenkgras
 7. ingezaaide grassenvegetaties met dominant mos en Engels raaigras; vaak met zoutplanten
 8. beweerde grassenvegetaties op het schor
 9. bouwland, geëgaliseerd schor
 10. zanddepot, begroeid met mos en Rood zwenkgras
- streepjes: ijle rietvegetatie
sterretje: mislukte inzaai

De vegetatieontwikkeling op de Slikken van Flakkee verkeert nu nog in deze eerste, stormachtige fase. Wel zijn er reeds aanwijzingen dat de zeer grote veranderingssnelheid van de eerste jaren de laatste tijd wat afneemt.

Vegetatie-ontwikkeling op het schor

Als gevolg van de snelle ontzilting en uitdroging van de schorbodem stierf met name de Engels-slijkgrasvegetatie in de kommen massaal en snel af. Al na een jaar was er bijna niets meer van over, en was ze vervangen door soorten die kenmerkend zijn voor gestoorde stikstofrijke milieus. Deze planten zorgden door hun snelle groei voor een snelle opname van de in overmaat aanwezige stikstof en door hun goede verteerbaarheid voor de vorming van een bodem-beschermd humuslaag. Aanvankelijk waren dit vooral zouttolerante soorten die vroeger al op vloedmerken op het schor voorkwamen, zoals Schorrekruid, Spies- en Strandmelde en Zeeaster. Door de snelle ontzilting konden zich echter ook al spoedig allerlei zoutmijdende ruigtekruiden vestigen, waaronder verscheidene basterd-wederiksoorten, Harig wilgeroosje en Akkerdistel. Ook vestigden zich verspreid in deze vegetatie al snel een aantal Vlieren. Ongeveer vier jaar na de afsluiting bereikten de ruigtekruiden hun grootste verspreiding op de schorren. Daarna namen ze vrij snel in levenskracht af en werden ze opgevolgd, door grassen vooral.

In 1975 had Ruw beemdgras zich reeds als ondergroei in de Akkerdistelvegetaties gevestigd. In 1976 zette deze ontwikkeling door, en breidde ook Strandkweek zich sterk uit. In 1977 en 1978 was de Akkerdistel – en daarmee samenhangend ook de andere ruigtekruiden – nog slechts in geringe mate aanwezig, terwijl de grassen het aanzien sterk gingen bepalen.

In het kader van de Distelverordening van Zuid-Holland zijn van 1973 t/m 1977 bespuitingen uitgevoerd tegen de Akkerdistel. De invloed daarvan op de ontwikkeling van deze soort en de andere ruigtekruiden is moeilijk aan te geven. Tot 1975 leek de soort zich niets van de bespuitingen aan te trekken: ze breidde zich ondanks alles explosief uit. De achteruitgang vanaf 1976 kan even goed het gevolg zijn van natuurlijke successie als van de bespuitingen.

In de gebieden die voor de afsluiting werden beweide kwam een dichte zodevormige vegetatie van Gewoon kweldergras voor. In tegenstelling tot het Engels slijkgras stierf dit kweldergras niet meteen af, maar vertoonde het aanvankelijk zelfs, evenals Gewone zoutmelde op de oeverwallen, een extra weelderige groei. Dit was het resultaat van het plotseling toegenomen stikstofaanbod ten gevolge van de grotere minera-

lisatie in de bodem. De kolonisatie door ruigtekruiden werd bovendien vertraagd doordat de kieming van zaden sterk werd belemmerd door de dichte zodevormige groeiwijze van het kweldergras. Na enkele jaren werd deze vegetatie echter toch verdrongen door ruigtekruiden, omdat die beter aan het nieuwe milieu waren aangepast. Hierbij speelde met name Akkerdistel een belangrijke rol, omdat deze soort zich met behulp van wortelstokken ondergronds in de kweldergras-vegetatie kon uitbreiden. De distelvegetaties werden tenslotte ook hier vervangen door grassen-vegetaties. Op het ogenblik bestaat de vegetatie op het schor overwegend uit grassen, zoals Ruw beemdgras, Strandkweek, Kropaar, Witbol, Engels raagras, Veldbeemdgras en Frans raagras, met kruiden zoals Akkerdistel, Harig wilgeroosje en Smalbladig kruiskruid. Er komt ook vrij veel Dauwbraam voor, en 3 tot 4 meter hoge vlierstruiken, met af en toe wat andere struiken: Boswilg, roos, Koebraam, Sleedoorn en Liguster. Van de oorspronkelijke zoutplanten zijn nu nog maar kleine restanten over. Op de oeverwallen en tegen de kreekwallen is vaak nog een smalle strook Gewone zoutmelde te vinden. Engels slijkgras en Gewoon kweldergras worden op het schor zelf niet meer aangetroffen, maar ze hebben zich wel in de kreken gevestigd. Alleen Rood zwenkgras heeft zich tot nu toe vrij goed weten te handhaven. Deze soort kwam vóór de afsluiting in dichte zoden voor op de hoogste delen van het schor, die nog maar af en toe overspoeld werden. Het wegval-len van het getij bracht hier dan ook niet zo'n grote schok teweeg als in de dagelijks overspoelde kommen. Op het zuidelijk deel van de Slikken van Flakkee is het schor ook na de afsluiting beweide, waardoor het met de vegetatie-ontwikkeling anders is gegaan. De ruigtekruiden hebben zich hier veel minder goed ontwikkeld. De zoutplanten werden in veel gevallen direct opgevolgd door zoutmijdende grassen, vooral Ruw beemdgras, Engels raagras en Fioringras, terwijl ook Witte Klaver een belangrijk aandeel had. Een groot deel van dit gebied is inmiddels geëgaliseerd en als bouwland in gebruik genomen.

Figuur 4 geeft weer hoe de verspreiding van Gewoon kweldergras, Akkerdistel – als representant van de ruigtekruiden – en Strandkweek – representant van de grassenvegetatie – in de periode 1972 t/m 1977 is geweest. De kweldergrasvegetatie kon zich tot 1974 handhaven, maar daarna ging ze snel achteruit. De Akkerdistel kwam in 1973 op en breidde zich in 1974 sterk uit, maar vrijwel alleen in de vroegere Engels-slijkgrasvegetatie. Pas in 1975 vond uitbreiding plaats naar de kweldergrasvegetatie. In 1976 begon de Akkerdistel sterk achteruit te

gaan. In de kommen waar in 1973 massaal Akkerdistel stond, kwam in 1972 nog overwegend een vegetatie voor van zouttolerante ruigteplanten, in de eerste plaats schorrekruid. Op de onderste serie kaartjes is te zien dat na de Akkerdistel Strandkweekgras sterk op kwam zetten en vanaf 1977 in belangrijke delen van het gebied overheerst.

In figuur 5 is het verschil in ontwikkeling weer gegeven tussen twee kommen met verschillende uitgangsv egetatie.

In figuur 5a is de uitgangsv egetatie Engels slijkgras; maar dat was al zo snel verdwenen dat er bij de eerste beschrijving in 1973 geen Engels slijkgras meer over was. In de periode 1973 t/m 1975/1976 groeiden hier overwegend ruigtekruiden. In 1976 begonnen de grassen zich te manifesteren; in 1977 en 1978 werden deze grassen aspectbepalend.

zand lage duintjes ontstaan, tot 50 cm hoog. Mede hierdoor is er in deze zone een grote afwisseling ontstaan in abiotische omstandigheden. Er komen overgangen voor tussen droog en nat, zoet en zout, lutumrijk en lutumarm. De vegetatie in deze zone is dan ook de meest afwisselende en soortenrijke van het gehele gebied.

Het Engels slijkgras is ook in deze zone snel achteruitgegaan, al komen er tot op heden sporadisch exemplaren voor. Ook de andere oorspronkelijk in deze zone aanwezige zoutplanten zijn vrij snel verdwenen, uitgezonderd Lamsoor, dat nog steeds tamelijk frequent voorkomt.

Door de geringe voedselrijkdom van de bodem is het stadium van de ruigtekruiden hier relatief kort geweest en minder uitbundig dan op het schor. Vooral basterdwederiksoorten waren dominant. Van het begin af aan vestigden zich ech-



In figuur 5b is de uitgangsv egetatie Gewoon kweldergras. Dit kon zich tot 1974 goed handhaven, maar daarna begon zich dezelfde ontwikkeling voor te doen als in figuur 5a: eerst ruigtekruiden en daarna grassen. Het ruigtekruidenstadium is hier echter later en korter dan in de kommen met Engels slijkgras.

De slechte kiemmogelijkheid van zaden in de kweldergrasvegetaties wordt geïllustreerd door figuur 3. Het is opvallend dat de opslag van houtige gewassen vooral heeft plaatsgehad in de voormalige Engels-slijkgrasvegetaties, en in de dichte zodevormige kweldergrasvegetatie bijna niet.

De schorrand

Na de afsluiting zijn in de oorspronkelijke Engels-slijkgrasvegetatie door het instuiven van

ter ook tientallen andere soorten in deze zone. Al in 1975 breidden de grassen zich hier sterk uit, voornamelijk Strandkweek, Floringras, Ruw beemdgras, Veldbeemdgras, Duinriet en Witbol. De vegetaties zijn echter minder dicht dan in de kommen en ze hebben in de ondergroei veel mos. Door het droge en zandige karakter van de schorrand komen hier behalve de grassen ook vrij veel soorten voor die kenmerkend zijn voor droge graslanden, zoals Biggekruid, Thrinicia, Scherpe fijnstraal en Jacobs kruiskruid.

Figuur 7 illustreert deze ontwikkeling. Hier is te zien dat de oorspronkelijke schorreplanten vrij snel afnamen, met name Engels slijkgras. Vervolgens was er een korte opbloei van ruigtekruiden, vooral Harde basterdwederik, gevolgd door elkaar opvolgende grassen. Behalve door deze kruidachtige planten wordt het aanzicht in deze zone nu ook sterk bepaald door de opslag

van houtachtige planten, die inmiddels soms tot 3 à 4 m hoogte zijn uitgegroeid. De soorten-samenstelling daarvan is in deze zone geheel anders dan op het schor. De voornaamste soort is de Boswilg, maar ook Grauwe wilg, Kruiwilg en Duindoorn zijn belangrijk. Daarnaast komen nog zo'n 15 andere soorten voor, waaronder diverse smalbladige wilgen, Ruwe berk, Ratelpopulier, Dauwbraam, Meidoorn en roos. De meeste struiken hebben zich hier, evenals in de kommen, in de eerste 2 à 3 jaar na de afsluiting gevestigd. Er vinden nog steeds nieuwe vestigingen plaats, en hier meer dan op het schor, waarschijnlijk omdat er door de meer open vegetatie betere kiemmogelijkheden zijn. Duindoorn breidt zich ook sterk vegetatief uit, door de vorming van wortelopslag. Opmerkelijk in deze zone is het massale voorkomen – sinds 1972 – van de Adelaarsvaren, die

we in Nederland verder vrijwel uitsluitend aantreffen onder kalkarme omstandigheden. Hier groeit hij echter bij kalkgehalten tot 10 %. De vestiging van deze soort hangt waarschijnlijk niet samen met het kalkgehalte van de bodem, maar met andere abiotische factoren, zoals de bodemvochtigheid, de openheid van de bodem, de temperatuur en de voedselrijkdom van de bovenste bodemlaag. Het toevallig tegelijk voorkomen van enkele van deze factoren zorgde tijdelijk voor een geschikt kiemingsmilieu voor deze soort. Het is goed mogelijk dat bij andere weersomstandigheden in 1972 helemaal geen kieming had plaatsgevonden. Nieuwe vestigingen zijn na 1972 niet meer waargenomen. Hieruit blijkt wel dat behalve abiotische factoren ook het toeval invloed heeft op de vegetatie-ontwikkeling, met name in de eerste periode. De laatste jaren heeft zich ook nog een tweede va-



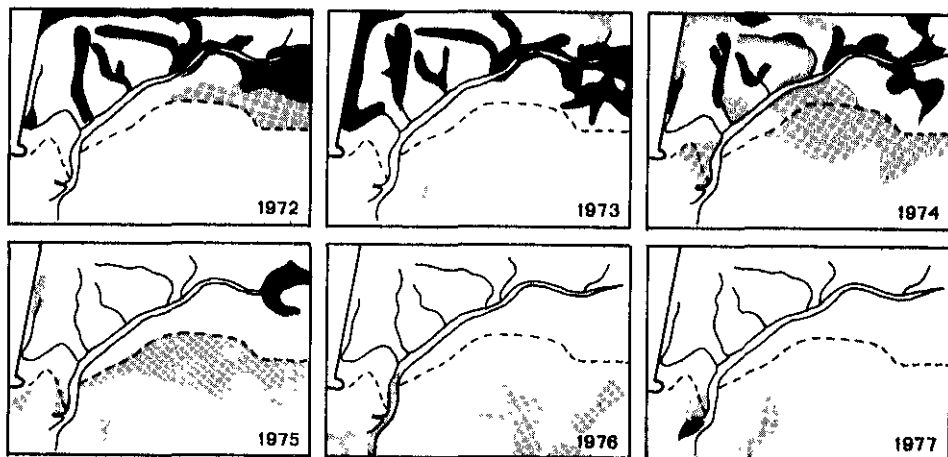
Links: het schor in 1971, met Gewone Zoutmelde op de oeverwal

Rechts: het schor in 1977. Voornamelijk Strandkweek met op de achtergrond vlierstruiken

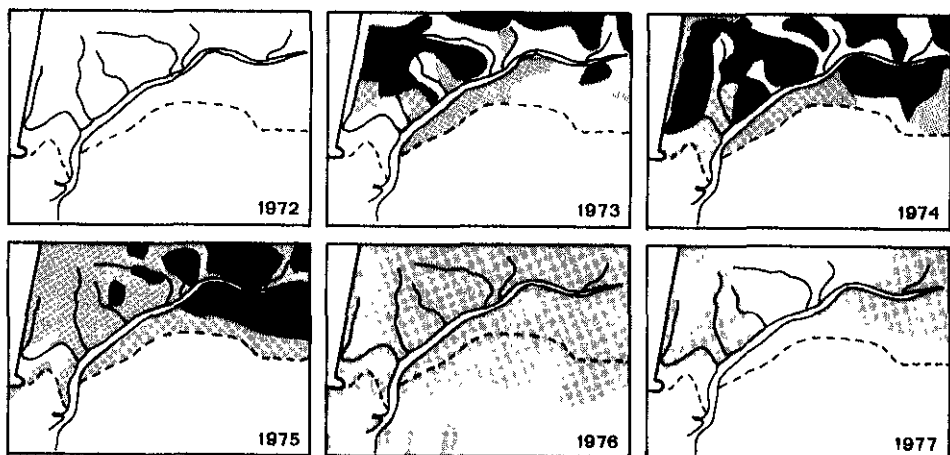
rensoort vrij veel gevestigd: de Smalle stekelvaren. Men kan in deze zone nu en dan ook de meest wonderlijke combinaties van plantensoorten aantreffen zoals: Lamsoor met Adelaarsvaren en Duindoorn of Engels slijkgras met Biggekruid en Smalle stekelvaren. Tot goed begrip: in de vegetatiekunde is dit als combinatie vergelijkbaar met bij voorbeeld zure haring met slagroom in het culinaire vlak.

Het slik

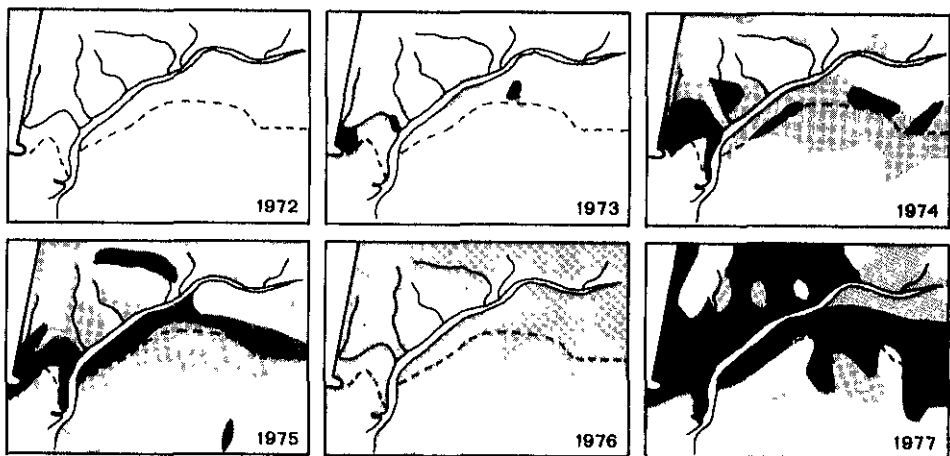
Op het slik zijn de vegetatie-ontwikkelingen minder explosief verlopen dan op de schorren. Door het ontbreken van een natuurlijk drainage-systeem stroomt het regenwater voor een groot deel langs de oppervlakte weg, waardoor de ontzilting erg langzaam verloopt. De eerste jaren na de afsluiting raakten de hoge-



Gewoon Kweldergras



Akkerdistel



Strandkweek

1 - 25% bedekkend  > 25% bedekkend



Foto: schorrand met wilgen en bloeiend Jacobskruid, 1977

Fig. 3. Vegetatie in 1972 en opslag houtige gewassen in 1975, in het proefgebied zuid

Legenda vegetatie in 1972:

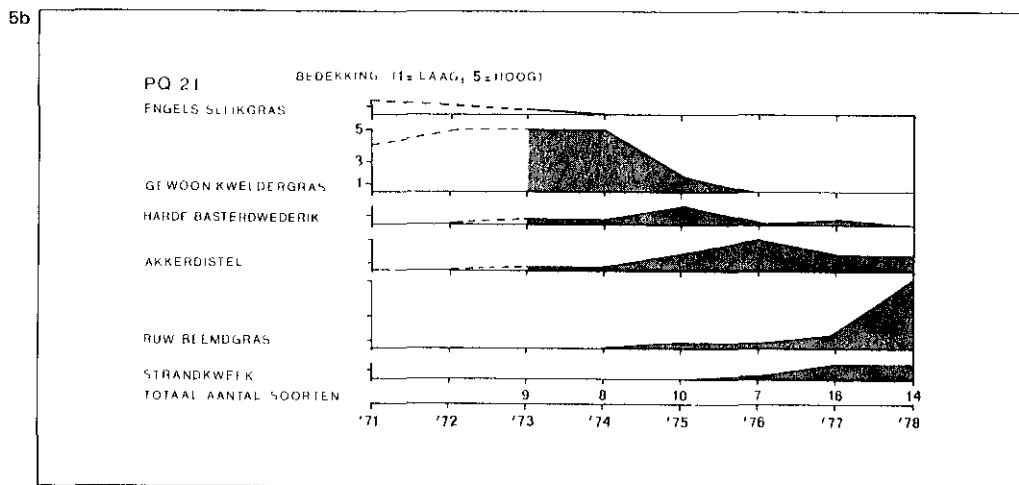
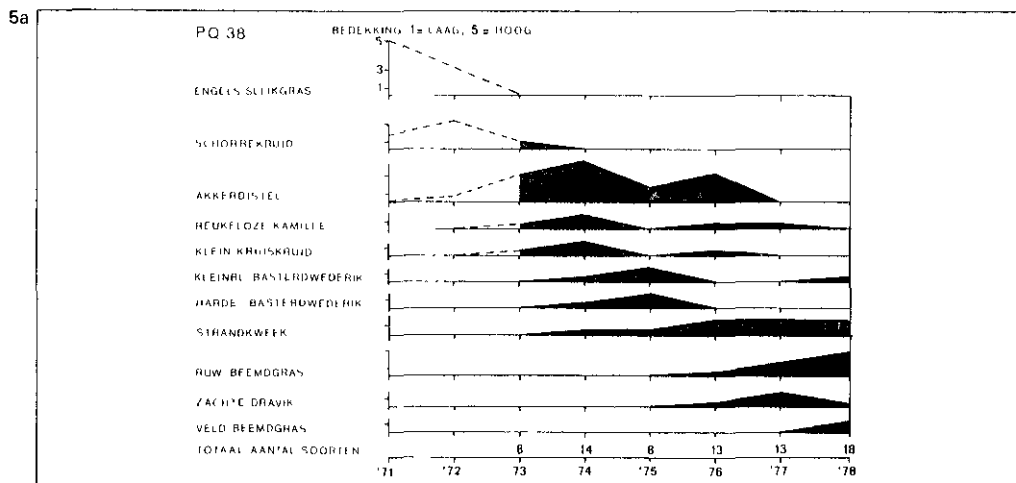
1. Gewone zoutmelde
2. Engels slijkgras en Zeeaster
3. Gewoon kweldergras
4. Zeekraal
5. Kleiput met Schorrekruid en Zeekraal

Fig. 4. Verspreiding van enkele planten in het proefgebied noord, 1972-1977

re delen van het slik begroeid met een ijle vegetatie van Zeekraal en Schorrekruid. In de daaropvolgende jaren werd deze begroeiing geleidelijk dichter, terwijl hij zich ook uitbreidde naar de lagere delen van het slik. Op de hogere, meer ontzilte delen vestigden zich geleidelijk aan meer zoutmijdende planten. Er is een gezonde vegetatieopbouw ontstaan waarbij van laag naar hoog achtereenvolgens zones zijn te onderscheiden met dominantie van Zeekraal, Zilte schijnspurrie, Stomp, Bleek en Blauw kweldergras vaak met Zeeaster en Zeevertmuur, en met dominantie van mos – vooral Krulmos –, met allerlei meer zoutmijdende planten zoals Reukeloze kamille, Harde en Kleinbloemige basterdwederik, Klein streepzaad, Greppelrus, Straatgras, Fioringras en Ruw beemdgras. Op vochtige ontzilte plaatsen komen in deze zone vaak soorten voor die kenmerkend zijn voor de pioniervegetaties uit vochtige duinvalleien, zoals Beekgele droogbloem, Fraai- en Strandduizendguldengkruis, Sierlijke vetmuur en sedert 1978 ook de zeldzame Bitterling. In deze bovenste zone vestigen zich ook Duindoorns en Kruiwilgen.

Door de voortschrijdende ontzilting schuiven deze zones langzaam op in de richting van de oever.

Langs de flauw aflopende oever doet zich nog een interessante ontwikkeling voor. Daar spoelt in de wintermaanden veel veek aan, voornamelijk bestaand uit dood zeegras. Dit vloedmerk kan tijdens storm een flink eind het slik worden opgedreven, en blijft daar dan in richels liggen. 's Zomers stuift er vaak zand in deze richels, waardoor lage ruggen ontstaan, die in veel gevallen begroeid raken met stikstofminnende planten als Schorrekruid, Reukeloze kamille en Spiesmelde. De laatste jaren concentre-



ren deze ruggetjes zich steeds meer in één zone langs de oeverlijn, waarbij ze een min of meer aaneengesloten oeverwal gaan vormen. De vorming van zo'n oeverwal kan een belangrijke invloed hebben op het erachter gelegen gebied, omdat de overspoeling met zout meerwater er sterk door kan worden belemmerd, terwijl zich achter de oeverwal zoet regenwater kan gaan verzamelen.

Om zandverstuiving tegen te gaan zijn in 1972 de hoogste delen van het slik ingezaaid met een graan/grasmengsel dat voornamelijk bestond uit gerst of rogge met Rood zwenkgras, Engels raaigras en Veldbeemdgras. Dit mengsel is ingezaaid in richels op een afstand van 10 cm in twee richtingen loodrecht op elkaar. Het gras is aanvankelijk alleen op deze inzaairichels tot ontwikkeling gekomen, zodat er een eenvormig, regelmatig ruitenpatroon ontstond. Pas de laatste

Fig. 5. Vegetatie-ontwikkeling in twee kommen in het proefgebied, met als uitgangsv egetaties respectievelijk Engels slikgras (boven) en Gewoon kweldergras

Fig. 6 Vegetatie-ontwikkeling op de Schorrand

Fig. 7 Ontwikkeling van de vegetatie op het slik

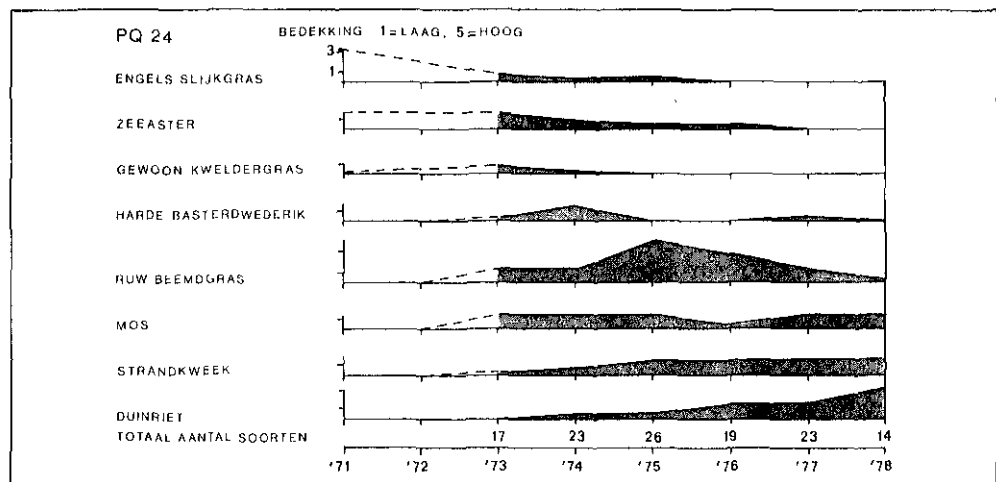
twee jaar begint de vegetatie zich wat meer te sluiten. Andere soorten hebben zich in dit gebied echter tot op heden slechts in beperkte mate kunnen vestigen. De ingezaaide soorten hebben vermoedelijk zo'n grote voorsprong op de zich spontaan vestigende soorten, dat er wellicht pas na lange tijd, of mogelijk nooit, zo'n gedifferentieerde vegetatieopbouw zal ontstaan als bij spontane ontwikkeling mogelijk is.

Prognose en beheer

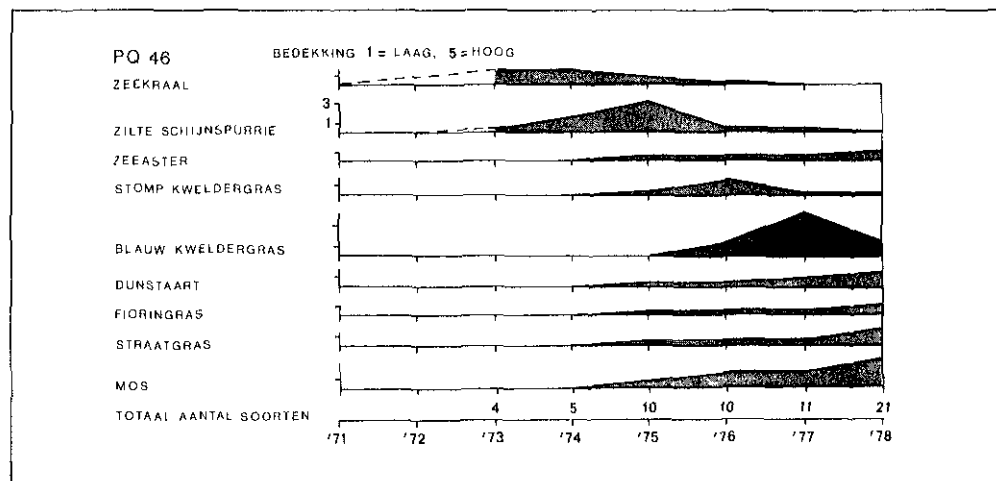
In de Nieuwe Inrichtingsschets Grevelingenbeken zijn de Slikken van Flakkee aangewezen als natuurgebied. Volgend op deze aanwijzing wordt er thans gewerkt aan een inrichtings- en beheersplan voor het gebied. Om zo'n plan te kunnen maken is het onder meer van belang er een zo goed mogelijk inzicht in te hebben hoe

de huidige vegetatie er nu uitziet, welke vegetaties men in de toekomst kan gaan verwachten en hoe men daar, door gericht beheer, invloed op kan uitoefenen.

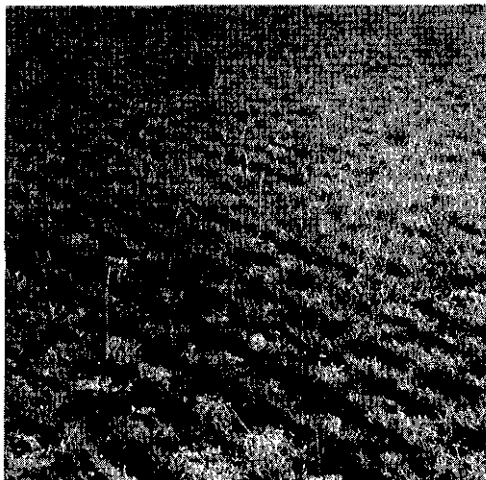
Een voorspelling maken van de te verwachten vegetatie in dit gebied is niet eenvoudig, omdat er geen goede voorbeelden zijn van vergelijkbare gebieden. Uit de vegetaties die zich tot nu toe hebben gevestigd blijkt echter dat er vooral op de zandgronden overeenkomsten zijn met de vegetaties uit de duinen. Zo ontwikkelen zich nu struwelen die overeenkomst vertonen met de duinstruwelen: veel Duindoorn, Liguster, Meidoorn, rozen en Dauwbraam. De grassen en kruidenvegetaties op vochtige plaatsen vertonen overeenkomsten met die der vochtige duinvalleien, met soorten als Duinriet, Kruiwilg, Duizendguldenkruid, Sierlijke vetmuur, Moeraswespenorchis en Bleekgele droogbloem. De



6



7



Ingezaaid slik; 1975

zoutvegetaties vertonen gelijkenis met die der achterduinse strandvlakten, zoals die in het Deltagebied te vinden zijn in de Kwade Hoek op Goeree en de Verdrongen Zwartepolder en het Zwin in Zeeuws Vlaanderen.

Er zijn echter ook duidelijke verschillen met deze vegetaties, vooral in abiotisch opzicht. Het is dan ook nog niet goed mogelijk om aan te geven wat de uiteindelijke vegetatie zal gaan worden. Het beheer zal zo flexibel moeten zijn dat men op bijzondere ontwikkelingen kan inspelen. Toch zal hier een globale prognose worden gegeven van de mogelijke toekomstige vegetatie-ontwikkelingen; er kunnen zich echter belangrijke afwijkingen voordoen!

Op de schorren kan verwacht worden dat de grassen- en kruidenvegetatie zich verder zal ontwikkelen in de richting van de vegetaties uit het Glanshaververbond, dat vaak in bermen voorkomt, met soorten als Frans raaigras, Bereklauw, wilde Peen, Kropaar en Smalbladig kruiskruid. De struiken zullen verder uitgroeien en zich meer aaneensluiten. Mogelijk dat zich hier in de toekomst een voedselrijk loofbos zal gaan ontwikkelen, bij voorbeeld een Essen-iepen bos.

Op de schorrand zullen de struiken zich al vrij snel aaneensluiten, waardoor er een soort wilgenbos ontstaat. Op het Aardbeieneiland in het Veerse Meer bleek dat in een dergelijk bostype de berk zich na ongeveer 15 jaar sterk ging uitbreiden. Waarschijnlijk zal dit ook hier het geval zijn, zodat de ontwikkeling in de richting van een Duinberkenbos zal kunnen gaan, met wellicht ook veel kenmerken van een Essen-iepenbos. Het is mogelijk dat de Adelaarsvaren zich zal weten te handhaven. Indien zich echter geen bos ontwikkelt, zal hij door de dichte grassenvegetatie worden verdrongen. De grassenvegeta-

ties op de schorrand hebben een duidelijk droger karakter dan op het schor; behalve soorten uit het Glanshaververbond zullen zich waarschijnlijk ook soorten uit de duinweiden kunnen uitbreiden tot een Duinviooltjesverbond.

Op de drogere delen van de slikken zullen vooral de Duindoornstruwelen zich de eerste 10 tot 20 jaar sterk uitbreiden. Op den duur zullen zich hierin allerlei andere struiken vestigen, zoals rozen, Meidoorn, Liguster en ook berken, waarna de successie meer naar een opgaand bos, een Duinberkenbos, kan gaan. Op de lagere, nattere delen zal Kruiplwilg gaan domineren en kunnen wellicht ook andere wilgensoorten zich gaan ontwikkelen. De grassen- en kruidenvegetaties zullen op de hogere delen vooral overeenkomsten hebben met de duinweiden uit het Duinviooltjesverbond, met waarschijnlijk ook veel vochtminnende soorten. Op lagere delen zullen zich mogelijk vegetaties van vochtige duinvalleien uit het Dwergbiezenverbond en Knopbiesverbond ontwikkelen.

De ontwikkeling van de zoutvegetaties is sterk afhankelijk van het peilbeheer dat gevoerd gaat worden, maar ook van de mogelijke ontwikkeling van veekduintjes. Het gunstigst is een peil dat 's winters hoger is dan 's zomers. Iedere winter wordt dan een deel van de oeverzone overspoeld, waardoor zich een vrij brede strook met zoutvegetaties kan handhaven. Die gaan dan langzaam over in zoete vegetaties. Juist dergelijke overgangen zijn botanisch zeer interessant. Een peilbeheer met een lager winter- dan zomerpeil, zoals in het Veerse Meer, maakt dat de zoete vegetaties vrijwel tot de oeverlijn lopen, en zoutvegetaties maar zeer beperkt voorkomen.

Bij volledig spontane ontwikkeling zullen zich in het grootste deel van het gebied bossen en stru-

welen ontwikkelen. In Nederland komen zich spontaan ontwikkelende bossen nauwelijks voor, zodat er in dit gebied zeker ruimte voor moet worden gelaten. Bovendien is 'niets doen' een zeer goedkope beheersmaatregel. Het gebied heeft echter veel meer mogelijkheden dan alleen spontane bosontwikkeling. Een groot deel van de floristische rijkdom van Nederland is ontstaan op door de mens intensief gebruikte vochtige hooi- en weilanden, waar overwegend afvoer van minerale stoffen plaatsvond. Op de zo ontstane voedselarme graslanden, de zogenaamde blauwgraslanden, ontwikkelden zich buitengewoon soortenrijke vegetaties. Sedert de uitvinding van de kunstmest is het areaal van dit soort graslanden in een snel tempo achteruitgegaan, zodat er nu geen 100 ha meer over is. Een ander type vochtige voedselarme graslanden komt voor in de duinvalleien. Ook hiervan is het areaal sterk afgenomen, vooral door daling van de grondwaterstand in de duinen als gevolg van drinkwateronttrekking en bebossing. Door de sterke achteruitgang van deze milieutypes is een groot deel van de Nederlandse flora zeer zeldzaam geworden. Elke mogelijkheid om het areaal ervan uit te breiden zou dan ook in principe met beide handen moeten worden aangegrepen. In het oude land zijn hier weinig mogelijkheden toe, omdat de randinvloeden vanuit het omringende cultuurland vaak te sterk zijn. In de nieuwe gebieden zoals de Grevelingen en ook het Lauwersmeer, zijn hiervoor echter goede mogelijkheden. Bij spontane ontwikkeling zullen deze vegetaties zich ook vestigen, maar dit zal dan slechts fragmentair en van korte duur zijn, omdat ze een tussenstadium in de successie vormen, en vrij snel opgevolgd zullen worden door struwelen en bossen. Daarom zal, om dergelijke vegetaties te behouden, een gericht beheer nodig zijn. Te denken valt aan een beheer dat overeenkomsten heeft met het traditionele boerenbedrijf, waarbij delen van het gebied jaarlijks worden gemaaid en andere delen extensief worden beweide, al dan niet met verschillende soorten vee.

Ingevolge de Deltawet worden ook de zeedijken in Friesland op Deltasterkte gebracht. In 1963 werd daarmee – na afwerking van een eerste zwakke-plekkenplan – daadwerkelijk een begin gemaakt. Vanaf Zurich, het aansluitpunt met de Afsluitdijk, werd oostwaarts gewerkt. In 1975 was het gemaal Swarte Harne te Zwarte Haan bereikt, 30 km noordoostelijk van Zurich.

Dijkversterkingen in Friesland

Inmiddels was men ook begonnen vanuit het oosten westwaarts te werken, vanaf het dijkvak voor de Anjumer- en Liessenserpolder, dat als onderdeel van de Lauwerszeewerken al in 1967 was versterkt. Tot op heden zijn aan deze kant vier dijkvakken verbeterd, hetgeen de totale lengte van de uitgevoerde Deltaverhogingen op het Friese vasteland op 48 km brengt. Wel moet nog vanaf Zurich over ca. 19 km de steenbekleding op het buitenbeloop opgetrokken worden. Globaal hebben de uitvoeringskosten daarvan tot nu toe f 100 miljoen bedragen.

Tussen Holwerd en Zwarte Haan ligt nu nog 21 km hoogwaterkering onverbeterd. Voor met de uitvoering van dit gedeelte kan worden begonnen zal eerst een beslissing moeten worden genomen over de aanvaardbaarheid van de indijking die het provinciaal bestuur hier wenst. In 1978 zijn twee dijkvakken gereedgekomen tussen Holwerd en Ternaar. Aangezien ze nog niet in deze Berichten werden beschreven, wordt er deze aflevering aandacht aan besteed.

't Schoor en de Ternaarderpolder

Het dijkvak langs 't Schoor en de Ternaarderpolder werd op 8 maart 1976 aanbesteed. De uit te voeren werken bestonden in hoofdzaak uit het verhogen en verzwaren van de bestaande zeedijk over een lengte van 4,8 km. De hoogte van de oude zeedijk bedroeg langs de Ternaarderpolder N.A.P. + 5,70 m en langs 't Schoor N.A.P. + 6,00 m. De nieuwe zeedijk is ontworpen op een blijvende kruinhoogte van N.A.P. + 8,05 m voor het dijkgedeelte langs de Ternaarderpolder en van N.A.P. + 8,10 m voor het dijkgedeelte langs 't Schoor. De hoogte is gebaseerd op een ontwerp-stormvloedpeil van N.A.P. + 5,50 m. De hoogst bekende stormvloed voor dit kust-

gedeelte bereikte te Wierum op 3 januari 1976 een stand van N.A.P. + 3,70 m.

In het ontwerp van de nieuwe zeedijk is het tracé van de bestaande dijk aangehouden. Hierdoor kon de uit landschappelijk oogpunt interessante inspringende hoek van de zeedijk met voorgelegen zomerpolder bij 't Schoor behouden blijven. Tussen Wierum en 't Schoor lag een buitendijkse verzwaring voor de hand, alleen al in verband met het behoud van de buurtschap 't Schoor. Technisch en financieel was dit ook de beste oplossing. Langs de Ternaarderpolder is de dijk naar binnen toe verwaard als voortzetting van een eerder in zand uitgevoerde provisorische versterking in het kader van het zwakke-plekkenplan. Mede in verband met de vóór de dijk aanwezige dikke sliklagen van de landaanwinningswerken was een buitendijkse verzwaring hier, in tegenstelling tot bij 't Schoor, technisch en financieel niet aantrekkelijk. Dank zij meespelen in de ruilverkaveling gaf de grondverwerving geen problemen.

De verhoging van de zeedijk is uitgevoerd met een zandkern. Op het buitenbeloop van het dijkvak langs 't Schoor werd tot N.A.P. + 2,50 m een 20 cm dikke verdediging aangebracht van koperslabblokken, met daarboven tot N.A.P. + 7,20 m een asfaltbetonbekleding. Voor het dijkgedeelte langs de Ternaarderpolder werd in het ontwerp uitgegaan van een 25 cm dikke taludbekleding met koperslabblokken, tot N.A.P. + 4,60 m, met daarboven tot N.A.P. + 6,85 m een asfaltbetonbekleding. Tengevolge van ernstige moeilijkheden bij de levering van de koperslabblokken werd het ontwerp tijdens de uitvoering gewijzigd. In plaats van de ontworpen 25 cm dikke koperslabblokken werd een 20 cm dikke asfaltbetonglooing aangebracht. Dit was overigens slechts mogelijk door een in de Neder-

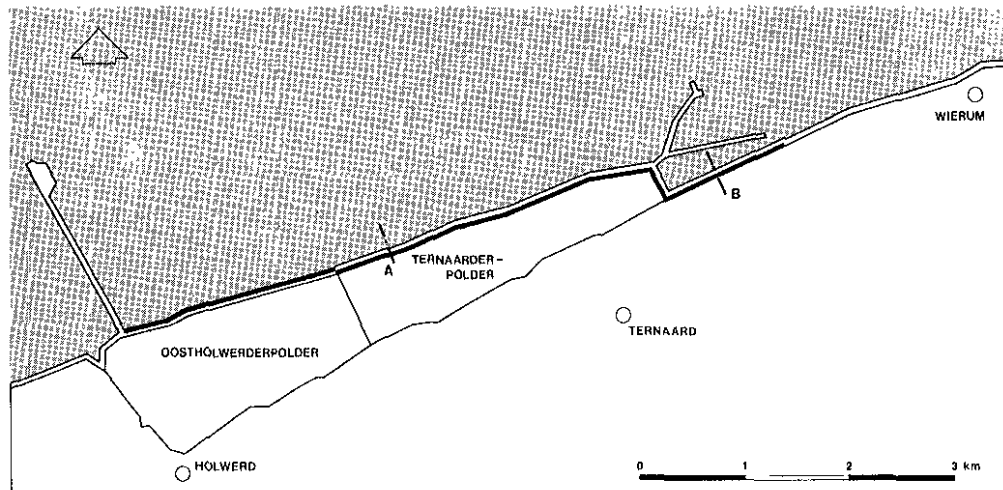


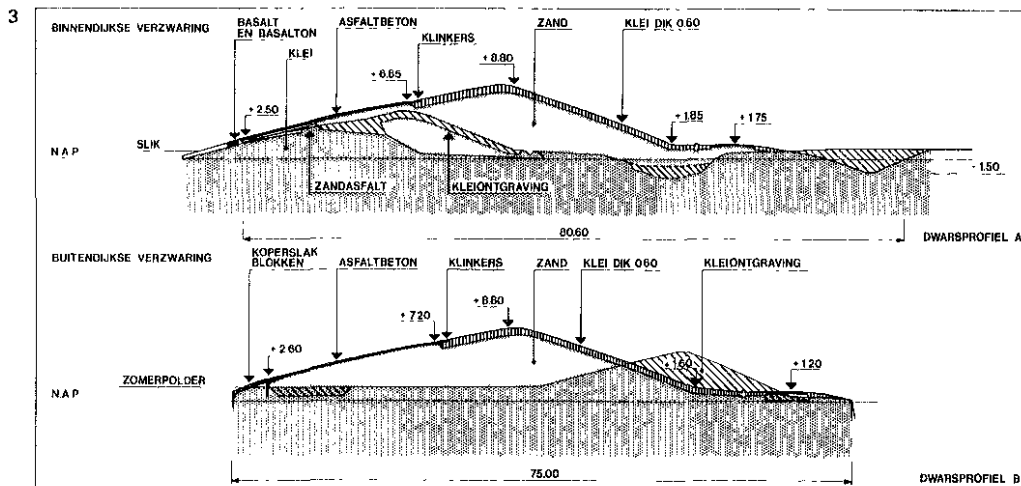
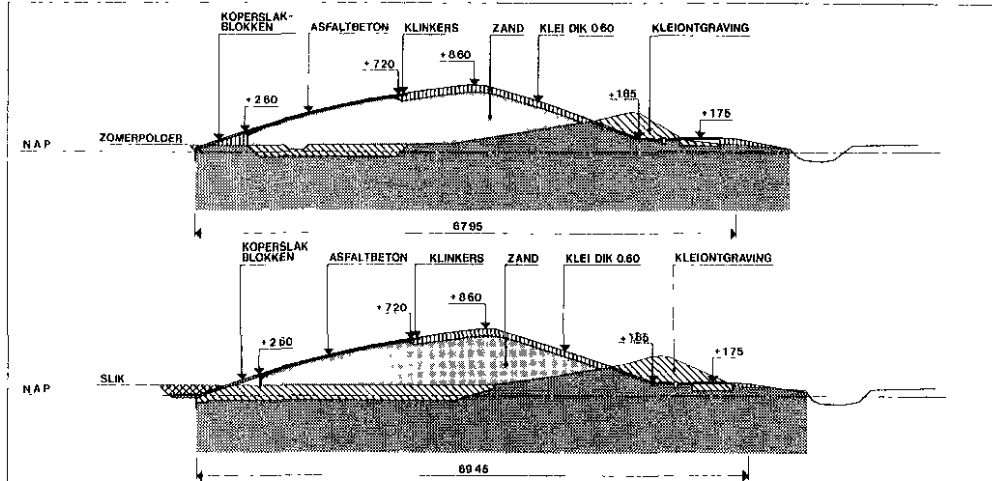
Fig. 1. Overzicht van de dijkversterking tussen 't Schoor en de Veerdam van Holwerd

landse dijkbouw ongebruikelijk constructie toe te passen. De asfaltbetonglooiing werd namelijk middels een tussenlaag van gebitumineerd zand rechtstreeks op de klei aangebracht in plaats van op zand. Of deze vereenvoudigde werkwijze wel deugdelijk was vereiste het nodige vooronderzoek. Dankzij bijzondere medewerking van de Rijkswaterstaat en het Laboratorium voor Grondmechanica kon dit onderzoek nog juist op tijd worden afgerond, alvorens met de uitvoering moest worden begonnen. De uitvoering werd continu begeleid door een vooraf opgesteld meetprogramma; daaruit bleken de resultaten van de nieuwe constructie zo gunstig dat ze inmiddels eveneens met succes is toegepast bij een glooiingverbetering nabij Zurich. In de teen van de dijk werden ter aansluiting op de bestaande verdediging van basaltzuilen betonnen zuilen met een gevarieerde zeskantige vorm toegepast.

Zowel langs de Ternaarderpolder als langs 't Schoor werden het overbuitenbeloop met kruin, het binnenbeloop en de bermen afgedekt met een kleibekleding waarvoor de klei werd ontleend aan de oude zeedijk en de aansluitende maaivelden.

Ten behoeve van de beweiding werden afrasteringen en een voedrinkwaterleiding met drinkbakken aangelegd. Langs het gehele werk is achter de zeedijk een 3 m brede inspectieweg, en aan de zeezijde aansluitend aan de asfaltbetonglooiing een 2,50 m brede onderhoudsberm aangelegd. Ze zijn via op- en afritten met elkaar verbonden. Langs 't Schoor fungeert de inspectieweg achter langs de zeedijk tevens als openbare weg. Hij is hier uitgevoerd als een landbouwweg met minimale bermen van 3,50 m breed. Voor de aanvoer van de materialen ten behoeve van de uitvoering van het dijkwerk

werd op de opdijk tussen de Ternaarder- en Oost Holwerderpolder een aanvoerweg aangelegd. Ter verbetering van de bereikbaarheid van de zeedijk langs de Ternaarder- en Oost-Holwerderpolder is aan deze aanvoerweg in het ontwerp een permanent karakter gegeven. Hoewel er in het bestek rekening mee was gehouden dat de uitvoering van de glooiingwerken twee werkseizoenen in beslag zou nemen, zag de aannemer kans ze in één werkseizoen uit te voeren. Dit was mogelijk geworden dankzij de wijziging van de bekleding met koperslakblokken in asfaltbeton. Met deze constructiewijziging werd derhalve een belangrijk nevenvoordeel bereikt. Bovendien bleek de nieuwe constructie aanmerkelijk goedkoper. Het zand voor dit dijkvak diende aanvankelijk gewonnen te worden op de Noordzee. Bij een eerdere aanbesteding was echter gebleken dat



dit te duur werd. De minister verleende daarna voor dit tijdvak een ontgrondingsvergunning voor het winnen van zand uit de Holwerder Balg, op 4,5 km uit de wal. Tijdens de zandwinning gaf deze afstand toch nog de nodige problemen. Zo werd stagnatie ondervonden door veelvuldig onderhoud aan de persleiding over het Wad, die erg kwetsbaar bleek te zijn voor wind, golfslag en storm.

Het werk werd tijdens de zandwinning en het aanbrengen van de glooiing begunstigd door zeer goed weer. Wel werd zowel in de Ternaarderpolder als langs 't Schoor hinder ondervonden van afschuivingen in de ondergrond. Uit voorspellingen van het Laboratorium voor Grondmechanica was al bekend dat de ondergrond in de Ternaarderpolder aanmerkelijk slechter was dan elders langs de Friese kust. Onder de kruin van de dijk werd een zakkings

Fig. 2. Dwarsprofielen A en B van fig. 1

Fig. 3. Algemene dwarsprofielen van het gedeelte Ternaarderpolder-Holwerd

van in totaal 1,20 m verwacht. Bij 't Schoor leidde de zakking zelfs tot afschuiving van een stuk gereedgekomen koperslakblokglooiing. Bij het afwerken van het grondlichaam in het najaar 1977 werd zoveel hinder ondervonden van de regen dat de aannemer half november in overleg met de directie besloot het werk tijdelijk stil te leggen. Eerst eind april 1978 konden de werkzaamheden weer worden hervat. Niettemin kon het werk dankzij de in het eerste jaar behaalde tijdwinst nog ruim twee maanden binnen de in het bestek gestelde termijn worden opgeleverd.

Veerdam Holwerd-Ternaarderpolder

Aansluitend op de zojuist beschreven werken werd op 7 juni 1977 de dijkverhoging langs de Oost-Holwerderpolder, gelegen tussen de Veerdam nabij Holwerd en de Ternaarderpolder, aanbesteed. Ook hier werd de bestaande zeedijk verhoogd.

De lengte van het werk was 2,1 km. De hoogte van de oude zeedijk bedroeg N.A.P. + 5,00 m. De nieuwe zeedijk is ontworpen op een blijvende kruinhoogte van N.A.P. + 8,25 m. Deze hoogte is gebaseerd op een ontwerp stormvloedpeil van N.A.P. + 5,50 m.

De verhoging werd ook hier uitgevoerd met een zandkern, die werd aangebracht aan de buitenzijde van de bestaande zeedijk. Dit was in de gegeven situatie de meest voor de hand liggende oplossing. Op het buitenbeloop werd tot N.A.P. + 2,50 m een verdediging aangebracht van betonblokken met daarboven tot N.A.P. + 7,20 m een asfaltbetonbekleding.

Om het aanzicht van de dijk te verbeteren zijn de betonblokken aan de bovenzijde voorzien van een uitgewassen basaltspitlaag. Het overige buitenbeloop, met de kruin, het binnenbeloop en de bermen werden afgedekt met een kleibekleding, waarvoor de klei werd ontleend aan de oude zeedijk en het voorliggend maaiveld. Ten behoeve van de beweiding werden afrasteringen en een voedrinkwaterleiding met drinkbakken aangelegd. Langs het gehele werk is achter de zeedijk een 3,00 m brede inspectieweg en aan de zeezijde aansluitend aan de asfaltbetonglooiing, een 2,50 m brede onderhoudsberm aangelegd. Deze zijn via op- en afritten met elkaar verbonden. De uitvoering van het werk vereiste door het late tijdstip van aanbesteding een goede planning en een gedisciplineerde uitvoering. Hieraan heeft de aannemer kunnen voldoen, ondanks het feit dat bij de zandwinning in de Waddenzee vele stagnaties zijn opgetreden. Die werden voornamelijk veroorzaakt doordat persleidingen op de Wadbodem toch wel erg kwetsbaar blijken te zijn voor wind, storm en golfslag.

Er zijn dan voortdurend reparaties noodzakelijk. Een ernstige handicap was daarbij dat de leidningen door de ondiepe Wadbodem niet permanent bereikbaar waren.

De zandwinning voor dit werk was bovendien gecompliceerd. Het benodigde zand werd uit de Waddenzee gewonnen. De winput werd weer gesuppleerd met zand uit de vaarweg tussen Holwerd en Ameland, teneinde de kans op aantasting van de aangrenzende platen te beperken. De zandwinning vanuit de vaarweg was echter mede door de talrijke veerbootpassages aan beperkende voorwaarden gebonden. Dat leidde tot de nodige problemen.

Het werk werd reeds op de 1e oktober 1977 verrast door een zware najaarsstorm met een sterk verhoogde zeestand. Ook in de weken daarna bleef het weer stormachtig en kwamen hoge zeestanden voor. Dit leverde in de uitvoering spannende momenten op: een bouwput voor de aanleg van de betonblokkenverdediging op het buitenbeloop liep vol, in de veerhaven zonk een ponton met dragline. Op een bouwput voor de aanleg van de betonblokkenverdediging op het buitenbeloop liep vol, in de veerhaven zonken een ponton met dragline. Op een vrijdagavond moest nog in allerijl een noodbekleding op het nog niet met asfaltbeton afgedekte zandbeloop worden aangebracht. Het werk heeft verder weinig hinder ondervonden van slecht weer en kon dan ook ruim twee maanden binnen de in het bestek gestelde termijn worden opgeleverd.

Vermeldenswaard is nog dat bij het opruimen van de slikspecie voorlangs de teen van de oude dijk een vliegtuigwrak uit de tweede wereldoorlog werd gevonden. In nauwe samenwerking met de militaire autoriteiten werden de restanten van het wrak doorzocht en opgeruimd.

De kosten van uitvoering van beide werken werden door het Rijk nagenoeg voor 100 % vergoed; de kosten van voorbereiding en toezicht zijn voor rekening van het zeeverend waterschap Eastergoa's Sédiken. De voorbereiding en het toezicht bij de uitvoering werden ook hier namens het waterschap verzorgd door de Provinciale Waterstaat van Friesland.

Het pijlerontwerp

Het ontwerp voor de pijlers van de stormvloedkering is geheel voltooid. In maart 1979 is met de constructie ervan begonnen.

De pijlervoet krijgt schuine zijwanden en rechte kopwanden. De 'skirts' vervallen. De inbedding in de drempel zal, afhankelijk van de plaats, 8 tot 12 m bedragen. De voetplaat, die 25×50 m groot wordt, zal aan de onderzijde door dwarschotten worden gecompartmenteerd. Ook in andere delen van de pijler zijn door optimaliseringsstudies nog detailveranderingen aangebracht: de onderdorpelbalken worden trapeziumvormig gemaakt, en uit één stuk gegoten.

Bij het transport zal de pijler aan de onderzijde worden opgetild, omdat dit geen voorspanning in de pijlerschacht vereist. In plaats van twee zal in de schacht maar één schuifspanning worden opgenomen. De bovenbouw is sterk vereenvoudigd; hij zal uiteindelijk maar uit één koker bestaan, met de onderkant op N.A.P. + 8 m.

De inrichting van het bouwdoek 'Schaar'

Het reeds bestaande bouwdoek 'Schaar', midden in de Oosterschelde, is aangewezen als plaats waar de pijlers voor de stormvloedkering moeten worden gebouwd. De pijlers worden in den droge gemaakt; de in vier compartimenten onderverdeelde bouwput wordt naderhand deel voor deel onder water gezet, zodat het hefschip kan binnenvaren om de pijlers op te pakken en naar de sluitgaten te brengen.

Modelproeven van de pijlerconstructie schaal 1:10 te Kats

Ten einde het inzicht te verbeteren in de grootte van de statische en cyclische belastingen die op de pijlers van de stormvloedkering worden uitgeoefend, is te Kats een proef opgezet op schaal 1:10. In het model werden de drempelconstructie en de pijler nagebouwd; de krachten die door golf en stroom worden uitgeoefend werden op schaal gesimuleerd. De verplaatsing van de pijlers kon exacter dan voorheen met berekeningen worden bepaald. Daarnaast heeft de proef geleid tot verfijning en toetsing van de rekenmethode.

Grondverbeteringen in het tracé van de stormvloedkering

De niet-draagkrachtige grondlagen in het tracé van de stormvloedkering moeten mechanisch worden verdicht, en voor zover dat economisch of technisch niet mogelijk is, worden weggebaggerd en door schoon zand vervangen. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen grondverbeteringen tot 3 m beneden de pijlervoet, en dieper reikende grondverbeteringen. Deze laatste verbeteringen behoeven alleen in de Roompot over grote lengte te worden uitgevoerd.

Het hefschip

Het eindontwerp van het hefschip komt in de tweede helft van dit jaar gereed. Het schip zal zowel het transport als de plaatsing der pijlers verzorgen. Het aanvankelijke plan om het schip met vier poten op de plaats van bestemming op de bodem te zetten en dan de pijler af te vieren, is verlaten; de plaatsingsnauwkeurigheid blijkt

voldoende, ook als het schip drijvende de pijler afzinkt. Het wordt dan in het sluitgat aan een gereedliggende ponton afgemeerd. Op deze afmeerpontons wordt ook een opschoon-installatie verbonden, die de plaats waar de pijler moet terechtkomen, vooraf nog zandvrij maakt. Het hefschip krijgt een zeker eigen motorvermogen, om te zorgen dat het in het bouwdok zelfstandig kan manoeuvreren.

Bij proeven in het laboratorium bleek dat de pijler ook zonder geleideframe voldoende rustig in de takels blijft hangen, dank zij zijn grote gewicht.

De Oosterschelde achter de stormvloedkering

In september 1977 werd de Stuurgroep Oosterschelde ingesteld; zij moet zich bezighouden met de planologische ontwikkelingen in het Oosterscheldegebied na 1985. Deze commissie heeft de problematiek waarmee ze zich bezighoudt geïnventariseerd, een interimbeleid voorgesteld en de richting aangegeven waarin verder onderzoek zal moeten worden gedaan.

De hoofddoelstelling van het beleid moet zijn: handhaving en versterking van de natuurfunctie van de Oosterschelde. Toch moeten er regelingen getroffen worden die andere belangen inpassen in het beheer: allereerst visserijbelangen, dan ook enige recreatie en scheepvaart. Ten aanzien van de recreatie is men uiterst terughoudend. Voorlopig wordt uitbreiding van de watersportfaciliteiten toegestaan met 1500 ligplaatsen voor plezierjachten.

De capaciteit van het lozingsmiddel Zoommeer

Het zoete Zoommeer, gelegen in het meest oostelijke gedeelte van de Oosterschelde, heeft voor zijn peil- en kwaliteitsbeheer een uitlaat-sluis nodig aan de zuidzijde. Deze sluis watert af op de Westerschelde; tussen het Zoommeer en de sluis moet een kanaal gegraven worden, dwars door Zuid-Beveland. Via berekeningen en proeven is getracht vast te stellen welke capaciteit kanaal en sluis dienen te hebben. Er zijn vier alternatieven opgesteld. De Commissie Compartimentering Oosterschelde heeft geadviseerd tot een sluiscapaciteit van 150 m³/sec, en een verbindingskanaal met voorlopig een afvoercapaciteit van 100 m³/sec, die later kan worden uitgebreid.

Berging van specie uit het lozingsmiddel Zoommeer

Door de aanleg van het verbindingskanaal tussen het Zoommeer en de uitwateringssluys op de Westerschelde komt een hoeveelheid bouw-

technisch onbruikbare specie vrij waarvoor een depot moet worden gevonden van 6,5 miljoen m³ inhoud. Een projectgroep heeft negen mogelijke lokaties voor dit depot onderzocht. Ze komt tot de conclusie dat thans slechts een deelbeslissing kan worden genomen. In elk geval zullen verschillende depots in combinatie moeten worden gebruikt. Men overweegt demping van een put in het toekomstige Zoommeer zelf, uitbreiding van het zanddepot Molenplaat, gedeeltelijke demping van een geul in de Westerschelde, en eventueel schoraanleg ten noorden van de Oesterdam.

De vegetatie-ontwikkeling op de Slikken van Flakkee

Sedert 1972 wordt op de Slikken van Flakkee, een buitendijks gebied in het zoute Grevelingenmeer, landschapsoecologisch onderzoek verricht; dit omvat onder meer onderzoek naar de vegetatie-ontwikkeling op de schorren en slikken van het gebied. De veranderingen worden beschreven die achtereenvolgens zijn opgetreden nadat door sluiting van de Brouwersdam de getijbeweging in de Grevelingen was weggevallen. Het proces van vegetatie-opvolging is nog niet tot stilstand gekomen, maar het begint al wel langzamer te verlopen.

Dijkversterkingen in Friesland

Ingevolge de Deltawet worden ook de zeedijken in Friesland op Deltahoogte gebracht. In 1978 is het 7 km lange stuk tussen de veerdam te Holwerd en 't Schoor gereedgekomen. De nieuwe kruinhoogte bedraagt overal meer dan 8 m. Het werk verliep over het algemeen vlot, hoewel er enkele moeilijkheden optraden bij de zandwinning in de Waddenzee.

The design of the piers

The design of the piers of the storm-surge barrier has been completed. In March 1979 a start was made with the construction. The base of the piers will have oblique sides and vertical headwalls. There will be no 'skirts'. Depending on its place on the sill, the pierbase will be 8 to 12 m buried in the sill. The baseplate, measuring 25 x 50 m, will be subdivided by bulkheads.

In other parts of the pier minor changes have also been introduced as a result of optimisation studies: the sillbeams will have a trapezoid shape and will be cast in one piece. For transport, the pier will be lifted from the base, because in this way no pre-stressing in the piershaft will be required. Instead of two sleeves there will be only one sleeve in the shaft. The superstructure was simplified considerably; eventually it will consist of only one tubular bridge with the lowest side at MSL + 8 m.

Set-up of construction-site 'Schaar'

The existing construction-site 'Schaar' in the middle of the Oosterschelde was chosen as the place where the piers for the storm-surge barrier will be constructed 'in the dry'. Afterwards the construction-site, subdivided into 4 compartments, will be flooded in sequence, in order to allow the catamaran to enter, to lift the piers and to transport them to their final places in the mouth of the Oosterschelde.

1:10 model tests at Kats for the pier construction

To improve the knowledge of the statical and cyclical loads on the piers of the storm-surge barrier 1:10 model tests at Kats were made. The sill construction and the pier were reproduced, and the wave and current loads were simulated at scale.

The translation of the piers was determined more precisely than was done by previous calculations. Moreover, the tests made it possible to refine and to test the calculation method.

Soil improvement in the alignment of the storm-surge barrier

Soillayers in the alignment of the barrier which are not supportive enough will have to be compacted by vibration, and as far as this is not economically or technically feasible, they will have to be dredged away and replaced by sand containing no silt.

A distinction has been made between soil improvement up to 3 m below the pierbase and soil improvements which reach deeper. The latter improvement needs only to be executed in the *Roompot channel* over a considerable length.

The catamaran

The final design of the catamaran will be finished in the second half of this year. The ship will transport the piers as well as place them. The initial plan to steady the ship on four legs at the place of destination before lowering the piers, has been abandoned. The accuracy of the placing appeared to be sufficient when the

catamaran lowers the piers while being afloat. The catamaran will be moored alongside a mooring pontoon. This pontoon is equipped with an installation to remove the sand from the place where the pier is to be placed. The catamaran will have its own limited propulsion, in order to be able to manoeuvre in the construction-site by itself. Model tests have shown that the pier hangs sufficiently stable in the tackles even without a guide frame due to its heavy weight.

The Oosterschelde behind the storm-surge barrier

In September 1977 the Steering Committee Oosterschelde was inaugurated and charged with the planning of the Oosterschelde area after 1985. This committee made an inventory of the problems it has to deal with, proposed a provisional management and indicated the direction in which further research needs to be done.

The main policy can be defined as maintaining and strengthening the ecological function of the Oosterschelde. Nevertheless regulations must be made to recognise other interests: interests of the fishing industry in the first place, but then also some recreational and shipping interests. For the time being the facilities for the aquatic sports are allowed to increase by 1500 berth for yachts.

Capacity of the discharge medium for the Zoommeer

The fresh water Zoommeer, situated in the most eastern part of the Oosterschelde, needs a discharging sluice at the south-end of the lake in order to control both level and quality of the water. This sluice discharges on the Westerschelde. Between the Zoommeer and the sluice a canal must be dredged across Zuid-Beveland. By means of calculations and model tests it was endeavoured to determine the capacity of the canal and the sluice. Four alternative plans were suggested. The Committee for the Compartmentation of the Oosterschelde advised a sluice capacity of 150 m³/s, with a connecting canal of an initial discharge capacity of 100 m³/s, which, if necessary, can be increased later on.

Storage of dredged material from the discharge medium of the Zoommeer

Due to the excavation of the connecting canal between the Zoommeer and the discharge sluice near the Westerschelde 5,5 million m³

dredged material comes out which is of no use, so that a dump place has to be found. A project team examined nine possible locations for the dump places. The team comes to the conclusion that at present only a partial decision can be made. Anyhow, several dump places will have to be used together. Filling up a pit in the future Zoommeer itself has been considered, besides expansion of the sand depot Molenplaat as well as the partial filling up of a channel in the Westerschelde, and possibly the construction of saltings north of the Oesterdam.

Vegetation developments on the Slikken van Flakkee

Since 1972 landscape ecological research has been executed on the Slikken van Flakkee, an area outside the dike in the stagnant salt Grevelingenmeer. It includes a.o. research into the vegetation developments on the saltings and mudflats of this area. The successive changes are described which took place in the vegetation since the tidal movement came to a halt by the closing of the Brouwersdam. The process of succession of vegetations has not stopped yet, but it is noticeably slowing down.

Strengthening of the dikes in Friesland

The seadikes in Friesland are also raised to a height prescribed by the Delta Act. In 1978 the 7 km long stretch between the ferry-quay at Holwerd and 't Schoor was finished. The new crest height is slightly over MSL + 8 m. In general the work progressed smoothly, although some problems arose during sand dredging in the Waddenzee.

Fotoverantwoording

Wim Riemans 432, 456, 458
Rijkswaterstaat Reprografie 442, 443
Deltadienst 474, 475, 477
N.S.P. 452

