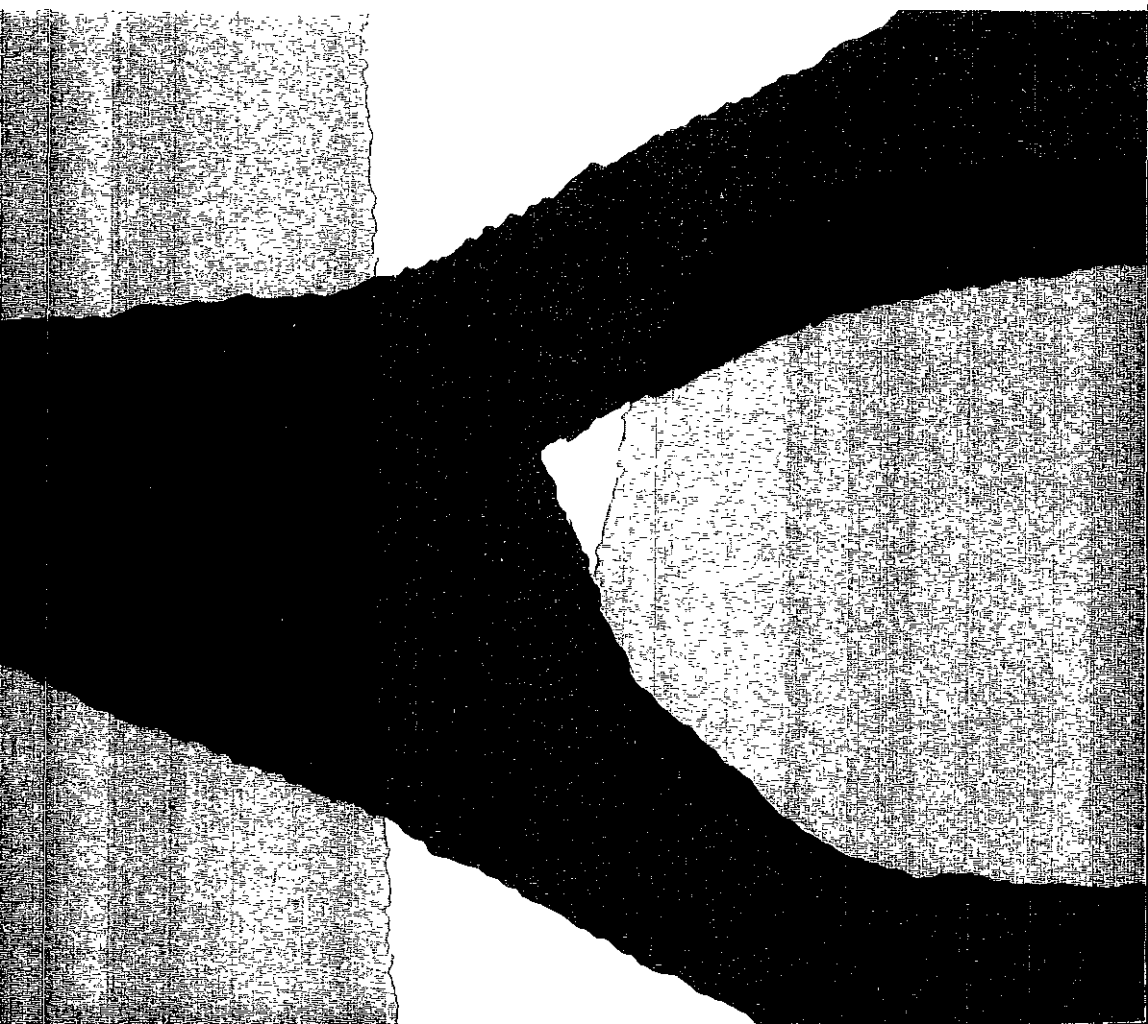


Driemaandelijks Bericht
nummer 77, augustus 1976

deltawerken



Deltawerken

Redactie:

Deltadienst
Van Alkemadelaan 400
's-Gravenhage

Abonnementen en verkoop losse nummers:

Staatsuitgeverij
Chr. Plantijnstraat 1,
's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 19,- per jaar
of f 5,- per nummer

Inhoud

De regeringsbeslissing over de bouw van een
stormvloedkering in de Oosterschelde 355

Veranderingen in het landschap van de
Korendijkse en Beninger Slikken, na de
afsluiting van het Volkerak en het
Haringvliet 360

Landschappelijke afwerking van de
duinverdediging bij Westerschouwen 374

Het verloop van de waterstanden en de
golfbeweging langs de Nederlandse kust
tijdens de storm van 3 en 4 januari 1976 382

De traditie in de dijkbouw 388

Het ijsonderzoek voor de Oosterschelde 396

Vorderingen 405

In dit nummer is een fotoserie opgenomen
van de hand van Peter van der Velde
over het thema: 'Recreatie in de Delta'



De regeringsbeslissing over de bouw van een stormvloedkering in de Oosterschelde

Op 23 juni 1976 heeft de Tweede Kamer der Staten-Generaal een brief besproken van de Minister van Verkeer en Waterstaat, gedateerd 17 juni 1976, en handelend over de Oosterschelde. De Minister bericht daarin aan de Tweede Kamer dat de Regering definitief heeft besloten de Oosterschelde te doen afsluiten met een stormvloedkering. De brief ging vergezeld van het 'Eindrapport Stormvloedkering Oosterschelde', en een nota getiteld 'Analyse Oosterschelde-alternatieven'. Zoals in Bericht 71 (februari 1975) werd meegedeeld, besloot de Regering in november 1974 in beginsel om de Oosterschelde te doen afsluiten met permanente stormvloedkerende doorlaatcaissons. Daarbij werden toen echter drie ontbindende voorwaarden gesteld, waarover een studie van anderhalf jaar uitsluitel zou moeten verschaffen. Deze voorwaarden waren:

- a. de afsluitbare dam moet technisch uitvoerbaar zijn (de technische voorwaarde);
- b. de werken moeten in 1985 kunnen zijn voltooid (de voorwaarde ten aanzien van de tijdsduur);
- c. de meerdere kosten mogen een bedrag van f 1750 miljoen met niet meer dan 20% overschrijden (de financiële voorwaarde).

Indien aan één of meer van deze voorwaarden niet zou worden voldaan, dan zou de bouw van de stormvloedkering niet doorgaan; in dat geval zou de Oosterschelde alsnog conform het oorspronkelijke Deltaplan worden afgesloten.

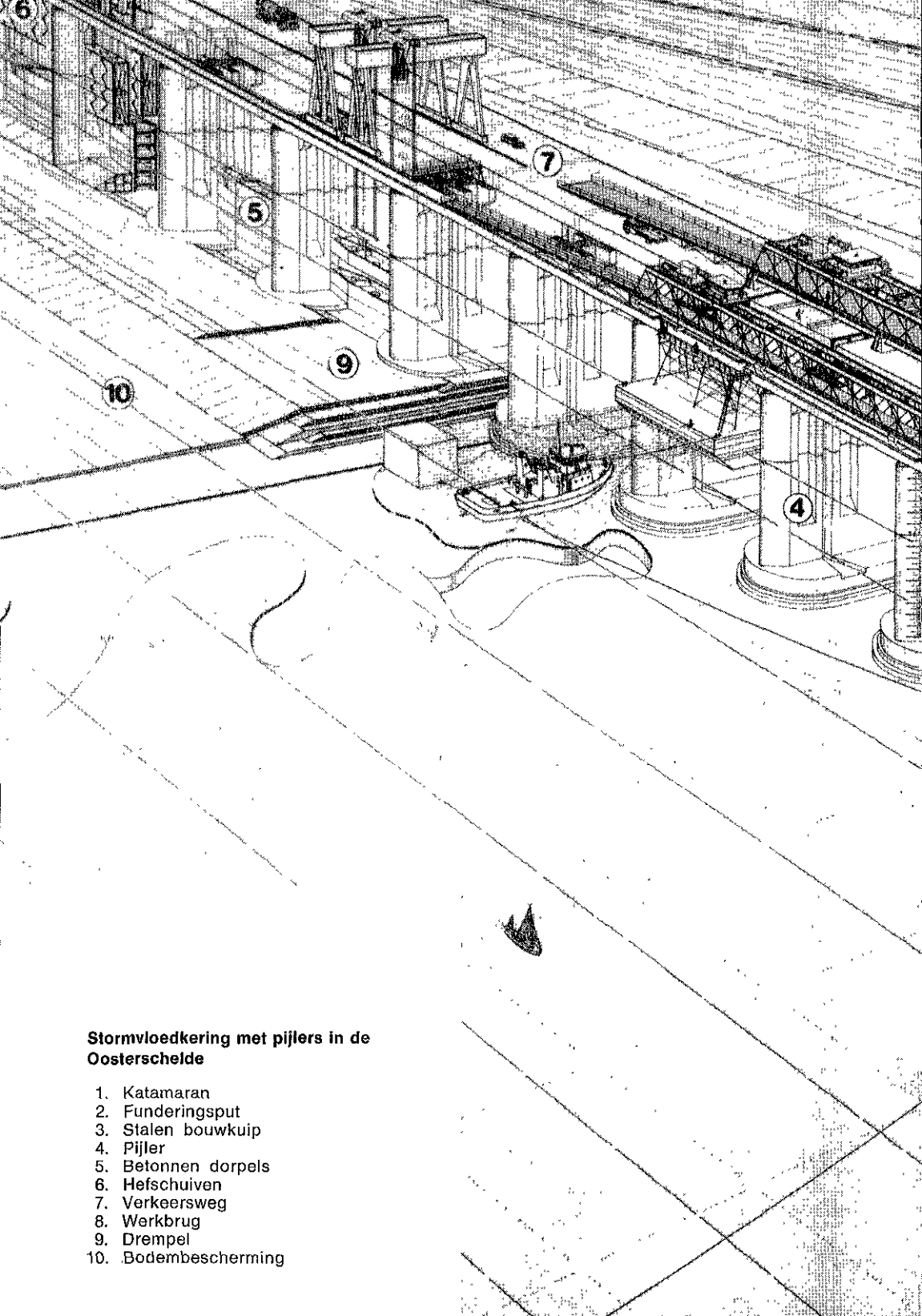
Uit het Eindrapport Stormvloedkering Oosterschelde blijkt thans, dat aan de technische voorwaarde en de voorwaarde ten aanzien van de tijdsduur kan worden voldaan, terwijl de financiële voorwaarde met slechts

een relatief gering bedrag zal worden overschreden.

In het Eindrapport worden drie varianten behandeld, die op grond van de voorstudies als meest belovend konden worden uitge-selecteerd en wel: caissons op staal, dus gefundeerd op een stortstenen drempel, direct op de eventueel verdichte geulbodem; caissons op putten, waarbij tot de diepere draagkrachtige lagen reikende, zeer grote verticaal geplaatste betonbuizen de fundering van de caissons zouden vormen; en pijlers op putten, waarover verderop iets meer.

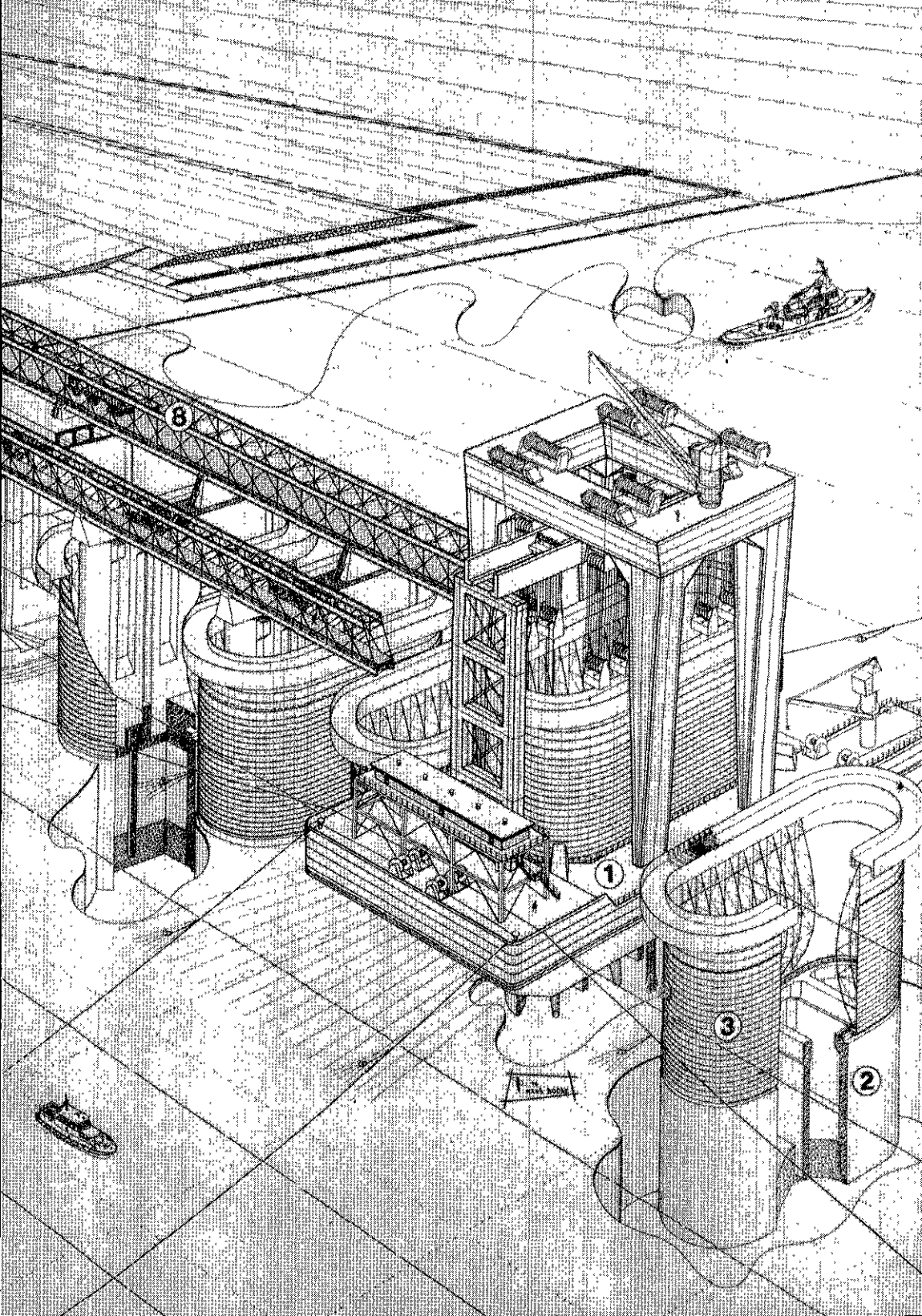
Aan een fundering op staal kleven grote onzekerheden ten aanzien van de drempel-opbouw, met name vanwege de natuurlijke zandbeweging in de zeegaten. De variant met caissons op putten zou f 500 miljoen duurder worden dan de beide andere; ook zijn aan de plaatsing van caissons op putten grote risico's verbonden. De voorkeur gaat dan ook uit naar het ontwerp met pijlers op putten. De aan deze oplossing verbonden ontwerp- en uitvoeringsproblemen worden oplosbaar geacht ondanks het feit, dat met de uitvoering van zo'n constructie nog weinig ervaring is opgedaan. Deze kering kan in 1985 bedrijfsgereed zijn en de kosten ervan vallen in dezelfde orde van grootte als die van de variant 'caissons op staal'; mogelijk zijn ze zelfs nog wat lager.

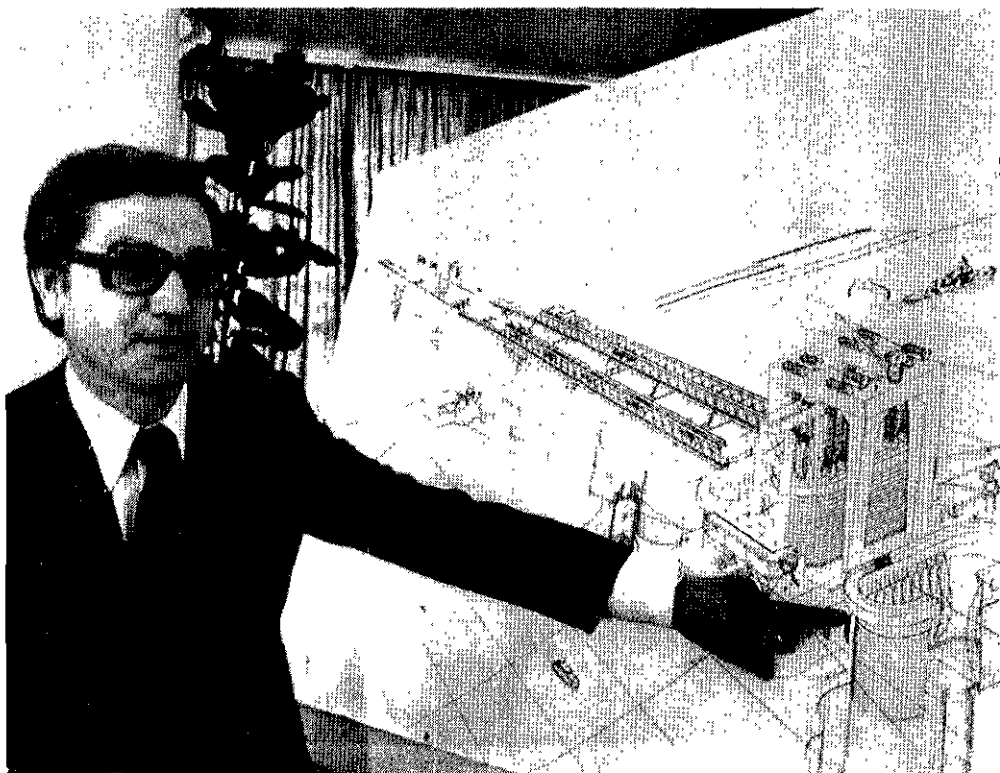
De stormvloedkering volgens de variant 'pijlers op putten' bestaat uit pijlers die in de drie geulen van de Oosterschelde zijn geplaatst op onderlinge afstanden van 40 m. Elke pijler is gefundeerd op drie in de bodem ingegraven putten. Tussen de pijlers



Stormvloedkering met pijlers in de Oosterschelde

1. Katamaran
2. Funderingsput
3. Stalen bouwkuip
4. Pijler
5. Betonnen dorpels
6. Hefschuiven
7. Verkeersweg
8. Werkbrug
9. Drempel
10. Bodembescherming





– in totaal 83 stuks – worden stalen schuiven gehangen, die onder normale omstandigheden open staan, maar die bij stormvloed kunnen worden gesloten.

Aankankelijk was men van mening, dat de stormvloedkering met een dubbel stel schuiven zou moeten worden uitgerust, zoals gebruikelijk bij kunstwerken in een belangrijke waterkering.

Uit de technische studies en uit een uitgevoerde risico-analyse is evenwel gebleken dat bij een stormvloedkering volgens de pijlerconstructie, in het speciale geval van de Oosterschelde, zonder enige concessie op het punt van veiligheid kan worden volstaan met een enkele kering.

Het in het eindrapport voorgelegde plan gaat uit van een compartimentering volgens model C3-Kanaal door Zuid-Beveland, overeenkomstig de beslissing van de Regering van december 1975. Dit compartimenteringsmodel voorziet in de aanleg van een dam tussen St.-Philipsland en de Grevelingendam – de zogenaamde Philipsdam –, een dam tussen Zuid-Beveland en Tholen – de zogenaamde Oesterdam –, en het verbeteren van het Kanaal door Zuid-Beveland

Met de bouw van de stormvloedkering is naar raming een bedrag gemoeld van f 2910 miljoen. De compartimentering vraagt een bedrag van f 1175 miljoen en de benodigde partiële dijkverhoging een bedrag van f 180 miljoen.

Vergeleken met de kosten van de afsluiting volgens het oorspronkelijke Deltaplan – totaal f 1550 miljoen – is het nieuwe plan f 2715 miljoen duurder. Deze bedragen zijn gebaseerd op het prijspeil van begin 1976. Wordt het toegestane bedrag van f 1750 miljoen eveneens omgerekend naar het prijspeil van begin 1976, dan wordt dat f 2135 miljoen. Vermeerderd met de toegestane afwijking van 20% levert dit een bedrag op van f 2562 miljoen. De meerdere kosten van het nieuwe plan overschrijden dit bedrag dus met f 153 miljoen. In het bedrag van f 2910 miljoen is buiten het gebruikelijke percentage voor onvoorzien een extra bedrag voor onvoorzien van f 130 miljoen opgevoerd, omdat het hier een constructie betreft die valt buiten het directe ervaringsveld van de tot op heden uitgevoerde waterbouwkundige werken. Laat men dit bedrag buiten beschouwing, dan kost het nieuwe plan derhalve

f 23 miljoen meer dan de toegestane overschrijding.

Ten tijde van de regeringsbeslissing van 8 november 1974 had de Regering bepaalde verwachtingen ten aanzien van de toen in het geding zijnde alternatieven voor de beveiliging van het Oosterscheldegebied. Deze verwachtingen waren voornamelijk gebaseerd op hetgeen was neergelegd in de zogenaamde 'rode nota' van de Rijksplanologische Commissie over de Oosterscheldekweslie.

Intussen is ons inzicht in deze materie belangrijk verbreed en verdiept, in het bijzonder door het opstellen van een Beleidsanalyse door de Rand Corporation te Santa Monica, Californië, in samenwerking met de Rijkswaterstaat, waarover in Bericht 74 (augustus 1975) mededelingen zijn gedaan.

Een eerste verslaglegging van deze beleidsanalyse heeft geresulteerd in de nota 'Analyse Oosterschelde-alternatieven', die zoals we al zeiden, door de Minister werd gevoegd bij zijn brief aan de Tweede Kamer van 17 juni j.l. In deze nota, die niet technisch van aard is, worden argumenten bij elkaar gezet op grond waarvan men tot *de ene of andere beleidsbeslissing zou* kunnen komen. In hoofdstukken over Veiligheid, Milieu, Visserij, Waterhuishouding, Scheepvaart, recreatie en ruimtelijke inrichting, Procedures, kosten en uitvoeringsaspecten en Werkgelegenheid en economie, wordt getracht tot een zoveel mogelijk exact gekwantificeerde vergelijking te komen tussen de ter discussie staande alternatieven. De Analyse-nota betreft in de vergelijking:

- een stormvloedkering met compartimentering C3,
- afsluiting conform het oorspronkelijke Deltaplan met compartimentering D4, en
- het openlaten van de Oosterschelde met dijkverhoging en compartimentering A3.

Op grond van de resultaten van de studies en gelet op de grote waarde die moet worden toegekend aan het behoud van onvervangbare natuurgebieden, meende de Regering dat moest worden heengestapt over de betrekkelijk geringe overschrijding van de financiële ontbindende voorwaarde, en besloot daarom de Oosterschelde te doen afsluiten met een stormvloedkering. De Regering is er daarbij voorshands van uitgegaan dat de stormvloedkering een doorstroomopening zal krijgen van 11 500 m², hetgeen een getijverschil bij Yerseke mogelijk maakt van 2,30 m, dat is 60% van het huidige

getij van de Oosterschelde. Aan de hand van de verdere studies van de Rijkswaterstaat zal uiterlijk voorjaar 1977 door de Regering nader worden beslist of het gewenst is de doorstroomopening van de stormvloedkering vast te stellen op maximaal 20 000 m², hetgeen bij Yerseke een gemiddeld getijverschil van 3,10 m mogelijk zou maken, dat wil zeggen 90% van het huidige Oosterscheldegetij. Deze laatste oplossing zou een extra investering vergen van ongeveer f 260 miljoen.

De Regeringsbeslissing werd na een debat op 23 juni door de Tweede Kamer aanvaard. Een doorstroomopening van 20 000 m² werd door de Kamer echter voorshands afgewezen op grond van de eraan verbonden hogere kosten. De Kamer nodigde de Regering voorts uit om bij de verdere uitvoering van de werken grote prioriteit toe te kennen aan de zoetwaterhuishouding in het Zoommeer en in het noordelijk Deltabekken.

Veranderingen in het landschap van de Korendijkse en Beninger Slikken, na de afsluiting van het Volkerak en het Haringvliet

Vóór de afsluiting van het Volkerak in 1969 en die van het Haringvliet in 1970 was het gebied van het Hollands Diep-Haringvliet een typisch estuarium. Rivier- en zeewater ontmoetten er elkaar, en schiepen er een zeer waardevolle milieusituatie met vele verschillende levensmogelijkheden. Het getij zorgde voor periodieke peilvariaties en stromingen in twee richtingen; voorts werd het milieu gekenmerkt door verschillen in zoutgehalte, zowel naar plaats als in de tijd. In het oostelijk deel handhaafde zich het unieke zoetwater-getijdegebied met zijn biezenvelden, rietgorzen en grienden. Het strekte zich uit langs de noord- en zuidoever van het Hollands Diep, tot in de Zuid-hollandse- en Brabantse Biesbos. Meer westelijk, waar het Hollands Diep overgaat in het Haringvliet, vond men naast biezenvelden ook rietgorzen en grasgorzen, daar echter begroeid met een zoutminnende en zout-tolerante vegetatie. Uitgestrekte rietgorzen werden aangetroffen langs de zuidwestkust van Tiengemeten en op de Korendijkse en Beninger Slikken in de mond van het Spui. Op dit laatste gebied lagen ook grasgorzen, evenals langs de noordoever van Goeree-Overflakkee.

Een bijzondere plaats werd ingenomen door de Plaat van Scheelhoek en het Quackgors. Voor de totale natuurwaarde van het gebied waren ook de bij laag water droogvallende zandplaten zeer belangrijk, zoals de Slijkplaat, de Ventjagersplaat, de Sassenplaat en de platen die aan deze gebieden grensden. Het milieu is na de afsluiting drastisch gewijzigd. Het estuariene karakter van het gebied is verloren gegaan. Een deel van het jaar is het Haringvlietbekken een meer, een

ander deel een rivier. Het getij is vrijwel weggefallen, waardoor het sedimentatiepatroon en de samenstelling van de sedimenten helemaal zijn veranderd. Ook de stroomsnelheden zijn veranderd en doorgaans slechts zeewaarts gericht. Het zoutgehalte is gedaald tot beneden de 350 mg Cl/l.

Al deze veranderingen in het milieu hebben natuurlijk grote gevolgen gehad voor de levensgemeenschappen in het water en op de buitendijkse gronden. Zulke wijzigingen kunnen behalve negatieve ook positieve kanten hebben. Dit kan duidelijk worden geïllustreerd aan de hand van de vogelstand. Volgens de geldende internationale normen voor belangrijke vogelgebieden waren er in dit gebied vóór de afsluiting, in 1966/'67, zeven soorten watervogels in meer dan normale hoeveelheden aanwezig, en na de afsluiting in 1972/'73 elf soorten.

Dit artikel behandelt meer in het bijzonder het gebied rond de mond van het Spui, dat bekend staat onder de naam Korendijkse en Beninger Slikken. In 1973 stelde J. Kuypers hier als onderdeel van zijn doctorale studie in samenwerking met de afdeling Milieu-Onderzoek van de Deltadienst een onderzoek in naar de veranderingen in de vegetatie en de avifauna sedert de afsluiting; tevens werden er enige voorstellen geformuleerd voor inrichting en beheer van het gebied. Dit artikel maakt gebruik van de toen verzamelde gegevens.

De Korendijkse en Beninger Slikken, tezamen ook wel het Spuimondgebied genaamd, zijn buitendijkse gronden, gelegen langs de noordoever van het Haringvliet. Het gebied is ontstaan als aanwas voor de

dijken die hier in de 15e eeuw zijn aangelegd. Nadien zijn stapsgewijs gedeelten van het buitendijkse land ingepolderd. Het grootste deel van de slikken is al op een kaart uit de eerste helft van de 17e eeuw aangegeven. De oppervlakte, gemeten tot aan de vroegere laagwaterlijn, bedraagt ruim 900 ha; ongeveer 300 ha daarvan ligt nu echter vrijwel permanent onder de waterspiegel. Vóór de afsluiting van het Haringvliet was er een getijverschil van 2 meter: het gemiddeld hoogwater lag op N.A.P. + 1,20 m en het gemiddeld laagwater op N.A.P. — 0,80 m. Het zoutgehalte bedroeg 2500 tot 3000 mg Cl per liter. Na de afsluiting is, in de plaats van de getijbeweging — een systeem met een grote mate van zekerheid en voorspelbaarheid —, een systeem ontstaan met peilvariëaties, en daardoor een grote mate van

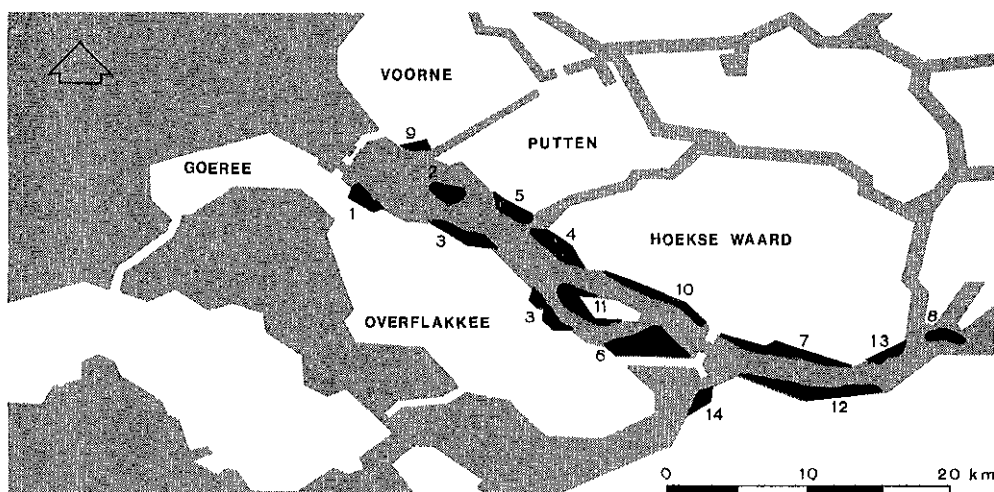
onzekerheid en onvoorspelbaarheid. Eenzelfde gebied kan dagen achtereen onder water staan of dagen achtereen droogvallen. Dit heeft geresulteerd in een instabiel milieu met een dynamisch karakter. Het getijverschil is na de afsluiting gereduceerd tot gemiddeld 20 cm. Over langere tijd gezien en voornamelijk in de winter treden er waterstandschommelingen op van meer dan één meter. De gemiddelde waterstand is N.A.P. + 50 cm. Via het Spui komt zoet water van de Oude Maas in het Haringvliet. Dit veroorzaakt plaatselijk nog vrij hoge stroomsnelheden. In het overige deel van het bekken is de stroomsnelheid door het wegvallen van het getij aanzienlijk gereduceerd, soms vrijwel tot nul. Uiteraard kunnen er onder invloed van de wind ook circulatiestromingen in het bekken optreden. Bovendien stroomt het water nu steeds in dezelfde richting, het noordwesten. Het zoutgehalte is gemiddeld 300 mg Cl/liter. Al in mei 1969 was het zoutgehalte in het Haringvliet ten gevolge van de afsluiting van het Volkerak sterk gedaald, en ontstond er in het Spuimondgebied — zij het slechts gedurende anderhalf jaar — een zoetwatergetijde, met alle gevolgen van dien voor de bestaande levensgemeenschappen.

Overzicht van de buitendijkse, biologisch waardevolle gebieden in het Haringvliet — Hollands Diep

1. Plaat van Scheelhoek
2. Slijkplaat
3. Gorzen langs de Flakkeese kust
- 4/5. Korendijkse en Beninger Slikken
6. Ventjagersplaten
7. Hoogezandse gorzen
8. Sassenplaat
9. Quackgorzen
10. Oosterse en Westerse laagjes
11. Enkele polders en Rietgorzen van Tiengemeten
12. Grasgorzen tussen Willemstad en Klundert
13. Plaat van het land van Essche
14. St.-Antoniegorzen

Het vroegere en het huidige landschap

Er is sinds de eeuwwisseling veel veranderd in het Spuimondgebied. Werd er vroeger alleen Ruwe bies aangeplant, rond 1900 begon men ook op de hogere delen Riet uit te zetten. Dit Riet heeft zich ten koste van de biezen uitgebreid, mede omdat het gebied is gaan opslibben. We beschrijven nu eerst de situatie tot 1970,



dus tot vóór de afsluiting van het Haringvliet. Vanaf de laagwaterlijn lag een brede strook kaal slik, dat bij vloed werd overspoeld. Hierop volgde een zone van Ruwe bies, met wat verder slik-inwaarts, op de hogere delen, Zeebies. De Zeebies werd om wille van de Ruwe-biezencultuur systematisch uit de Ruwe bies verwijderd, zodat dit in standplaats strikt gescheiden vegetaties werden. Op plaatsen met een steile oever grensde het Riet direct aan het water, alhoewel Riet voornamelijk zijn standplaats had op de hoge delen, richting dijk. In voorjaar en winter werden door de getijbeweging losgeslagen riet- en biezenstengels op de oeverwallen der kreken gedeponeerd. Hierop ontwikkelde zich een soortenrijke ruigte-vegetatie. Langs de dijk lag een smalle strook onbekend grasgors. Op de Beninger Slikken was de Riet-Biezen-zonering duidelijker waar te nemen dan op de Korendijkse Slikken, bovendien waren de grasgorzen van dit laatste gebied bekend, zodat ze alleen nog bij extreem hoge vloed werden overspoeld. Eénmaal per jaar, in februari of maart, werd er Riet gesneden, en éénmaal per twee jaar, in juli en augustus, Ruwe bies. De laatste jaren voor 1970 werden op de Korendijkse Slikken de Biezen echter jaarlijks gesneden. Doordat het Riet op de oeverwallen door de aanwezigheid van ruigtekruiden en veekpakket niet gesneden kon worden, ontstond hier broedgelegenheid voor bijzondere vogelsoorten zoals het Baardmannetje en de Kiekenlief. Zowel door zijn natuurlijke omstandigheden van getij en zoutgehalte als ten gevolge van de wijze waarop het werd beheerd, was dit gebied zowel uit natuurwetenschappelijk als uit cultuurhistorisch oogpunt zeer waardevol.

Na de afsluiting van het Haringvliet in 1970 viel het getij weg en verzoette het water verder. De oeverafslag nam toe. Het milieu van de oever vertoont thans gedurende een deel van het jaar overeenkomst met dat van een meer, en een ander deel van het jaar met dat van een rivier, zij het dat de slibaanvoer door voorbezinking in de Nieuwe Merwede minimaal is. De laagwaterslikzone staat nu altijd onder water. Biezen en hier en daar Riet grenzen onmiddellijk aan het water; het Riet houdt bij oeverafslag het langste stand. De oude situatie is in overgang naar een nieuwe. Nieuwe plantensoorten komen erbij; maar de oude getijgebonden brakwatersoorten zijn nog niet verdwenen. Gebleven is nog het sterke seizoenaspect,

mede door het grotendeels ongewijzigde beheer.

Ook voor de vogels traden er grote veranderingen op. Enkele soorten verdwijnen, andere soorten kunnen zich handhaven, nieuwe soorten komen erbij. De aantallen per soort wijzigen in mindere of meerdere mate.

Geomorfologie en bodemgesteldheid

Het Spuimondgebied wordt doorsneden door kreken die aan de monding soms tientallen meters breed zijn. De oeverwallen van de bredere kreken kunnen vrij hoog zijn. Vooral op de Korendijkse Slikken komen zogenaamde ebkrekken voor, boomvormig met fijne vertakkingen.

De kreken in de Riet- en Zeebiesgorzen zijn diep met steile oevers; de kreken in de Ruwe-biesgorzen en op het onbegroeide slik daarentegen hebben glooiende oevers. Differentiatie in kom en oeverwal is hier nauwelijks aanwezig.

De bodem van het Spuimondgebied bestaat uit fluviatiel materiaal, afgezet door het Haringvliet en het Spui. De oeverwallen zijn over het algemeen zandiger en kalkrijker dan de kommen.

Gaande van het Haringvliet naar de dijk zien we over het algemeen het lutumgehalte toenemen en het kleipakket dikker worden. Ruwe bies komt voornamelijk voor op de bodem van kalkrijk zand. In de begreppelde rietgorzen zijn de dikte van de bovenste sliblaag en het lutumgehalte over het algemeen groter dan bij de zeebiesgorzen en de rietruigten van de lage kommen.



Ook de bewortelingsdiepte varieert van meer dan 1 meter bij bijvoorbeeld Riet tot niet meer dan 60 cm bij de Ruwe bies.

Na de afsluiting zijn de kleinste krekten en greppels dichtgeslibd, en ook de mondingen van de krekten, voornamelijk langs het Haringvliet. Door het graven van greppels, vooral in oude rietgorzen, is het natuurlijk verschil tussen kom en oeverwal genivelleerd.

Het gebied wordt sedert het wegvallen van het getij middels begreppeling ontwaterd. Het gevolg van de ontwatering is, dat de bodem inklinkt en rijpt. Inklinking heeft alleen invloed op de hoogteligging, maar bodemrijping beïnvloedt ook de bodemsamenstelling. Het kleigehalte van de bodem is langs de dijk hoog. In de richting van het Haringvliet neemt het af. De natuurlijke

helling van het gebied neemt dus door inklink als geheel af, maar het verschil tussen kom en oeverwal, dat samenvalt met het verschil tussen klei en zand, wordt er sterker door geaccentueerd.

Er treedt geen afzetting van zand en slib meer op behalve onmiddellijk boven de gemiddelde-waterlijn. Hier vindt afzetting plaats van zand dat in een lagere zone is weggeslagen.

Vegetatie

De vegetatiepatronen van voor de afsluiting zijn op de meeste plaatsen in het gebied nog steeds te herkennen. De eenheden worden genoemd naar de soort die aspectbepalend is. Men onderscheidt Ruwe bies-, Zeebies- en Rietvegetatie. Bovendien zijn er

2



3



4

1. Spontane vegetatie op de Korendijkse Slikken. Riet met bollenschermen van de zich sterk uitbreidende Engeltwortel

2. Kreek op de Korendijkse Slikken met een gordel van voornamelijk riet en zo hier en daar biezen. Op de achtergrond struweelvorming op een oude rietheuvel

3. Hooiveld op de Korendijkse Slikken

4. Spontane vegetatie op de Benliger Slikken met een aanzet tot struweelvorming



nog een aantal typen grasland.

We zullen de genoemde vegetatie-eenheden nu achtereenvolgens nader bespreken.

Toen het getij nog heerste, was de *Ruwe bies*-vegetatie zeer soortenarm, maar sinds er een min of meer vast waterpeil is, is er in deze vegetatie een ondergroei ontstaan, de soortenrijkste in het hele Spuimondgebied. De *Ruwe bies* komt voor in de zone van N.A.P. + 30 cm tot N.A.P. + 70 cm.

Na 1970 is er geen *Ruwe bies* meer aan-geplant; vooral op de Beninger Slikken zijn na de afsluiting grote oppervlakten verdwenen. Op de achteruitgang van *Ruwe bies* komen we nog terug.

De *Ruwe biesen* staan er vitaler bij in de nattere dan in de drogere delen. De soortenrijkdom neemt dan ook in dezelfde richting toe. Hierbij moet worden aangetekend dat 25% van alle in de laagste standplaats van de *Ruwe bies* voorkomende soorten zeldzaam zijn; men vindt daar bijvoorbeeld Slijkgroen en Moerassterrekroos. Op sommige plaatsen komt Fioringras in grote pollen voor. Naarmate de standplaats droger wordt nemen de ruigtekruiden een belangrijke plaats in, zoals Kattestaart, Wolfspoot, Bijvoet, Watermunt en Koninginnekruid. In deze ruigtevegetatie zijn de biesen sinds 1972 niet meer gemaaid. Blijvende verwaarlozing van de biesenvelden zal een successie veroorzaken waaruit ondermeer een elzen- en wilgenstruweel kan ontstaan.

*Zeebies*vegetaties liggen doorgaans in een zone die volgt op de *Ruwe bies*. Waar de *Ruwe bies* ontbreekt, grenzen de *Zeebies*-vegetaties aan het water. De hoogteligging van deze vegetaties varieert tussen de N.A.P. + 40 en + 90 cm.

De *Zeebies*vegetaties zijn veel meer gesloten dan de *Ruwe-bies*vegetaties. Een gevolg hiervan is dat ondergroei door gebrek aan licht vooral op de laagste delen ontbreekt of soortenarm en schaars is. Hier treffen we ondermeer aan: Echte waterkers, Waterpeppe, Knopig duizendknoop, Moeraskers, Knikkend tandzaad en Perzikkruid.

Bij het afbranden van Riet zijn sommige delen met overjarige Zeebiezen mee afgebrand. Fioringras bleek hier slecht tegen bestand. *Zeebies* kwam op deze percelen vitaler terug, met een ondergroei van onder andere Reukloze kamille, Echte melkdistel, Spiesmelde en Akkerdistel. Naarmate de standplaats hoger en droger is, nemen evenals bij de *Ruwe-bies*vegetatie de Ruigtekruiden toe. Hierin kan vooral Harig wilgeroosje domineren. Op de hoogst gelegen

delen zijn de *Zeebies*vegetaties bijna ondoordringbaar door de geile groei van Akkerdistel en Haagwinde.

Het grootste deel van zowel de Korendijkse als de Beninger Slikken wordt ingenomen door vegetaties waarin *Riet* sterk domineert. De hoogteligging van het maaiveld van deze vegetaties varieert tussen N.A.P. + 70 en + 150 cm.

Een goede Rietcultuur is niet denkbaar wanneer het Riet niet jaarlijks wordt gemaaid, verbrand of bespooten. Gebeurt dit niet, dan gaat het Riet in hoogte en vitaliteit achteruit en krijgen andere soorten een kans en het Rietgors vervuigt.

De rietruigte-vegetaties van de lage kommen sluiten aan bij de *Zeebies*ruigten. Het Riet heeft zich hier ten koste van de *Zeebies* uitgebreid. De ondergroei is vrij soortenrijk. Veel voorkomende soorten zijn hier verder Fioringras, Harig wilgeroosje, Haagwinde en Grote brandnetel. Dit vegetatietype wordt slechts voor een klein gedeelte in cultuur gehouden.

De begreppelde Rietgorzen kan men beschouwen als de 'cultuurlanden' van het Spuimondgebied. Iedere vorm van ondergroei zou hier uit cultuurtechnisch oogpunt moeten ontbreken; maar vooral op de hogere delen kan aanzienlijke ondergroei voorkomen van voornamelijk Krulzuring, maar ook van onder andere Spiesmelde, Ruwbeemdgras en Akker-melkdistel. Hier en daar komt Haagwinde in grote hoeveelheden voor en drukt door zijn gewicht het Riet tegen de grond. Op de overgangen van kom naar oeverwal groeit nauwelijks meer exploitbaar Riet. Het gors is vervuigd met Bitterzoet, Moeras-melkdistel, Rietzwenkgras en Grote engelwortel en diverse soorten wilgeroosjes, met voor de oeverwallen specifiek Strandkweek en Heemst.

Na de afsluitingen zijn boeren op de Beninger Slikken begonnen met het beweiden van het grasgors. Hierdoor kwam echter ook ongewild het aangrenzende Riet- en Biesgors in beweiding. Riet en *Zeebies* gingen hierdoor sterk achteruit. Enkele grassoorten konden zich uitbreiden. Brakwaterkruiden zoals Aardbeiklaver, Melkkruid, Zilte rus vestigden zich, met specifiek voor het begraasde *Zeebies*gors de soorten Stomp kweldergras, Zeekraal en Zilte schijnspurrie. Door bespuiting zijn de ruigtekruiden voor een groot deel uit deze vegetaties verdwenen.

Het onbekade grasgors, vroeger boven de lijn van gemiddeld hoogwater, was voor de afsluiting het soortenrijkst. Het fraaiste voorbeeld van dit vegetatietype is in 1975

gescheurd en omgezet in bouwland. De meeste van de hieronder genoemde soorten kwamen in 1973 nog voor: Echt lepelblad, Knolvossestaart, Zilt torkruid, Zilte zegge, Behaarde boterbloem, Schorrezoutgras, Gewoon kweldergras, Zilte rus en Zilte- en Rode schijnsparrie. Op de kunstmatig opgeworpen Rietheuvels, waarop vroeger Riet verzameld werd om te voorkomen dat het tijdens springvloeden zou wegspoelen, komt een tamelijk soortenrijke ruigtevegetatie voor met plaatselijk Braam. Kleine lisdodde komt over een aanzienlijk oppervlak op één plaats van de Beninger Slikken vrijwel als enige soort voor.

Vergelijking met andere gebieden

De vegetatie op de lagere delen van het Spuimondgebied vertoont overeenkomst met de vegetatie die voorkwam langs de oevers van kleine geulen in de Biesbos. Na de vestiging van lichtwegvangende grotere planten zal deze vegetatie vermoedelijk verdwijnen. Door het nieuwe milieu en het efemere karakter van de vegetatie op de hoger gelegen biezenorzen is zij niet of nauwelijks in te delen bij bestaande verbonden en associaties. De vegetaties van de cultuurrietlanden en van de oeverwallen kunnen in het algemeen ook na de afsluiting nog in onderscheiden vegetatie-eenheden worden ondergebracht.

De situatie in het Spuimondgebied is min of meer vergelijkbaar met die op de Plaat van Scheelhoek. De belangrijkste verschillen zijn, dat de Plaat van Scheelhoek al in 1965 voor het getij werd afgesloten en dat het waterpeil er sindsdien constant iets onder het maaiveld wordt gehouden. Van de 72 plantensoorten die groeien op het Zeebiesgors en het grasland langs het Zuiderdiep komen er slechts zeven niet voor in het Spuimondgebied. Ruwe-biezenvegetaties, die in de Spuimond het soortenrijkst zijn, komen op de Scheelhoek helemaal niet voor. Op de lage delen domineert daar Zeebies. Op de hogere delen van de Zeebiesgors in de Scheelhoek domineert Harig wilgeroosje, samen met enige andere ruigtekruiden.

De Rietgorsen in de Scheelhoek zijn soortenarmer, waarschijnlijk ten gevolge van de voortdurend hoge waterstand, die het Riet begunstigt. Het vegetatietype dat in de Spuimond voorkomt op de oeverwallen, de zogenaamde Heemst-associatie, vinden we ook weer terug op de Plaat van Scheelhoek. Over het algemeen zijn alle vegetatietypen in het Spuimondgebied soortenrijker en hebben

ze een iets afwijkende soortensamenstelling. Dit hangt waarschijnlijk samen met de wisselende waterstand en de minder ver voortgeschreden successie. In het Spuimondgebied zijn, ondanks het ontbreken van voedselarme en droge situaties, 225 soorten hogere planten aangetroffen. Dit is tweemaal zoveel als gemiddeld in Nederland op een vergelijkbaar oppervlak (zie tabel 1). Vegetatiesoorten van vochtige graslanden, van natte contact- en storingsmilieus, van moerassen, moerasbossen en bronnen en van oevergebieden zijn goed vertegenwoordigd; vijftientig soorten, 11% van het totale aantal, zijn zeldzaam. De volgende drie soorten zijn zeer zeldzaam: Bruin cypergras, Slijkgroen en Wilde kaardebol. In vegetatiekundig opzicht is de Spuimond belangrijk door de ruigtevegetatie die voorkomt op de oeverwallen, de al eerder genoemde Heemst-associatie. Dit vegetatietype is karakteristiek voor het meso-haliene getijdemilieu en komt in Nederland momenteel alleen langs het Haringvliet en in het Verdrongen Land van Saetinge voor. Alle soorten hebben zich tot nu toe in dit vegetatietype gehandhaafd, en nieuwe soorten hebben er zich gevestigd. Van bijzonder belang zijn ook de oevervegetaties op de periodiek droogvallende slikken. Hoewel de vegetatietypen niet in bestaande systemen zijn in te passen, kan hun belangrijkheid worden afgeleid uit het hoge aantal zeldzame soorten dat er in voorkomt (zie tabel 1).

Veranderingen na 1970

Door het wegvallen van de getijbeweging en de verzoeting van het water hebben zich nieuwe soorten gevestigd. Het aantal soorten hogere planten is bijna verdubbeld. In hoeverre de oude soorten zich kunnen handhaven is moeilijk te voorspellen, daar er vrijwel nog geen soorten uit het Spuimondgebied verdwenen zijn. Wel is de totale massa van een aantal soorten sterk achteruit gegaan. Een voorbeeld hiervan levert de Ruwe bie.

Het aantal soorten in de Ruwe-biesvegetaties is enorm toegenomen van 1 of 2 per 25 m² tot meer dan 30. Dit geldt ook voor Zeebies- en Rietvegetaties, zij het in mindere mate. In deze drie vegetatietypen neemt over het algemeen de invloed van de bestaande vegetatie toe; het pionierkarakter van de vegetatie verdwijnt geleidelijk. In de gebieden die vroeger gelegen waren boven gemiddeld hoog water, de oeverwallen en grasgorsen, treedt een minder grote verandering in de

Tabel 1

Aantallen en percentages voor soorten van de sociologisch-oecologische groepen in de Spuimond t.o.v. heel Nederland. (Onderscheidingen naar E. v. d. Maarel, 1971).

soc.-oec. groep	aantal soorten in Nederland	aantal soorten in de Spuimond	percentage in Spuimond t.o.v. Nederland
onkruiden	111	7	6
soorten van droge ruigten	159	37	23
waterplanten	66	12	18
oeverplanten	54	23	43
schorreplanten	27	8	30
strand- en zeeduinplanten	28	4	14
soorten van droge graslanden	155	5	3
soorten van vochtig grasland	59	23	40
soorten van schraalland en kalkmoerassen	86	3	3
soorten van natte contact- en storingsmilieus	120	45	38
soorten van laagvenen en laagveenstruwelen	51	11	21
soorten van moerassen, moeras- bossen, bronnen	77	25	32
zoom- en struweelplanten van kalkrijke bodem	78	1	1
zoom- en struweelplanten van voedselrijke bodem	58	14	24
bosplanten van kalkrijke of voedselarme bodem	?	?	?
bosplanten van voedselrijke bodem	45	2	4

vegetatie op dan op de lagere delen, de kommen. Wel zien we op de oeverwallen en grasgorzen de bedekking van een aantal soorten vrij sterk veranderen. In de laag gelegen Biezenhorzen is de waterstand een sterkere differentiërende factor dan in de Rietgorzen. Het Riet heeft zich ten koste van de Biezen uitgebreid.

Op de Beninger Slikken is de achteruitgang van de Ruwe bies groter dan op de Korendijkse Slikken, waar de Biezenvegetaties hoger liggen. Was vroeger de standplaats tussen N.A.P. en N.A.P. + 85 cm, nu is de benedengrens N.A.P. + 50 cm (zie fig. 2).

De achteruitgang van de Ruwe bies heeft nadelige gevolgen, zowel voor de mens, die een lagere opbrengst per ha krijgt, als voor een aantal vogelsoorten waarvoor de zaden of wortelstokken van belang zijn als voedselbron. Het betreft met name de Wintertaling, de Pijlstaart, de Wilde Eend en de Grauwe Gans.

De oorzaak van de achteruitgang is niet

bekend. Wel kunnen een aantal factoren worden genoemd die mogelijk tot achteruitgang hebben bijgedragen: het wegvallen van eb en vloed, de verandering van de waterkwaliteit en de verzoeting, de voortschrijdende successie, ganzenvraat, golfslag en de in 1973 uitgevoerde bestrijding met herbiciden. De Ruwe bies, die in 1971 nog 67 ha besloeg op de Beninger Slikken, was in '72 al verminderd tot 32 ha en een jaar later tot 17 ha; de Zeebies handhaafde zich goed.

Helaas zijn van de Korendijkse Slikken niet voldoende kwantitatieve gegevens bekend. Wel weten we dat daar, ondanks een intensieve begrazing, de achteruitgang van de biezen beduidend minder is geweest. Tevens blijkt hieruit dat begrazing van de zeebiesvegetaties niet heeft geleid tot een sterke achteruitgang van deze soort.

De vogels

De afsluitingen van het Volkerak en het Haringvliet hebben ook belangrijke veranderingen teweeg gebracht in de avifauna van het gebied van het Hollands Diep en het Haringvliet. Er hebben zich vooral wijzigingen voorgedaan in de aantallen per soort. De functies die het gebied vanouds voor de vogels vervulde, vervult het nu grotendeels nog. We geven een overzicht van de functies die het gebied nu vervult en de belangrijkste vogelsoorten die ervan profiteren.

Het gebied heeft een doortrekfunctie voor Wilde Eend, Wintertaling, Krakeend, Smient, Pijlstaart, Slobeend, Bergeend, Grauwe Gans, Kemphaan en Kluut; een overwinteringsfunctie voor Wilde Eend, Krakeend, Smient, Pijlstaart, Slobeend, Kuifeend, Tafeleend, Bergeend, Grauwe Gans en Brandgans. Als overzomeringsgebied wordt het gebruikt door Wilde Eend, Wintertaling, Krakeend, Slobeend, Bergeend, Grauwe Gans en Kluut, terwijl Wilde Eend, Wintertaling, Krakeend, Slobeend, Bergeend, Grauwe Gans en Kluut er komen om te ruïen.

Wilde Eend, Krakeend, Slobeend, Bergeend en Kluut broeden in het Haringvliet en het Hollands Diep, en Wilde Eend, Wintertaling, Smient, Pijlstaart, Slobeend, Grauwe Gans, Kolgans, Rietgans en Brandgans rusten er op hun trektochten uit.

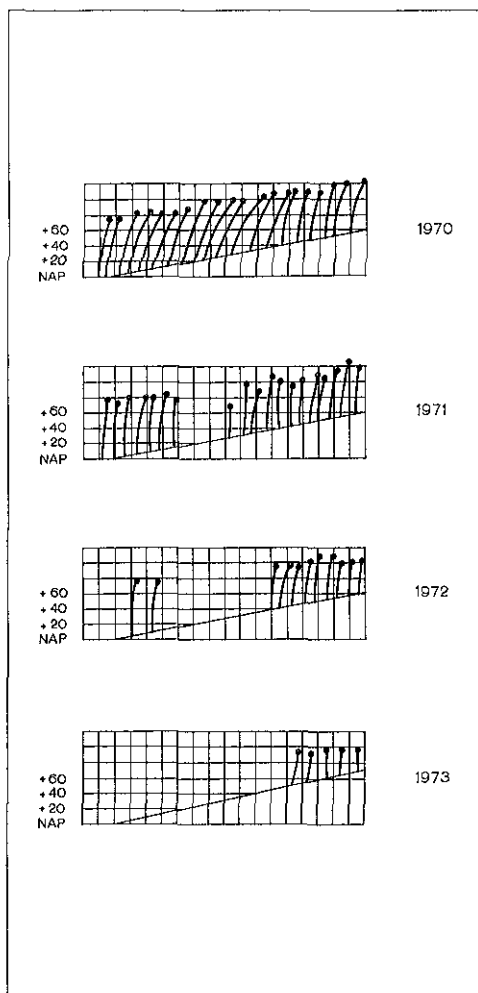
De belangrijkste buitendijkse gebieden in het Haringvliet en het Hollands Diep zijn thans: de Plaat van Scheelhoek, de Slijkplaat, de Gorzen langs de Flakkeese kust, de Korendijkse en Beninger Slikken, de Ventjagersplaten, de Hoogezandse gorzen, de Sasseplaat en in mindere mate het Quackgorzen, de

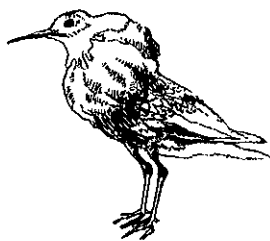
Oosterse en Westerse laagjes, enkele polders en rietgorzen van Tiengemeten, de grasgorzen tussen Willemstad en Klundert en de Plaat van het land van Essche met als randgebied de St.-Antoniegorzen, gelegen aan het Hellegat.

We behandelen hier weer de actuele ornithologische betekenis van met name de Korendijkse en Beninger Slikken.

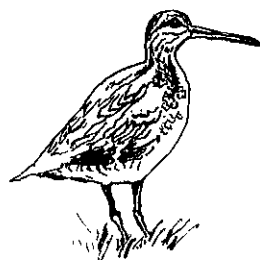
Het Spuimondgebied heeft na de afsluiting als broed-, overwinterings- en doortrekgebied internationaal gezien aan belangrijkheid enigszins ingeboet. De geschiktheid van het gebied voor de vogels zal ongetwijfeld ook in de toekomst nog veranderen. De toekomstige ornithologische waarde is in sterke mate afhankelijk van het beheer. Ten opzichte van 1969 zijn de volgende broedvogelsoorten vooruitgegaan: Fuut, Slobeend,

Fig. 2. Schema van de achteruitgang van de ruwe bies (*Scirpus lacustris*) op de Beninger Slikken

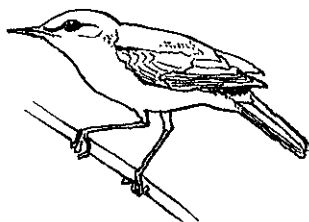




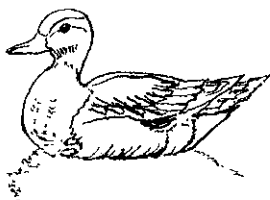
kemphaan



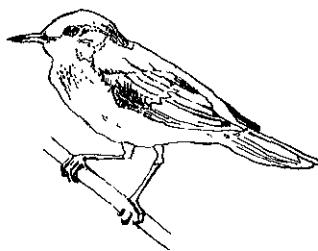
watersnip



bosrietzanger



smient



snor

Fazant, Waterhoen, Meerkoet, Heggemus, Grote Karekiet en Bosrietzanger. Constant gebleven zijn: Zomertaling, Bruine Kiekendief, Houtsnip, Koekoek, Veldleeuwerik, Witte Kwikstaart, Merel, Grasmus en Rietgors. Achteruitgegaan zijn: Wilde Eend, Bergeend, Scholekster, Kievit, Grutto, Tureluur, Kemp-haan, Kluut, Holenduif, Gele kwikstaart, Snor, Kleine Karekiet, Baardmannetje en Kneu. Soorten als Roerdomp, Waterral, Porselein-hoer en Velduil kwamen in 1973 niet meer tot broeden.

Zeldzame broedvogels zijn: Blauwe Reiger, Bruine Kiekendief, Watersnip, Kemp-haan en Rietzanger.

De volgende doortrekkende en overwint-erende vogelsoorten zijn na afsluiting in aantal vooruitgegaan: Fuut, Aalscholver, Middelste Zaagbek en Knobbelzwaan. Gelijk

gebleven zijn: Smient, Slobeend, Brandgans, Kievit, Goudplevier, Bontbekplevier, Water-snip, Tureluur en Kemp-haan.

Achteruitgegaan zijn: Wilde Eend, Winter-taling, Pijlstaart, Bergeend, Grauwe Gans, Waterral, Zilverplevier, Wulp en Kluut. Van de niet broedende soorten zijn de Grauwe Gans en de Brandgans het belang-rijkst. Voor beide soorten is de Spuimond een internationaal belangrijke pleisterplaats, dat wil, volgens internationaal overeen-gekomen normen zeggen dat er regelmatig meer dan 2% van de noordwest-Europese populatie verblijft. Van de dertigduizend in Nederland doortrekkende Grauwe Ganzen verbleef voor de afsluiting regelmatig 10-15% en incidenteel 30% op één dag in het Spuimondgebied. Thans zijn deze percentages teruggelopen tot 5 en 10%.

Tabel 2

Waterwildtellingen Korendijkse Slikken in de periode 1942-1955 (23 tellingen).

Gegevens ontleend aan Lathouwers (1955) aangevuld met gegevens van H. van Leeuwen.

Maximale aantallen per maand.

	jan	febr	mrt	apr	mei	juni	juli	aug	sept	okt	nov	dec
1 Aalscholver	—	—	4	—	12	—	—	—	4	—	5	—
2 Wilde Eend	500	400	—	veel	30	—	—	2000	12	—	200	450
3 Wintertaling	1000	2000	1000	200	300	—	—	600	2000	—	2000	1500
4 Smient	400	500	—	50	40	—	—	—	—	—	40	1000
5 Pijlstaart	2000	4000	200	100	20	—	—	—	—	—	2500	2000
6 Slobeend	—	—	50	30	150	—	—	—	4	—	100	20
7 Bergeend	4	40	350	100	120	—	—	—	2	—	—	30
8 Grauwe Gans	1200	450	350	600	250	—	—	—	—	—	3500	400
9 Kievit	2000	20	10	veel	—	—	—	—	50	—	—	100
10 Goudplevier	50	5	—	—	160	—	—	40	150	—	50	100
11 Bontbekplevier	—	—	—	15	65	—	—	200	3	—	25	—
12 Watersnip	30	50	2	10	2	—	—	400	350	—	300	100
13 Wulp	100	175	300	50	150	—	—	400	225	—	300	300
14 Bosruiter	—	—	—	—	—	—	—	25	2	—	—	—
15 Tureluur	—	—	—	—	60	—	—	40	60	—	—	—
16 Zwarteruiter	—	—	—	—	190	—	—	25	50	—	50	1
17 Groenpootruiter	—	—	—	—	15	—	—	100	30	—	—	—
18 Bonte Strandloper	150	8	40	1	1	—	—	4	—	—	40	30
19 Kemphaan	—	—	—	50	—	—	—	20	200	—	—	—
20 Kluut	—	—	—	—	—	—	—	22	35	—	—	—

Tabel 3

Waterwildtellingen Korendijkse Slikken.

Maximale aantallen per maand in de jaren 1971-1973 (22 tellingen).

	jan	febr	mrt	apr	mei	juni	juli	aug	sept	okt	nov	dec
1 Fuut	12	23	29	16	5	9	48	20	39	75	36	10
2 Aalscholver	—	33	3	32	—	—	2	2	31	59	—	—
3 Wilde Eend	210	60	150	30	40	90	375	375	340	400	200	310
4 Wintertaling	75	65	32	25	—	65	65	25	56	82	95	15
5 Krakeend	—	—	2	—	2	—	—	2	—	4	—	—
6 Smient	50	350	2500	85	3	—	—	—	—	80	250	300
7 Pijlstaart	25	18	—	—	—	—	—	—	1	175	620	45
8 Slobeend	—	—	12	50	10	—	30	40	10	1	20	10
9 Mid. Zaagbek	10	8	12	18	—	—	—	—	—	—	8	—
10 Bergeend	—	5	31	94	45	50	12	—	15	3	3	—
11 Grauwe Gans	1020	368	3	—	2	—	—	—	8	1050	1400	600
12 Knobbelswaan	—	—	—	—	—	20	—	3	—	—	—	—
13 Meerkoet	400	250	100	45	15	20	48	70	20	49	10	300
14 Kievit	50	60	60	7	—	75	30	125	15	30	40	—
15 Goudplevier	150	500	450	600	—	—	—	175	—	30	40	—
16 Watersnip	5	2	—	—	—	—	3	90	160	150	20	—
17 Wulp	15	200	90	2	—	—	—	—	—	—	20	8
18 Tureluur	—	—	—	—	—	4	6	4	3	75	—	—
19 Kemphaan	—	5	—	2	—	10	50	80	60	80	—	—

Van de Brandganzen verblijft zowel voor als na de afsluiting jaarlijks 5-8% van de Nederlandse populatie voor kortere of langere tijd in het Spuimondgebied. Opmerkelijk is dat Smient, Brandgans en Goudplevier, soorten die zich beperken tot het terrestrisch gedeelte van het Spuimondgebied, zich goed hebben gehandhaafd. Het aquatisch milieu is belangrijker geworden, gezien de toename van Aalscholver, Fuut en Middelste Zaagbek. De soorten die gebonden zijn aan een bepaalde oeverstructuur, bijvoorbeeld droogvallend slik, zijn over het algemeen achteruitgegaan.

De Spuimond als natuurgebied kan men niet afzonderlijk beschouwen; het is een deel van een groter geheel, het Deltagebied. Omdat de Spuimond van grote betekenis is voor de trekvogels zijn de relaties met andere, voornamelijk in het Haringvliet gelegen gebieden talrijk. Van deze gebieden is de 200 ha grote Slijkplaat als rust- en fourageergebied het belangrijkste, zowel op grond van zijn ligging als vanwege zijn grootte.

De begroeiing op de plaat is momenteel ijl. Slechts bij zeer hoge waterstand loopt hij onder.

Slijkplaat en Spuimond worden beide door Kol- en Rietganzen gebruikt als slaapplek. Sinds de afsluiting lijken de Slijkplaat en de punt van de Korendijkse Slikken een belangrijker slaapplek voor deze soorten dan de Beninger Slikken.

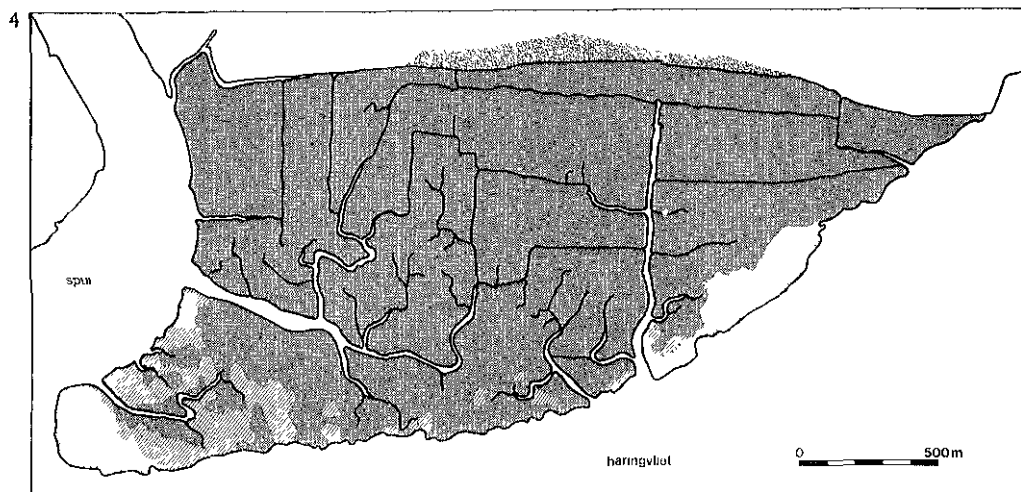
De functie van de Spuimond als slaapplek voor Meeuwen, Wulpen en andere steltlopers is na 1970 helemaal door de Slijkplaat overgenomen.

Toekomstige inrichting en beheer

De waarde van de Korendijkse en Beninger Slikken als natuurgebied was tot 1970 vooral te danken aan het getijverschil van 2 m in brak water, de variatie in hoogteligging en bodemstructuur, de schaalgrootte en de rust. Alhoewel de laatste drie factoren nog in voldoende mate aanwezig zijn, waren zij toch alle enigszins afhankelijk van het getij. Als gevolg van de afsluiting is de oppervlakte van het gebied afgenomen, terwijl de ontwatering inklinkt en daardoor nivellering van het hoogteverschil over het gehele gebied heeft veroorzaakt; alleen het verschil tussen kommen en oeverwallen is toegevoegd. De verbeterde ontsluiting van het gebied is een gevaar voor de rust.

De van getijbeweging afhankelijke levensgemeenschappen zullen langzamerhand verdronken worden door nieuwe, die aan de huidige situatie zijn aangepast, al zullen afzonderlijke soorten zich vaak nog kunnen handhaven. Het zou onjuist zijn om te proberen de oude situatie kunstmatig in stand te houden, als de essentiële voorwaarden daarvoor niet meer aanwezig zijn.

Door de a-biotische verschillen in het gebied te handhaven of door middel van beheer te accentueren, kan men binnen de natuurlijke mogelijkheden van het gebied een grote differentiatie in vegetatietypen tot stand brengen, waarbij het voornamelijk voor de vogels belangrijke open karakter gehandhaafd blijft. Er bestaan gradiënten droog-nat, zand-klei en oeverwal-kom. Door middel van beheer kunnen hieraan worden toegevoegd de gradiënten beweid-onbeweid en mesotroof-eutroof (fig. 5).



Beweiden, maaien, branden en niets doen zijn beheersmaatregelen die toegepast kunnen worden in het Spuimondgebied. Door extensieve beweiding kan een gradiënt ontstaan in begrazingsdichtheid en voedselrijkdom. Door middel van branden wordt de waardevolle ruigtevegetatie van het rietgors in stand gehouden. Door maaien en afvoeren van het gemaaid kunnen waardevolle vegetatietypen ontstaan en worden verschillen in trofiegraad geaccentueerd. Niets doen verschaft de mogelijkheid tot het bestuderen van ongestoorde successie. Variatie in de vegetatie krijgt men door in verschillende gebieden met eenzelfde hoogteligging en bodemgesteldheid een verschillende beheersmaatregel toe te passen, en omgekeerd door dezelfde beheersmaatregel toe te passen in gebieden waar gradiënten aanwezig zijn.

Eisen van de vogels

In hoeverre kan het gebied van de Spuimond nu en in de toekomst nog voldoen aan de verwachtingen van de avifauna?

Brakwaterslik, waar Wulp, Rosse Grutto en Kluut voor hun voedsel op aangewezen waren, is na de afsluiting niet meer te creëren. Het zoetwaterslik zou voor Wintertaling, Kievit, Watersnip, Grutto en Kemp-haan, onbegroeid moeten blijven.

De achteruitgang van de Ruwe-biezenvelden zou nader onderzocht moeten worden.

Hiervan zijn namelijk de Grauwe Gans en een aantal zwemeenden voor hun voedsel afhankelijk.

Grote oppervlakten extensief beweide grasland zijn nodig als broedgebied voor

weidevogels en als pleisterplaats voor Smient, Grauwe Gans, Kolgans, Rietgans, Brandgans en Goudplevier.

Rietlanden en ruigtevegetaties zijn onder meer van belang voor Brulne Kiekendief en Baardmannetje. Hooilanden zijn mogelijk een geschikte biotoop voor bijvoorbeeld de Kwartelkoning. Op plaatsen waar struweel ontstaat kunnen zich voor de Spuimond nieuwe vogelsoorten vestigen.

Het botanisch optimale beheer hoeft niet noodzakelijkerwijs overeen te komen met het ornithologisch optimale beheer. Met name Ganzen en weidevogels komen vooral voor in grootschalige terreintypen. Hoewel uit botanisch oogpunt beweiding in najaar en winter gunstig kan zijn, is het vee in deze periode een voedselconcurrent voor de Ganzen. Om de botanische en ornithologische

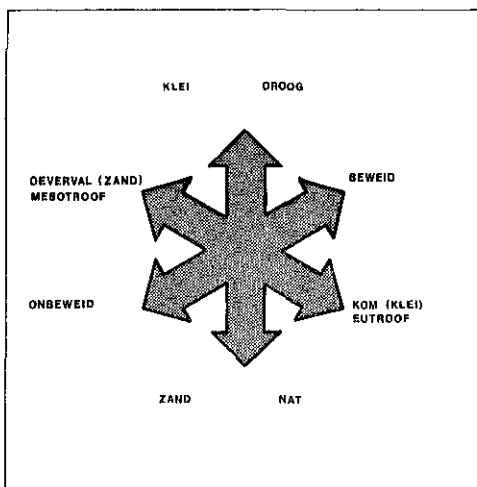


Fig. 4. Globale vegetatiekaart van de Korendijkse Slikken

Verklaring globale vegetatiekaart

-  Gemeenschap met een overheersing van ruwe bies begeleid door haagwin-den of fioringras of hoge ruigtekruiden
-  Gemeenschap met een overheersing van zeebies begeleid door echte water-kers of fioringras of melkdistel of reukloze kamille of harig wilgenroosje
-  Gemeenschap met een overheersing van riet met of zonder ruigtekruiden met weinig of veel andere planten-soorten
-  Begraasde vegetaties (begraasd riet of begraasde bies- of grasgorzen)

Fig. 5. Bestaande en mogelijke gradiënten in het gebied van de Spuimond

potenties van het gebied zo goed mogelijk te benutten zal er een compromis tussen deze twee gevonden moeten worden. Men kan denken aan verdeling van het gebied in botanisch en ornithologisch te beheren terreinen. Dit wil uiteraard niet zeggen dat primair ornithologisch te beheren gedeeltes niet in bepaalde opzichten botanisch waardevol kunnen zijn of omgekeerd. Sinds de afsluiting is de recreatiedruk met name van de watersport, in het Spuimondgebied toegenomen. Vooral op de Korendijkse Slikken kunnen de kleinere schepen de kreken binnenvaren. Ook de jacht geeft, en dan vooral op de Beninger Slikken, een grote mate van verstoring. Handhaven van de rust is van essentieel belang voor waterwild en steltlopers.

Een gevolg van het wegvallen van het getij is, dat de erosie nu op één niveau plaats heeft. Op plaatsen met een steile oever is kustafslag van enkele tientallen hectaren geconstateerd, voornamelijk op de Korendijkse Slikken.

Op plaatsen waar Riet aan het water grenst, gaat de afslag minder snel dan bij met Ruwe bies of Zeebies begroeide plaatsen.

De oorspronkelijke rechte kustlijn heeft nu grillige vormen gekregen. Het is nog niet te overzien of en waar een nieuwe evenwichtstoestand zal worden bereikt. Een onder water liggende zandplaat van de Korendijkse Slikken is *gedeeltelijk weggebaggerd*; dit zal de afslag nog wel doen toenemen. Had men deze plaat opgespoten dan was er een haf ontstaan, waarop de golven zouden afketsen.

Het verdient aanbeveling om de oeverafslag tot stilstand te brengen bijvoorbeeld door het *aanbrengen van strekdammetjes loodrecht op de kust of de aanleg van een grinddam op enige afstand parallel aan de oever dan wel onmiddellijk tegen de oever.*

Het opspuiten van een zandhaf zou een minder star beeld opleveren en moet daarom als een aantrekkelijk alternatief worden gezien. Zo'n zandhaf zou bovendien de pleziervaart het binnenvaren kunnen beletten, en daarmee de recreatiedruk verzwakken.

Op een groot gedeelte van de Beninger Slikken is in opdracht van de rietpachter in 1973 per vliegtuig een bespuiting uitgevoerd, met het doel een aantal voor de rietcultuur schadelijke onkruiden te bestrijden. Niet alleen deze kruiden kwamen om, ook werd schade toegebracht aan – voor de rietcultuur waardevolle – vegetaties op de oeverwallen

en in de voormalige biezenkorzen. In de biezenkorzen bleek dat het gebruikte middel niet selectief was tegen dicotylen. Bij Ruwe Bies en Zeebies trad bladbeschadiging op, waarna de bovengrondse delen in de meeste gevallen afstierven. De ontwikkeling van grote delen van het gebied is door de bespuiting verstoord.

Het resultaat was voor de rietpachter gunstig, want de oogst werd er merkbaar groter door. Als rechtstreeks gevolg van de afsluiting is het Riet sedertdien echter vervuigd, zodat de oogsten weer zijn geslonken.

Bestemmingsplannen voor de Korendijkse en Beninger Slikken zijn in voorbereiding. Totdat die plannen in werking treden biedt de juridische status van het gebied echter geen enkele waarborg voor het behoud van de natuurwetenschappelijke en cultuurhistorische waarden die er zich hebben gevormd.



Landschappelijke afwerking van de duinverdediging bij Westerschouwen

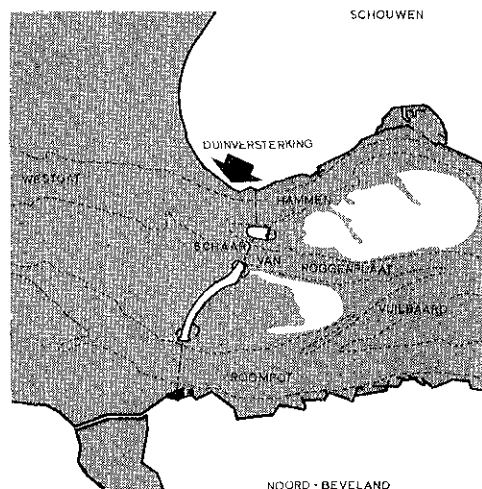
De aanleg van nieuwe civieltechnische werken, vooral indien zij van grote omvang zijn, betekent in vele gevallen een belangrijke ingreep in het bestaande landschap. Het is dan ook zaak, bij het ontwerpen en de tenuitvoerlegging van deze werken de uiterste zorg te besteden aan de inpassing ervan in het landschap, zowel door de wijze van vormgeving als door de afwerking. Dit geldt ook voor het uitvoeren van werken in of nabij onze duinen, die ongeveer 10% van het Europese duinlandschap uitmaken en nog een van de weinige min of meer natuurlijke landschapstypen in ons land vormen. Juist door hun natuurlijkheid, voortkomende uit het wisselend spel van lucht, water en bodem, vertegenwoordigen zij zowel in natuurwetenschappelijk als in landschappelijk en recreatief opzicht belangrijke waarden.

Zoals in Bericht 73 (augustus 1975) werd gemeld, was het om meer dan één reden noodzakelijk om als onderdeel van de Oosterscheldewerken aan de zuidwestkant van Schouwen, daar waar de waterkering van dijk in duin overgaat, een damaanzet, een haven en een hoogwaterkering te bouwen. In samenhang daarmee werd ook het duin aan de zeezijde over een lengte van 500 m van een verdediging voorzien. Deze duinverdediging, die op strandhoogte bestaat uit een asfaltslab en een strook van met zandasfalt gepenetreerde stortsteen en daarboven tot N.A.P. + 11 m uit een 20 cm dikke laag asfaltbeton, werd aangebracht nadat ter plaatse de nodige ontgravingen van en zandaanvullingen met duinzand hadden plaatsgevonden.

Om met deze zwarte en imposante bitumi-

neuze werken het natuurlijke landschap niet te verstoren en de strandrecreatie geen blijvende schade te berokkenen is besloten de duinverdediging met zand in te pakken en aldus een kunstmatig duin te vormen. Men kan, en dat is elders ook wel gedaan, de duinverdediging met een laag zand van min of meer gelijke dikte afdekken, de oppervlakte van het zand met behulp van bulldozers wat reliëf geven en het zand door middel van inplant met helm voor verstuuving vrijwaren. Het resultaat is echter doorgaans een wat statische vorm van inrichting en een landschap dat zichtbaar afwijkt van het van nature ontstane duinreliëf.

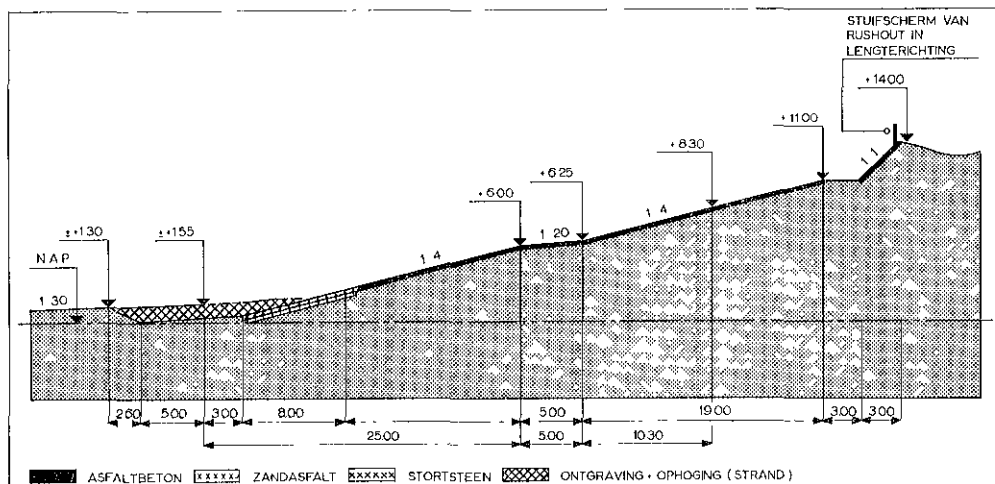
Vandaar dat bij de Damaanzet op Schouwen een poging is gedaan om na te gaan of aan de kunstmatige duinen een wat meer natuurlijk reliëf kan worden gegeven. Dit



betekent een experiment met een meer dynamische vorm van inrichting, waarbij gebruik wordt gemaakt van de wind bij de vorming van het reliëf en waarbij stuifschermen en inplant voor het merendeel slechts een correctieve functie bij de duinontwikkeling hebben. Door de wind te laten spelen met het aangebrachte zand, kan immers een meer natuurlijk reliëf ontstaan, en van dit reliëf, tezamen met een min of meer spontane ontwikkeling van de vegetatie, kan dan uiteindelijk een waardevoller duinlandschap worden verwacht.

Zo'n landschap kan echter alleen standhouden wanneer het aanbod van het zand vanaf het strand naar de duinen tenminste gelijk is aan het door het water en de wind veroorzaakte zandverlies. Of anders gezegd: er zal over een zekere meerjarige periode

een aanvaardbaar dynamisch evenwicht moeten optreden in de zandbeweging tussen duin en strand. Maar dit evenwicht is weer van vele factoren afhankelijk, zoals van de vorm, de breedte en de hoogteligging van het duin en het strand, van de invloeden die het verticale en het horizontale getij en de golfbeweging uitoefenen op de duin- en de strandprofielen, van de sterkte en de tijdsduur van de heersende windrichtingen ten opzichte van het duin en het strand, van de stuifgevoeligheid van het zand, en zo meer. Toen dan ook in principe was besloten om het nieuwe duingebied op meer dynamische wijze tot stand te laten komen, kwam direct de vraag naar voren van welke situatie zou moeten worden uitgegaan: een zeker zandprofiel op de gemaakte duinverdediging mét, dan wel zonder verhoging van het naast-



1. Situatie
2. Afwerking van de bekleding

liggende strand. Om een aanvaardbare keuze te kunnen bewerkstelligen werden beide mogelijkheden nader uitgewerkt. Het aanvangsprofiel voor het nieuwe duin met strandverhoging is verkregen door het strandprofiel vanaf de laagwaterlijn op N.A.P. - 1,40 m onder een helling van 1 : 25 à 1 : 30 te laten oplopen naar N.A.P. + 3,50 m à N.A.P. + 4 m en vandaar onder een helling van 1 : 2 – in verband met de inplantingen kan het niet steiler – een duinprofiel te vormen tot N.A.P. + 14 m aan de oostelijke en tot N.A.P. + 19 m aan de westelijke beëindiging van de duinverdediging. Zo werd aan de zeezijde van het bestaande duin een tweede kamlijn gevormd, die met enige variaties in hoogteligging min of meer parallel loopt met de bestaande duinkam. In de dwarsrichting werd hierdoor ook een

duinpannetje van enkele meters diep gecreëerd. De ligging van het diepste punt van dit kunstmatig dal is zo gekozen, dat het alsfaltbeton daar nog met tenminste 1 m zand zou zijn bedekt. Om dit duinland-schap mogelijk nog beter te beschermen tegen golferosie en om een – in landschap-pelijk opzicht – betere visuele aansluiting op het volgende stuk duin mogelijk te maken werd overwogen dit profiel van strand-verhoging en nieuw duin tot 400 à 600 m voorbij de westelijke begrenzing van de duinverdediging door te trekken.

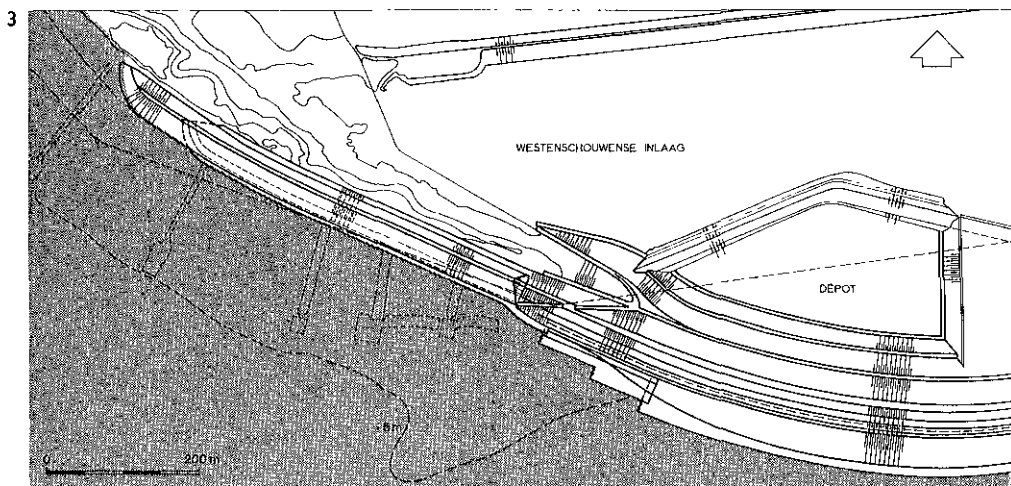
Past men daarentegen geen strandverhoging toe, dan blijft het duinprofiel nagenoeg gelijk aan dat van het duin met strandverhoging. Voor het ontwerp van de zeewaartse duin-helling onder 1 : 2 kan dan worden uitgegaan van een duinvoet op de hoogte van het strand vóór de duinverdediging. Bij een duinvoet op strandhoogte is het risico van aantasting van het duin door golven en stormvloedstanden echter groter dan wanneer het duinprofiel vanuit een hoger gelegen duinvoet wordt opgebouwd. Rekening houdend met een waterstand van N.A.P. + 1,60 m, het hoogst waargenomen hoog-water, is de duinvoet ontworpen op N.A.P. + 2,5 m à N.A.P. + 3 m. In dat geval komt dus tussen de nieuwe duinvoet en de bovenkant van het strand een strook duin-verdediging bloot te liggen, hetgeen in esthetisch opzicht en op grond van recreatiebelangen minder aantrekkelijk is. Het neerslag- en zeewater dat door het zandlichaam van het duin heenzakt zal bij deze constructie over de dichte duinver-de-diging afstromen en aan de duinvoet ult-treden. Daar ontstaat dan een zeer natte

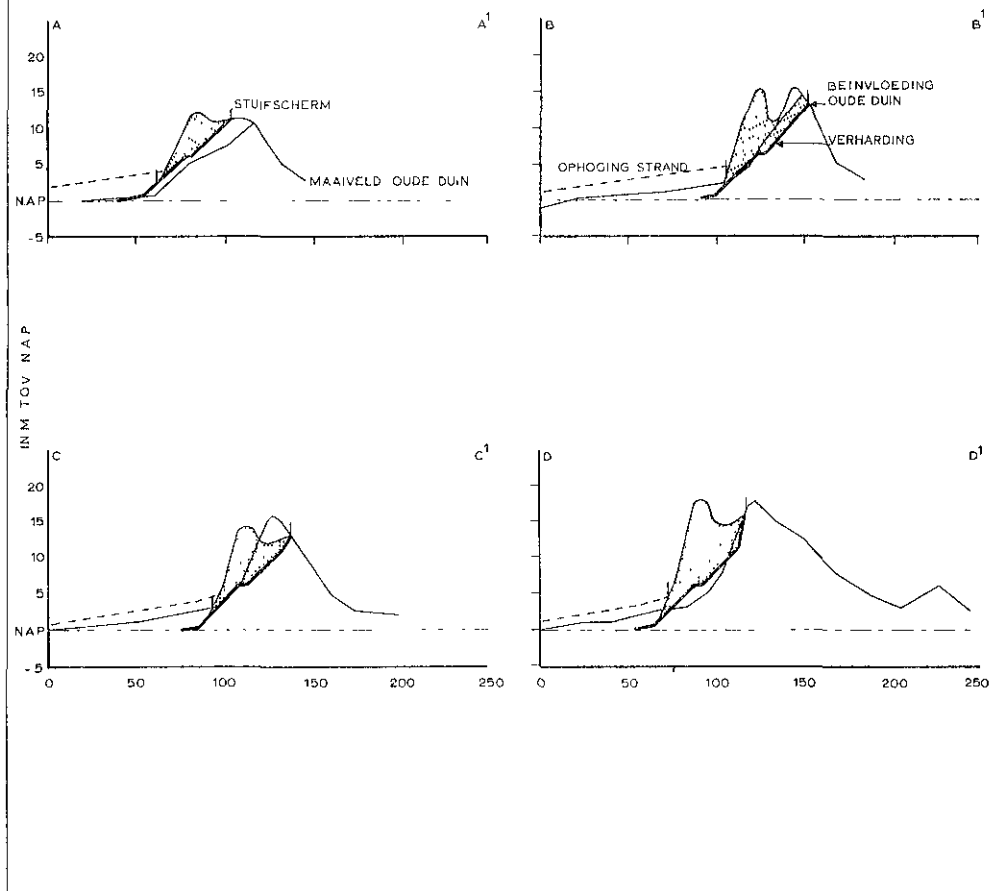
drijfzandachtige laag, die niet gevaarlijk is, maar wel een zekere erosie van de duinvoet zal bewerkstelligen. Bij zo'n hoge duinvoet is er overigens ook kans op erosie door strandrecreanten. Om al deze nadelen en onaangenaamheden te ontgaan zal daarom de blootliggende strook duinverdediging moeten worden afgedekt met een tenminste 1 m dikke zandlaag. Er bestaat echter een kans dat deze zandlaag wegens de aantas-tende werking van stormen en hoogwater-standen elk jaar na de winter en voordat het badseizoen begint, opnieuw moet worden aangebracht.

De ontwikkeling van het duin is echter niet alleen afhankelijk van het duinprofiel bij de aanleg, al dan niet met strandverhoging, maar ook van maatregelen die in de aanvangs-situatie kunnen worden genomen, zoals het

3. Detailsituatie

4. Verschillende mogelijkheden voor het dwarsprofiel na ver-zwaring





plaatsen van stuifschermen en een zekere inplant. Gegeven de eis dat het duin op dynamische wijze moet worden gevormd, mogen deze maatregelen in de beginsituatie slechts minimaal zijn en nadien pas worden uitgebreid, wanneer de ontwikkelingen in het duinprofiel zulks vereisen. In de aanvangssituatie wordt daarom volstaan met het plaatsen van een stuifscherm aan de duinvoet, bij een duin met strandverhoging dus op N.A.P. + 3,5 m à N.A.P. + 4 m en bij een duin zonder strandverhoging op ongeveer N.A.P. + 3 m.

Overigens wordt aan de zeezijde van het duin volstaan met een pleksgewijze beplanting met helm, waarbij de dichtheid van de beplanting in de verschillende proefvakken varieert. Een beplanting die volledige vastlegging van het duin beoogt is veel dichter.

De spaarzame beplanting heeft ten doel de zeevaartse helling van het duin en het strand bij voortdurend te laten fungeren als bronnen van stuifzand. Dit zand heeft echter niet alleen een stuifgevoelige korreldeur van 100 tot 400 mikron, maar ook een niet-stuifgevoelige component, zoals slijb, schelpen, grotere en kleinere veen- en kleibrokken en hier en daar wat grind, stenen en verontreinigingen zoals brokken asfalt. Naarmate de verstuiving nu voortgaat, zal de dichtheid van het niet-stuifgevoelige materiaal aan de oppervlakte zozeer kunnen toenemen, dat het stuifproces geheel tot staan komt. Wanneer het zover is, of zover zal komen en hoeveel zand er dan verstoven zou kunnen zijn, kan in de aanvangssituatie niet voorspeld worden. Blijkt tijdens de ontwikkeling dat het zand te weinig stuifgevoelig is dan

zou een dichtere inplant nog eens extra remmend op de verstuiving kunnen werken, wat niet de bedoeling is. Zou de verstuiving aan de andere kant zulke vormen aannemen dat er nadelige effecten uit voortvloeien, wanneer bijvoorbeeld de vegetatie van het bestaande duin of van de natuur- en landbouwgebieden en waterstaatswerken zouden worden overstoven, dan zal men wel dichter moeten gaan beplanten, bij voorkeur in een min of meer willekeurig verband, en nooit dichter dan een kwart van de normale dichtheid. In kruisverband zou men dan ongeveer vakken moeten maken van 100 x 100 cm.

Als na verloop van tijd zou blijken dat zich teveel zand in de langsrichting van de duinen verplaatst, zal pleksgewijze inplant van helm met een grotere beplantingsdichtheid en/of het plaatsen van stuifschermen in dwarsrichting van het duin wellicht geboden zijn. Ongeveer vanaf de top van het oude duin in de richting van het oude duin is een helmbeplanting ontworpen met een beplantingsdichtheid van ruim de helft van de normale dichtheid; in kruisverband komt dat neer op ongeveer 70 x 70 cm. De zeewaartse begrenzing van deze beplantingszone heeft een min of meer grillig verloop, doordat de kamlijn over bepaalde afstanden afwisselend wel en niet wordt beplant.

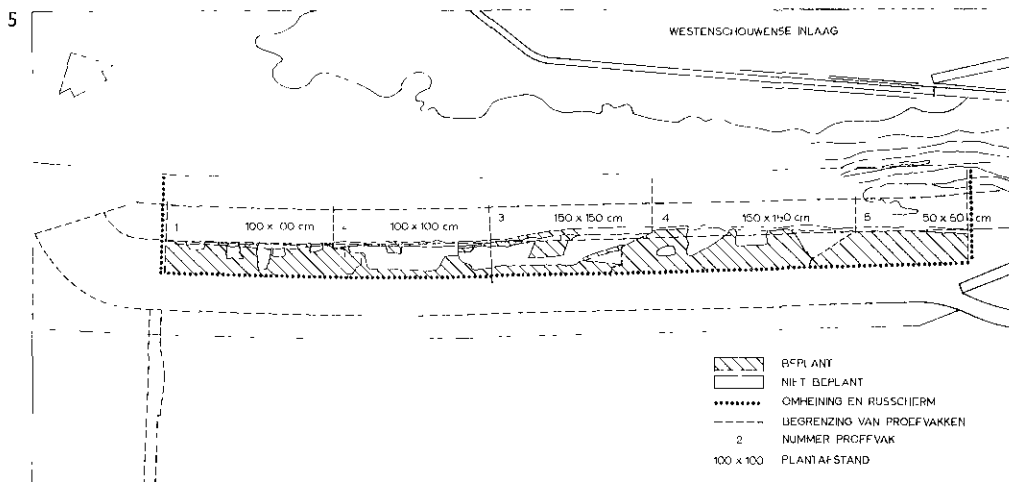
In de laagte tussen de oude en de nieuwe kamlijn wordt verstuing van zand in de lengterichting van het duin tegengegaan door inplant van helm en door de plaatsing van stuifschermen in dwarsrichting. Deze maatregelen zijn er verder op gericht om te grote overstuing vanaf het oude duin te voorkomen. Stuifschermen zijn overigens ook

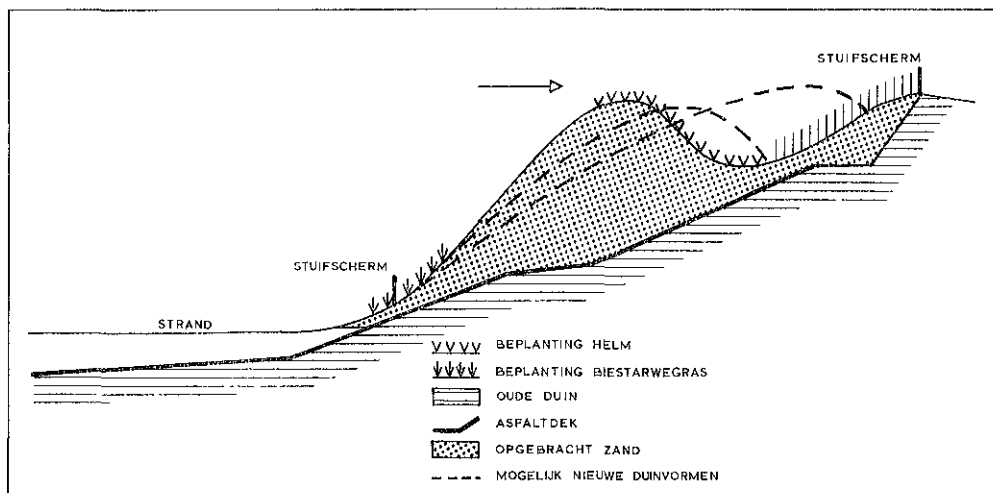
neergezet aan de oostzijde van de duinverdediging om overstuing van het meer oostelijke gebied te voorkomen.

Met deze toestand van het kunstmatig duin als uitgangssituatie kunnen zekere dynamische ontwikkelingen worden verwacht. Het zand dat van de zeewaartse helling van het duin verstuijt, zal achter de kam van het nieuwe duin worden opgevangen in de stuifschermen en in de helmbeplanting, die met het instuivende zand mee omhoog groeit. Zonder verhoogd strand komt er vooral zand van het duinlichaam. Met een verhoogd strand zal ook veel zand van het strand aanstuiven. De nieuwe kamlijn zal zich langzaam landinwaarts verplaatsen, waarbij een natuurlijk reliëf zal ontstaan. De niet ingeplante delen van de kamlijn zullen mogelijk in eerste instantie wat sneller verstuiven en laagten

5 Situering van de proefvakken

6. Mogelijke natuurlijke ontwikkeling van een verzwaard dwarsprofiel





vormen, terwijl de wel ingeplante delen aanvankelijk wat hoger blijven. Op deze manier zullen in het verloop van de kamlijn hoogteverschillen ontstaan. Omdat bij de beplanting van de nieuwe kamlijn rekening is gehouden met het verloop in de hoogteligging van de oude kamlijn, kan mogelijk een afwisseling van hoogten en laagten in de nieuwe duinenrij ontstaan, die aansluit bij die van de oude duinen.

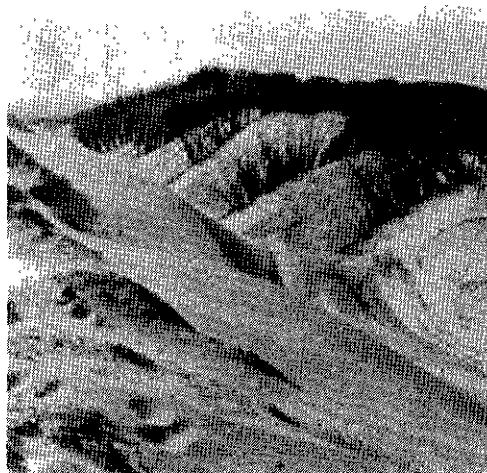
Of de afwisseling van hoogten en laagten ook tijdens het verstuiwingsproces zal blijven bestaan, is nog niet met zekerheid te zeggen. Naarmate de nieuwe kamlijn tijdens de landinwaartse verplaatsing de oude gefixeerde kamlijn nadert, zullen afhankelijk van de dan ontstane situatie mogelijk maatregelen genomen moeten worden om de toestand te fixeren.

Op de hierboven geschetste wijze zal dan na verloop van tijd één duinlichaam met een meer natuurlijk reliëf ontstaan.

Zonder strandverhoging zal de overgangszone van strand naar duin een punt van betrekkelijk grote onzekerheid blijven, en zal de 1 m dikke zandlaag op het onderste deel van asfaltbekleding mogelijk steeds opnieuw moeten worden aangevuld. Daarom, en ook omdat het aanbod van zand vanaf de zeezijde veel groter is en de golferosie ten opzichte van het duin er aanzienlijk door verminderd wordt, lijkt strandverhoging welhaast geboden. Anderzijds dient er toch een bepaalde zekerheid te bestaan dat het verhoogde strand niet te snel door de waterbeweging wordt geërodeerd. Alleen kostbaar en tijdrovend modelonderzoek zou zo dit al op korte termijn zou kunnen worden uitge-

voerd, dienaangaande zekerheid kunnen geven.

De vraag kan overigens gesteld worden of het wel zinvol is om tijdens de uitvoering van de Oosterscheldewerken al tot strandverhoging en duinverlenging te besluiten, en of het niet beter zou zijn te wachten tot na de voltooiing van de werken, om dan tot een integrale aanpassing van de werken in de omgeving over te gaan. Omdat tenslotte een kostbare strandverhoging en duinverlenging louter als proefneming niet of nauwelijks te motiveren leek, is uiteindelijk besloten om het experiment te beperken tot de aanleg van een duin op de asfaltbekleding. Inmiddels is het zandprofiel aangebracht. De benodigde 110 000 m³ zand werd omstreeks september 1975 in het mondingsgebied van de Oosterschelde gezogen en vervolgens in





depot gespoten. Het werd vanaf februari 1976 met vrachtauto's uit dit depot naar de plaats van bestemming gereden en aldaar op het asfalt gekipt, en onder het vereiste profiel gebracht.

In de maanden waarin het zand in depot was, kon het meteen mooi ontziltten. Er is in de orde van 60 mm neerslag nodig om een opgespoten zandlichaam ten behoeve van beplantingen voldoende te ontziltten.

Welnu, volgens opgaven van het K.N.M.I. is in de periode van 1 september 1975 tot en met 31 januari 1976 in Haamstede ongeveer 350 mm neerslag gevallen. Op grond hiervan mag dan ook worden aangenomen, dat het zand in die periode voldoende is ontzilt. Dit zal zeker gelden voor de bovenlaag van het depot. De onderlaag is mogelijk minder ontzilt, mede in verband met eventuele kwel vanaf de zeezijde.

Bij het aanbrengen van het zand op de duinverdediging is er daarom op gelet, dat zoveel mogelijk zand uit de onderlaag van het depot weer onder kwam te liggen. Een bijkomend voordeel van het in depot houden is gelegen in het feit, dat de kans op stormvloeden waarbij van het zand een min of meer groot deel zou kunnen wegspoelen voordat het aan het verstuvingsproces onderhevig was geweest, inmiddels met het verstrijken van de winterperiode kleiner was geworden.

Omdat de hier beschreven vorm van reliëfbouw nog weinig bekend is, zullen de ontwikkelingen die zich bij dit experiment voordoen zo goed mogelijk moeten worden gevolgd. Op deze wijze kan dan de nodige ervaring worden opgedaan om later op grotere schaal te kunnen werken. Naast waarneming en meting in het veld zal zonodig gebruik worden gemaakt van grootschalige luchtfoto's.

Overigens wordt thans door de Milieufdeling van de Deltadienst een meer uitgebreid programma van onderzoek naar kunstmatige duinvorming uitgewerkt.



Het verloop van de waterstanden en de golfbeweging langs de Nederlandse kust tijdens de storm van 3 en 4 januari 1976

Op 3 januari werd ons land geteisterd door een zware tot zeer zware storm; er traden windkrachten op van 11 tot 12, volgens de schaal van Beaufort. De storm naderde in de avond van 2 januari ons land vanuit het zuidwesten. Het hoogtepunt ervan viel in de nacht van 3 januari tussen middernacht en vier uur. Langs de Nederlandse kust worden toen gemiddelde windsnelheden bereikt van 25 tot meer dan 30 m/sec. De wind kwam toen uit het westen; vervolgens ruimde hij naar het noordwesten. Pas in de nacht van 4 januari nam de storm sterk in betekenis af. De belangrijkste oorzaak voor het optreden van deze storm moet gezocht worden in een actieve depressie waarvan de kern zich van de Atlantische Oceaan via Schotland en Denemarken verplaatste naar Polen. Omstreeks 1 uur in de nacht van 3 januari bevond de kern zich boven het midden van de Noordzee. Omstreeks dat tijdstip kwam bovendien een secundaire depressie van Zuid-IJsland boven het midden van de Noordzee aan, en werd in de hoofdkern opgenomen. Waarschijnlijk werd de oostwaartse beweging van de depressie door deze ontwikkeling vertraagd, waardoor de storm langer bleef aanhouden.

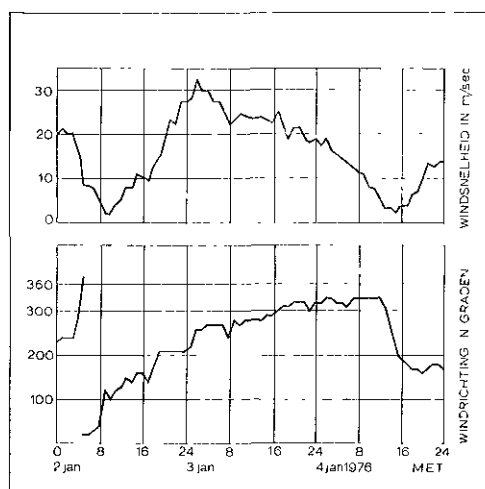
Om een indruk te krijgen van het verloop van de windsnelheden en de windrichtingen tijdens de storm zijn in figuur 1 de windgegevens uitgezet van diverse meetopstellingen langs de kust. In de figuur komt tot uiting dat de windsnelheden aan de zuidwestkust minder hoog zijn opgelopen dan aan de meer noordwaarts gelegen kustgedeelten. Tijdens het hoogtepunt van de storm, in de nacht van 3 januari had de wind ter plaatse van het lichteiland Goeree en

te Hoek van Holland een snelheid van tussen de 22,5 en de 25 m/sec. Daags daarna bleven nog lange tijd windsnelheden voorkomen tussen de 17,5 en de 20 m/sec. De meer noordwaarts gelegen stations van IJmuiden en Terschelling gaven daarentegen maximale gemiddelde windsnelheden van 30 à 32,5 m/sec en de windsnelheid bleef daar nog lange tijd liggen tussen 22,5 en 25 m/sec.

De storm is gepaard gegaan met hoge waterstanden langs de kust. De hoge waterstanden zijn echter mede veroorzaakt door dat toevallig juist tegelijkertijd met de storm een springtij optrad. In tabel 1 zijn de hoogste waterstanden vermeldt die tijdens de storm van januari 1976 op verschillende plaatsen langs de kust zijn waargenomen. Daarnaast zijn ter vergelijking *het grenspeerl* – dat is het peerl dat gemiddeld eenmaal in de twee jaar overschreden wordt – en enige vrij recente stormvloedstanden vermeld.

Overeenkomstig de voor stormvloeden geldende klassificatie behoort de stormvloed van 3 januari 1976 tot de *normale stormvloeden*. De opgetreden hoogste waterstanden langs de Nederlandse kust komen, zeer globaal genomen, gemiddeld één keer in de 20 jaar voor.

Ook het golfbeeld langs de Nederlandse kust werd sterk beheerst door de storm. Ter hoogte van IJmuiden op een diepte van 16 m en ter hoogte van Hoek van Holland op een diepte van 22 m hebben golfmeetboeien regelmatig golven geregistreerd. Op de zeewaartse rand van de onderwaterdelta van de Oosterschelde zijn op een diepte van 10 m met behulp van een golfmeetpaal golven geregistreerd.



Uit deze registratie zijn verschillende golfparameters bepaald. Hiervan zijn in figuur 3 de significante golfhoogten – dat is het gemiddelde van het hoogste derde deel van de golven – en de gemiddelde golfperioden weergegeven.

De hoogst bepaalde waarden voor beide golfparameters zijn in tabel 2 weergegeven. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de beide golfmeetboeien om de drie uur de golven registreerden gedurende een periode van 15 à 20 minuten, terwijl de golfmeetpaal dit deed om het uur. De golfmeetpaal heeft daardoor een grotere kans de tijdens de storm hoogst voorkomende golven geregistreerd te hebben.

De verschillen in het verloop van de significante golfhoogten en golfperioden en de hoogste waarden daarvan worden voor-

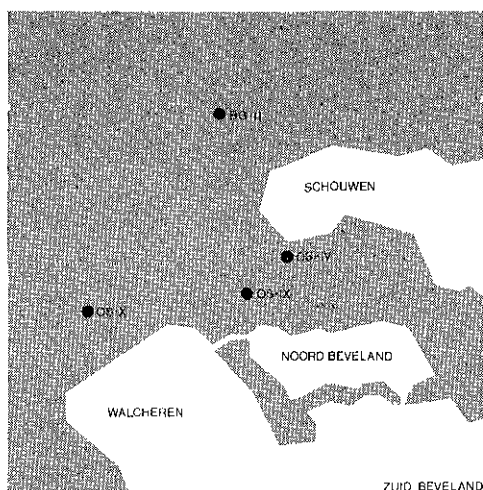
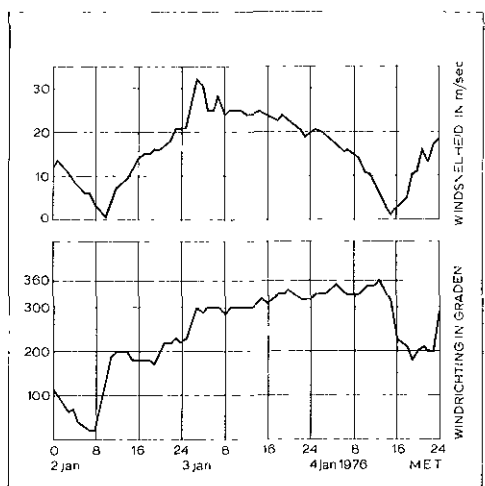
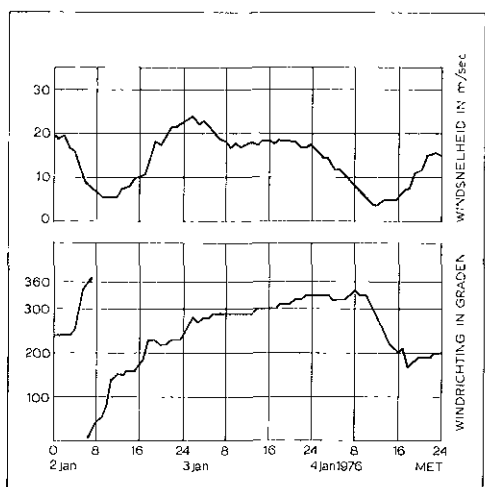


Fig. 1 Verloop van windsnelheid en windrichting in, van boven naar beneden:

- IJmuiden
- Lichteiland Goeree
- West Terschelling

Fig. 2. Situatie van golf- en getijmeetopstellingen in de mond van het voormalige Brouwershavense Gat

Tabel 1
(waterstanden in cm t.o.v. N.A.P.)

	Vlis.	H.v.H.	D.Held.	Harl.	Delfzijl
3 jan. 1976	398	296	297	370	440
grenspeil	327	242	215	275	334
ramp in 1953	455	385	325	366	327
22/23 dec. 1954	356	300	289	369	393
13/14 dec. 1973	355	278	232	330	397

namelijk veroorzaakt door lokale verschillen in windsnelheid en bodemdiepte. Hogere windsnelheden veroorzaken uiteraard hogere golven, terwijl vermindering van de waterdiepte toenemende bodemwrijving veroorzaakt, met als gevolg dat de golfhoogte afneemt.

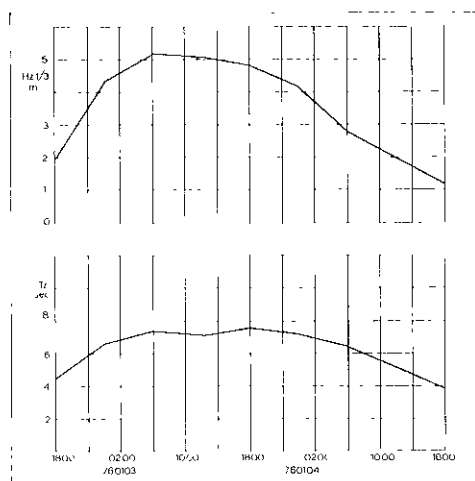
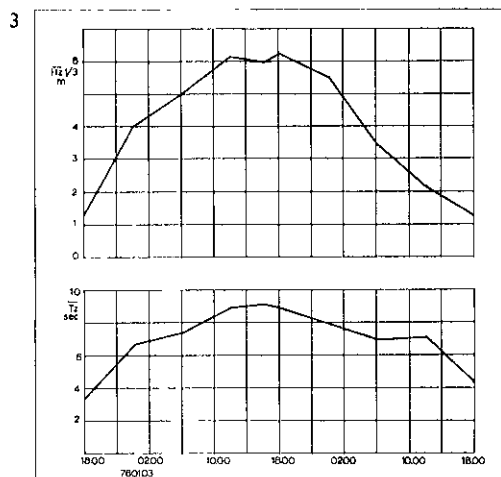
De studie met betrekking tot de gedeeltelijke afsluiting van de Oosterschelde maakt dat de golfbeweging in het mondingsgebied van de Oosterschelde thans sterk in de belangstelling staat. In dit gebied hebben vier golfmeetpalen regelmatig de golfbeweging vastgelegd: de BG II, OS X, OS IX en de OS IV. De BG II en de OS X staan ongeveer langs de zeewaartse rand van de onderwaterdelta in een waterdiepte van 10 meter. De OS IX en de OS IV staan in de nabijheid van het damtracé in een waterdiepte van 4,50 meter, respectievelijk 7,50 meter. De uit deze registraties verkregen significante golfhoogten en gemiddelde golfperiodes staan weergegeven in figuur 4.

Het blijkt dat zowel de significante golfhoogten als de gemiddelde golfperiodes van de BG II en de OS X hoger liggen dan die van de OS IX en de OS IV; en dat de significante golfhoogten en gemiddelde golfperiodes van de BG II hoger liggen dan die van de OS X. De geconstateerde verschillen tussen de golfparameters van de diverse meetlokaties worden voornamelijk veroorzaakt door de configuratie van geulen en platen.

Tabel 2
Hoogste significante golfhoogten en golfperiodes

meetlokatie	significante golfhoogte (m)	gemiddelde golfperiode (sec)
Ym - 005	6,25	9,1
Euro V	5,18	7,6
B G II	5,16	7,6

Voordat de golven uit zee de OS X bereiken, zijn zij reeds over banken of platen gekomen met een bodemdiepte van minder dan 10 meter beneden N.A.P. Zulks in tegenstelling tot de golven die BG II bereiken. De golven die aankomen bij de OS X en de



OS IV, zijn reeds platen gepasseerd die op 2 à 3 meter beneden N.A.P. liggen. Tevens blijkt dat in het verloop van de significante golfhoogten van de OS IX en de OS IV tijdens de storm duidelijk toppen en dalen te onderscheiden vallen. Op 3 januari omstreeks 2 en 15 uur en op 4 januari om 3 uur zien we toppen en op 3 januari om 7 en 20 uur nemen we dalen waar. Vergelijking van het verloop van de golfhoogten bij de OS IX en de OS IV enerzijds en het verloop van de waterstand ter plaatse van de OS IV, dat nagenoeg gelijk is aan dat ter plaatse van de OS IX, anderzijds leert dat deze toppen en dalen samenvallen met de hoog- en laagwaterstanden. Naarmate de golven hoger gelegen platen of banken passeren gaat de waterstand blijkbaar een grotere rol spelen in het golfbeeld.

Uit verschillende golfstudies in ondiep water is gebleken dat bij een bepaalde waterdiepte een bovengrens bestaat voor de daar voorkomende significante golfhoogte. Dit komt omdat de golven bij geringe waterdiepten energie verliezen door wrijving met de bodem. Van deze resultaten is dankbaar gebruik gemaakt bij het schatten van de ontwerp-golfparameters voor de stormvloedkering in de Oosterschelde. Wanneer men voor de storm van 3 januari laatstleden het verloop van de significante golfhoogte uitzet als functie van de waterstand, dan ziet men dat de significante golfhoogte iets meer dan recht evenredig afneemt met de waterdiepte. Terwille van de hierboven reeds genoemde studies naar de ontwerp-golfparameters voor de stormvloedkering is ook naar een relatie gezocht tussen de significante golfhoogte

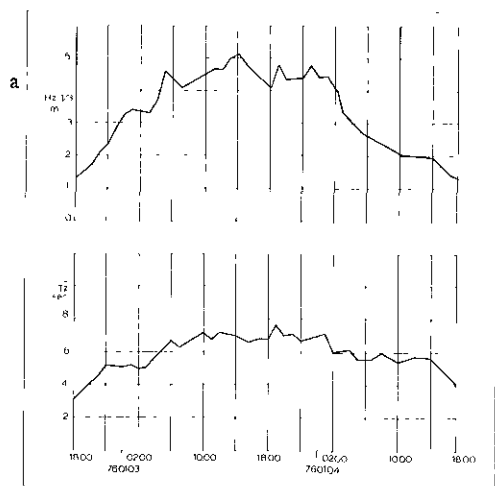
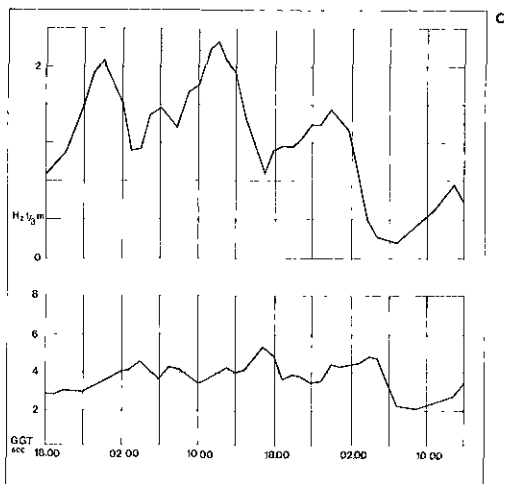
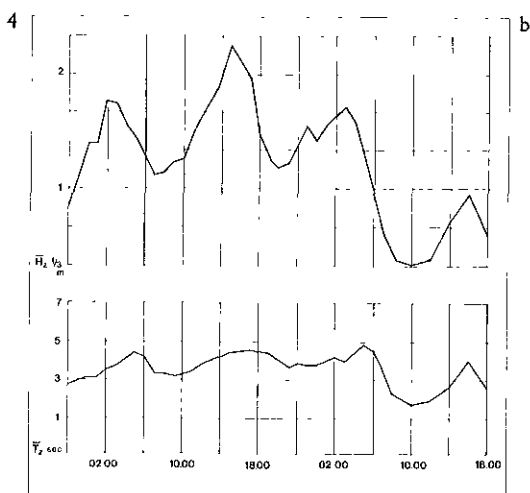


Fig. 3. Verloop van de gemiddelde golfhoogte en golfperiode in IJmuiden en Hoek van Holland

Fig. 4. Als fig. 3 voor

- a - BG II
- b - OS IX
- c - OS IV



en de gemiddelde golfperiode. Hieruit kwam naar voren dat de significante golfhoogte ter plaatse van het damtracé gemiddeld evenredig is met de gemiddelde golfperiode tot de macht 2,65. Bij het onderzoek indertijd waren slechts significante golfhoogten ter beschikking tot maximaal 1,80 meter.

Tijdens de januaristorm zijn echter significante golfhoogten voorgekomen hoger dan 2 m, met een maximum van 2,25 m. Bij analyse blijkt nu dat de vastgestelde relatie ook voldoet voor de tijdens de januaristorm opgetreden hogere golven. De laatste jaren heeft het golfonderzoek in de mond van de Oosterschelde zich vooral geconcentreerd op het analyseren van de golfbeweging tijdens zware stormen. De voornaamste

reden hiervan is dat de invloed van de onderwaterdelta op de golfbeweging zo ondoorzichtig is dat voorlopig volstaan moet worden met een hoofdzakelijk empirische aanpak. Het spreekt vanzelf dat extrapolatie van dergelijke empirische relaties naar ontwerp-omstandigheden, met bijvoorbeeld een gemiddelde overschrijdingskans van eens in de 2500 jaar, veel onzekerheden meebrengt. *Door met name de zeer zware stormen te analyseren kan men dan meer inzicht verkrijgen in de waarde van de toegepaste extrapolaties.*

Vanuit het oogpunt van de golfstudie zijn de veelvuldig voorgekomen zeer zware stormen van de afgelopen jaren dan ook bijzonder interessant geweest.



De recente ontwikkelingen rond de afsluiting van de Oosterschelde hebben op zeer korte termijn grote beleidsombuigingen te zien gegeven. Bij sommigen is nu wellicht de indruk ontstaan dat men, als de wil maar aanwezig is, kan besluiten tot onverschillig wat. Dat zou een grote misvatting zijn. Het Deltagebied is niet in één jaar ontstaan, en een beheerder of ontwikkelaar die er plannen mee voor had die absoluut niet aansloten bij de historisch gegroeide situatie, zou de ene misslag na de andere begaan. Wil men bij een discussie over de mogelijkheden van het Deltagebied of onderdelen daarvan met alle relevante aspecten rekening houden, dan is een goede bekendheid met de ontwikkeling van de waterstaatskundige infrastructuur een absolute vereiste. Deze ontwikkeling is nu al twee millennia aan de gang, en er zijn duidelijke hoofdlijnen op lange termijn in te ontdekken, die niemand straffeloos kan negeren. Oordelen en beslissingen van vandaag dienen mede gebaseerd te zijn op historisch inzicht. Zelfs een oordeel over ons eigen handelen in de Delta dient mede te stoelen op historisch besef. Zo leert dit inzicht ons onder meer dat het wel bijzonder onwaarschijnlijk is dat juist wij de laatste wijsheid in pacht zouden hebben aangaande de wenselijkheid van toekomstige ontwikkelingen in dit gebied.

In de achter ons liggende decennia zijn we wat betreft de vroege waterstaatskundige ontwikkeling van het Deltagebied heel wat wijzer geworden. Een grote hulp daarbij is het vele onderzoek geweest dat door de stichting bodemkartering – in jargon. STIBOKA – is verricht naar de samenstelling en de ontstaansgeschiedenis van de Zeeuwse

en Zuidhollandse oppervlaktelagen tot op enige diepte onder het maaiveld. Daarnaast verdient het proefschrift van C. Dekker over het eiland Zuid-Beveland afzonderlijke vermelding, temeer omdat het zo'n lezenswaardig boek is geworden.

De eerste pogingen om de natuurlijke infrastructuur aan bepaalde menselijke behoeften aan te passen, dateren uit de tijd der Romeinse bezetting. De Romeinen beoogden daarmee met name, of wellicht uitsluitend, de transportmogelijkheden te verbeteren, vooral met het oog op troepenbewegingen te land en te water. De namen Drususgracht en Corbulogracht mogen bekend verondersteld worden, maar waar ze voor dienden, is minder duidelijk. Tacitus, die onder de oudste historici in dit opzicht wellicht het meeste geloof verdient, vertelt ons dat Corbulo zijn gracht liet graven om de vloot te kunnen verplaatsen over rustige binnenwateren, in plaats van geheel aangevoerd te zijn op de zee, met alle risico's van dien. Dio Cassius, die een eeuw later schreef, meldt dat de gracht gegraven werd om het hoogwater gemakkelijker naar zee te laten terugvloeien. Wat moeten wij ons daar bij voorstellen? Zouden de Romeinen zich zozeer om de waterhuishouding van deze schaars bewoonde streken hebben bekommerd? Maar het blijft merkwaardig dat de gedachte aan spuikanalen in elk geval bij Dio Cassius zelf levend was. Langs de Rijn en zijn zijtakken lagen natuurlijke schoorwallen, door de rivieren als het ware zelf opgeworpen. De Romeinen gebruikten deze wallen als basis voor hun landwegen, maar geenszins als de aanzet tot een bescherming van het achterland tegen

buiten hun oevers tredende rivieren. Hadden ze dat wel gedaan, dan zouden ze al spoedig op moeilijkheden zijn gestuit: bij grote rivierafvoeren zou de stroom plaatselijk en met veel meer schade toch buiten zijn oevers zijn getreden. Dat is immers tot in de recente historie een probleem gebleven, dat elke dijkverhoging langs onze rivieren de andere dijken langs dezelfde rivier als het ware effectief verlaagt door het overstromingsgevaar elders te vergroten. Hetgeen natuurlijk niet wil zeggen dat men dan de dijkenbouw maar had moeten laten.

Na de betrekkelijk geringe waterbouwkundige activiteit van de Romeinen heeft de natuur nagenoeg duizend jaar geheel vrij spel gehad; de bewoners van deze streken hadden geen keus, zij moesten de natuurlijke gang van zaken gelaten over zich heen laten komen. In die tijd onderging het beeld van de Delta grote veranderingen: de duinenrij langs de kust werd op verscheidene plaatsen doorbroken en het zoete veen dat zich daarachter, door het duin beschermd, had kunnen vormen, werd deels door nieuwe getijgeulen geërodeerd, deels onder kleiige sedimenten bedolven. Enig idee hoe het er toen moet hebben uitgezien geeft de kaart van Beekman - zie Bericht 54 (november 1970) p. 173 - waarin hij de vermoedelijke situatie omstreeks 1300 aan de hand van verspreide gegevens heeft gereconstrueerd. Enkele eeuwen daarvoor, zo omstreeks het jaar 1000 zal de toestand daar niet sterk van hebben verschild. *Van dijkensbouw was in 1000 nog geen sprake.* Het land zal veel geleken hebben op het tegenwoordige land van Saafdinge: allemaal slik en schor in verschillende stadia van ontwikkeling en rijping. Maar zo bleef het niet; mogen we Dekker geloven, dan zijn enkele hoge stormvloedende optraden in de 11e en 12e eeuw de voornaamste aanleiding geweest tot het ondernemen van grotere samenhangende bedijkingen. Het zullen echter niet alleen deze grote vloedende op zich zelf geweest zijn, maar ook het hogere ontwikkelingspeil van de bevolking in de omliggende gebieden, vooral het rijke Vlaanderen. Men begon geleidelijk aan meer belangstelling te krijgen voor ontginningen op grotere schaal en onder beter beveiligde omstandigheden. Volgens Dekker kwam die belangstelling eerst vooral van de rijke en machtige, goed georganiseerde Vlaamse kloosters. Van hen gingen dan ook de initiatieven uit voor grootscheepse bedijkingen, een activiteit die gedurende de eerstvolgende eeuwen niet meer afliet, maar waarin geleidelijk ook door edelen en later

door burgers werd geparticipeerd. Het Delta-gebied werd dus letterlijk en figuurlijk op de schop genomen, en het landschap onderging daardoor een drastische verandering: de schorren verdwenen. Dekker zegt daarover: Overrijpe schorren zullen in de late middeleeuwen een zeldzaamheid zijn geweest, zo zij al voorkwamen. In vele gevallen kon men amper het ogenblik afwachten waarop de schorren rijp waren voor bedijking; vandaar dat men in de polders nu nog vaak brede en niet verlande kreken aantreft.

De bedijkingen, die eerst vooral waren begonnen om het vege lijf tegen hoge stormvloedende te beschermen, en dus een voornamelijk defensief karakter hadden, werden later steeds meer uit landhonger ondernomen. Of de ondernemers van deze landaanwinningen daarbij steeds in sterke mate doortrokken waren van de zorg om de veiligheid van hen die zich in de nieuwe gebieden gingen vestigen, mag men betwijfelen. De economie zal dikwijls een grotere rol hebben gespeeld dan het niet weegbare leven van een pachter. Bij de bouw van dijken werd dan ook meestal de grootst mogelijke zuinigheid betracht. Vierlingh, die toch zeer goed wist dat de belangrijkste waterkerende eigenschap van een dijk zijn hoogte was, noemt in zijn boek van 1575 herhaaldelijk dijken van 12 tot 15 voet voor het Deltagebied voldoende. Dat was dus ruim vier meter. Veelal klonk een dijk na de aanleg nog aanzienlijk in. En hoe hoog was hij eigenlijk? Middelven om dat exact vast te stellen, ontbraken de middeleeuwen. Het constateren van de hoogte geschiedde meestal 'op de horizon'.

Dijken behoorde men te bouwen van klei, maar daar werd veelvuldig de hand mee gelicht: men stopte veengrond, vuilnis, stro, dode beesten en lege tonnen in de dijk, vertelt Vierlingh.

De bedijkingen werden op de voet gevolgd door werken ten behoeve van een zo goed mogelijke afwatering van de polders. Volgens Dekker vond men aanvankelijk dit waterhuishoudkundige aspect belangrijker dan een goed onderhoud van de dijken. Hij schrijft; 'niet het dijksonderhoud, maar de waterlozing gaf aanleiding tot het vormen van grote waterstaatskundige eenheden'.

Zien wij het goed, dan mogen wij uit de voorgaande beschouwingen afleiden dat de mens bij zijn ingrijpen in de natuurlijke ontwikkeling van het Deltagebied in het tweede millennium na Christus, vele eeuwen lang in hoofdzaak gericht is geweest op ontginning en exploitatie, en in veel mindere

mate op adequate beveiliging van de Deltabewoners, die toen zelf ook waarschijnlijk nog niet voldoende in staat konden worden geacht de later vaak gebruikte leus 'wie 't water deert, die 't water keert' toe te passen. Men krijgt de indruk dat het Deltagebied lange tijd als wingewest is gebruikt. Ten opzichte van de natuur is dit een offensieve periode geweest, waaraan tenslotte echter een eind moest komen toen de gevolgen van dit menselijk ingrijpen zich begonnen te openbaren. Doordat de bedijkingen en de aangebrachte oeverbeschermingen de bewegingsvrijheid van het getij in horizontale zin hoe langer hoe meer gingen beperken, ging dit zich meer in verticale zin uitleven, zodat er de diepe getijgeulen ontstonden die wij thans kennen. Hand in hand hiermee, want erdoor veroorzaakt, werd de verticale getijbeweging sterker: de hoogwaters werden geleidelijk hoger, de laagwaters lager; en ook het peil van de stormvloedten moet langzaam zijn gestegen. Ook binnendijks veranderde er veel; op het ingedijkte land kon door de zee geen slib meer worden aangedragen, zodat de bodemdaling van gemiddeld 20 cm per eeuw nergens door kon worden gecompenseerd. Bemaling zorgde voor een verdere daling van de binnendijkse bodem.

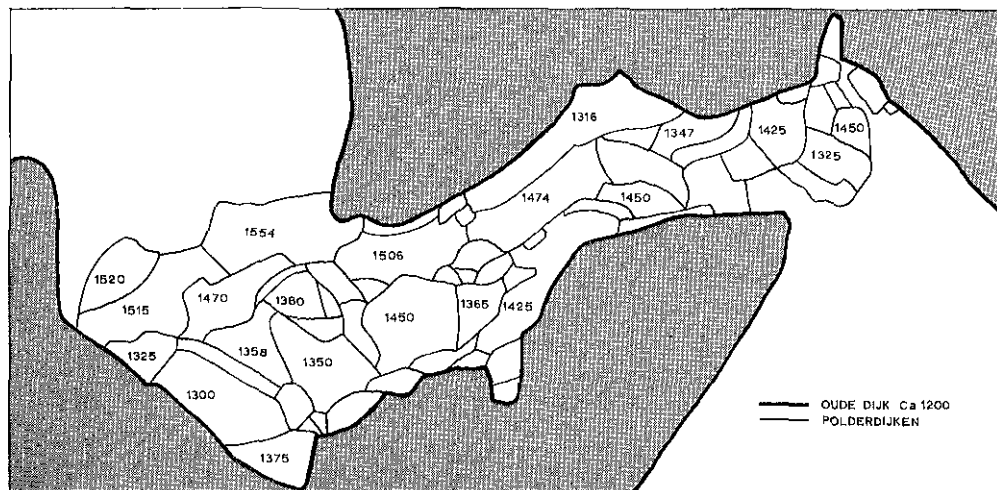
Voorts veroorzaakte de moertering, het winnen van het oude veen, soms als brandstof, maar voornamelijk voor zoutwinning, een nog grotere bodemdaling op vele plaatsen. Door deze twee min of meer samenhangende ontwikkelingen werd de toestand geleidelijk gevaarlijker; buitendijks werden de stromen sterker en de stormvloedten hoger, binnendijks daalde de bodem, op sommige plaatsen tot enkele meters beneden de gemiddelde zeespiegel. Voegt men hierbij het feit, dat er door de bovenbeschreven hydrografische ontwikkelingen praktisch geen buitendijkse gronden waren overgebleven die nog tegen aanvaardbare kosten veilig konden worden bedijkt, dan is het begrijpelijk dat de aandacht nu meer en meer werd gericht op de consolidatie en de beveiliging van het gewonnene. In het laatste deel van het 2e millennium begon de zorg om de veiligheid dan ook de voorrang te zoeken boven andere overwegingen van economische aard. Het gevaar werd evenwel nog lang niet door allen onderkend. Geen wonder want het groeide feitelijk maar langzaam en werd pas enigszins duidelijk toen er in de laatste eeuw systematisch onderzoek naar werd verricht. Ook toen bleef men toch veelal nog tamelijk behoudend tegen de zaak aankijken, tot men

door de stormvloed van 1953 werd overvallen. Het Deltaplan ontstond, en met dit plan een aantal nieuwe problemen die echter toch weer deel uitmaken van de algemene vraagstelling of er verder moet worden voortgebouwd op de hierboven geschetste ontwikkeling van de infrastructuur, die uit niet altijd geheel onaanvechtbare doelstellingen is ontstaan; of dat men waar mogelijk het roer moet omgooien en overschakelen op een ander patroon voor de infrastructuur, dat min of meer met het verleden breekt en wellicht beter aan het heden is aangepast.

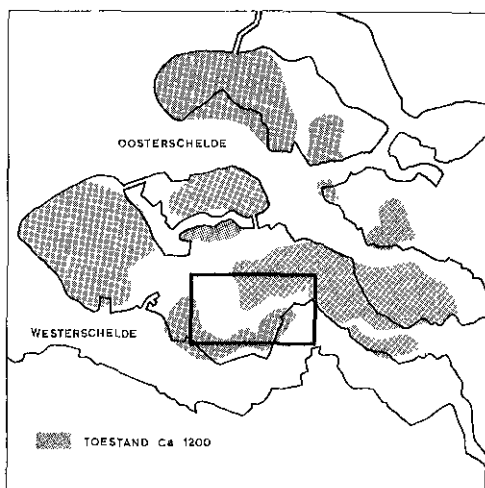
Om het zuidelijk Deltagebied een betere bescherming te geven tegen stormvloedten en een herhaling van de ramp van 1953, ook bij het optreden van een veel hogere vloed, te voorkomen, staan op dit ogenblik drie wegen ter beschikking die men ook voornemens is, alle drie te bewandelen: voor de Westerschelde dijkverhoging, min of meer volgens de bestaande infrastructuur; voor de Oosterschelde afsluiting van de mond door een beweegbare stormvloedkering, die onder normale omstandigheden open zal staan en slechts bij storm zal worden gesloten; voor de Grevelingen afsluiting van de mond door een dichte dam met daarin een spuisluis. Met de ophoging van de Westerscheldedijken is men bezig, de Brouwersdam is gereed op de spuisluis na, terwijl er een voorontwerp op tafel ligt voor de stormvloedkering in de Oosterschelde.

We zullen, omdat dat weinig aan de orde komt, in het vervolg van dit artikel enkele technische aspecten bespreken van de dijkverhoging, die niet alleen langs de Westerschelde, maar ook elders in het land wordt ondernomen; onder andere ontplooit in het Oosterscheldegebied het Bouwbureau voor partiële dijkverhoging op dit moment een grote activiteit.

Onze dijkbouw is sterk verankerd in een traditie, die, wij zagen het reeds, vele eeuwen achter zich heeft. De toegepaste profielen lijken meestal nogal op elkaar: een buitenbeloop, onderbroken door een zogenaamde buitenberm van enkele meters breedte, het benedengedeelte bekleed met een steenglooiing waar de golfaanval dit noodzakelijk maakt, de berm en het beloop daarboven bekleed met een grasmatt, de kruin en het meestal ononderbroken binnenbeloop eveneens bekleed met gras. De helling van het buitentalud varieert tussen 1 : 3 en 1 : 4, soms, bij zwaarder aangevallen dijken bedraagt ze 1 : 5, en zeer zelden is ze nog flauwer. De Westkapelse dijk heeft bijvoorbeeld taluds van 1 : 6 tot 1 : 10 op een enkele



Inpolderingen tussen Zuid-Beveland en het voormalige eiland Borsele; de getallen geven het jaar van inpoldering aan (naar: C. Dekker, 'Zuid-Beveland')



plaats. De binnentaluds waren tot de ramp van 1953 kwam, soms zeer steil; taluds met een helling 1 : 2 kwamen zeer vaak voor en taluds 1 : 1½ waren niet zeldzaam. De steenglooiing zoals wij die nu kennen dateert ongeveer uit het midden van de vorige eeuw; daarvoor verdedigde men een door golven aangevallen beloop met rijsbeslag en losse steen; de allereerste dijken, vermoedelijk tot in de 16e eeuw, hadden geen extra bekleding. Omstreeks het midden van onze eeuw, vooral na de tweede wereldoorlog, vinden meer en meer ook bekledingen met asfalt toepassing. Soms, zoals op enkele dijkvakken op Flakkee, bedekken zij het gehele buitenbeloop en de kruin, soms is de gehele dijk, inclusief het binnenbeloop, van een asfaltbekleding voorzien. Dit is het geval bij de Deltadammen. Het lichaam van Nederlandse

waterkeringen bestond en bestaat nog vrijwel steeds uit grond, de lange tijd geleden in Noord-Holland toegepaste wierriemen – muren van zeewier –, en enkele boulevardmuren daargelaten. Tot tamelijk kort geleden bestonden de Zeeuwse dijken nog vrijwel geheel uit bij voorkeur vette klei. Later, na de opkomst van het groot grondverzet met de perszuigers, waarmee zand vrij gemakkelijk over een afstand van verscheidene kilometers kan worden getransporteerd, krijgen we dijken met een kern van zand, voorzien van een schil van klei of zavel met een dikte die naar omstandigheden varieert van een halve tot één meter. De dijk blijft bij deze veranderingen van materialen en materieel naar zijn hoofdvorm echter ongeveer gelijk. Is dat omdat de traditie zo sterk is, of omdat zich door de eeuwen heen een constructie heeft

ontwikkeld tot nauwelijks meer te verbeteren perfectie? Dat laatste zou dan min of meer toeval zijn, want verschillende onderdelen van de dijkconstructie vonden hun oorsprong onder omstandigheden die wel heel verschillend zijn van de huidige. Een paar voorbeelden. Vaak zag men vroeger in de steenglooingen paalrijen geplaatst; trouwens men komt ze nu ook nog wel tegen. Men beweert dat zij nuttig zijn om de golfloop tegen de dijk te beperken. In dit doel vindt deze constructie echter niet haar oorsprong. Zij stamt uit de tijd van vóór de steenglooiing, toen het buitenbeloop nog met rjshout en losse steen was bekleed. De paalrijen deden toen dienst om deze niet zo erg vast liggende steen tegen de golfslag te beschermen en niet, of niet zozeer, om de golfloop te beperken. De kracht die door de golven op de paalrijen werd overgebracht werd opgenomen door de ondergrond, de losse steen kon haar niet opnemen. Bij hecht gezette steenglooingen ligt dit anders: hier kan de steenkorst krachten opnemen die op de palen worden uitgeoefend. Met het gevolg, dat in de steenglooiing soms juist schade ontstaat als gevolg van de palen. Men schiet in deze situatie dus zijn doel voorbij. Maar toen de palen er eenmaal stonden, bleken ze de golfloop te beperken; verwijdering ervan zou een iets hogere steenglooiing vergen; dus liet men ze maar staan. Nu men, dank zij het moderne modelonderzoek meer inzicht in de verschijnselen van golfaanval en golfloop heeft gekregen weet men op dit punt tot verstandiger ontwerpen te komen; de steenglooiing maakt trouwens meer en meer plaats voor glooiingen met betonblokken, die sneller kunnen worden geplaatst en waarvoor minder groot vakmanschap nodig is.

Dan de buitenberm. Het staat niet vast, wat de oorspronkelijke bedoeling van deze knik in het buitenbeloop is geweest. Abraham Caland gaf in het begin van de vorige eeuw als voornaamste reden grondbesparing op. Ook zou men de steenglooiing wat minder hoog behoeven op te trekken. Het achter de berm liggende bovenbeloop blijkt namelijk van de berm zoveel bescherming tegen golfslag te ontvangen, dat geen steenglooiing meer nodig is. Dit klinkt wel geloofwaardig, dus laten we maar aannemen dat zijn uitleg juist is, totdat zich eventueel een betere verklaring aandient. Later, toen meer inzicht in het verschijnsel van de golfloop was verkregen, bleek de buitenberm ook in dit opzicht een functie te vervullen: de berm bleek namelijk – meestal toevallig – op zo'n

hoogte te liggen dat hij bij het optreden van de toen maatgevende stormvloed ongeveer de maximale reductie kon geven van de golfloop; een veel lagere of een veel hogere berm zou bij maximum stormvloed veel minder effect hebben. We zeiden al, dat de berm toevallig op de goede hoogte lag; zijn hoogte werd inmiddels niet vastgesteld op grond van deze overweging, maar volgens een geheel ander criterium: de berm moest namelijk zo hoog boven hoogwater zijn gelegen, dat hij normaal geen overmatige last van zout water zou hebben; met name niet van spatwater of van water van oplopende golven. Nu was toevallig op de meeste plaatsen het peilverschil tussen normaal hoogwater en de maatgevende stormvloed ongeveer even groot als het gewenste hoogteverschil tussen berm en normaal hoogwater.

Na de stormvloed van 1953 is het peil van de maatgevende stormvloed echter veel hoger geworden en thans kan de buitenberm deze dubbele functie niet meer vervullen. Men moet nu kiezen: of men handhaaft hem op de oude hoogte, met als voornaamste doel een besparing op de steenglooiing, of men brengt op veel hoger niveau een nieuwe berm aan, die dan als functie zou hebben een reductie van de golfloop bij het optreden van de 'Deltastorm'. Deze bovenste berm zou zijn functie dan echter gemiddeld slechts eenmaal in een periode van vele duizenden jaren vervullen; als een berm geen enkel ander nut zou hebben, zou de aandacht ervoor, nodig voor het onderhouden in goede staat, gemakkelijk gaan verslappen; en als hij dan in de zeldzame ure des gevaars zijn dienst zou moeten bewijzen, zou hij wel eens niet bepaald in optima forma kunnen verkeren. Dit bezwaar geldt in principe voor alle constructies die in het dagelijks leven geen direct nut hebben en slechts bij hoge uitzondering dienst moeten doen; men kan voor het in goede staat houden van dergelijke elementen nu wel stringente en zorgvuldig geformuleerde voorwaarden en reglementen opstellen, maar een mens is maar een mens en het zou van weinig praktisch inzicht getuigen, wanneer men dat over het hoofd zag. We komen hiermee op een essentieel aspect, dat ook voor andere onderdelen van de dijk als vitale waterkering en ook voor andere belangrijke constructies geldt: wil men zo groot mogelijke zekerheid hebben dat zij constant voldoen, de aandacht hebben en in goede staat worden gehouden, dan moet men er zo mogelijk een nevenfunctie aan geven waarvan dagelijks of

althans zeer frequent gebruik wordt gemaakt, en wel zo, dat de eisen die aan dit gebruik moeten worden gesteld, in overeenstemming zijn met de voorwaarden die aan het betreffende constructieonderdeel krachtens zijn primaire doelstelling moeten worden gesteld. Welke belangrijke nevenfunctie kan nu aan een hoog gelegen buitenberm, bijvoorbeeld op N.A.P. + 5 of 6 m nog worden toegedacht? Hij ligt ongeveer halverwege tussen teen en kruin van de dijk, en kan daarom ook dienst doen als inspectie-berm.

Een nog beter gebruik van de berm in de hier bedoelde zin zou het zijn als hij geregeld ook door anderen, door particulieren zou worden betreden, wanneer er met andere woorden ook een toeristische functie aan zou kunnen worden toegekend. Voorbeelden zijn daarvoor wel te vinden; om er maar één te noemen: de buitenberm van de 'Deltadijk' voor het dorp Zoutelande wordt, vooral in het toeristenseizoen, maar ook daarbuiten door de plaatselijke bevolking als boulevard gebruikt. Op een dergelijk gebruik is in het ontwerp ook dadelijk gerekend, door de berm en ook het daarop aansluitende boventalud met betonblokken te bekleden, waarop zonder bezwaar kan worden gelopen. Deze constructie is niet in strijd met de waterwerende functie van de berm; in tegendeel, zij komt daaraan juist ten goede. Deze oplossing van het probleem is niet in alle situaties de meest aangewezen; op afgelegen plaatsen is het zinloos zo'n wandelgelegenheid te creëren. Een moeilijk probleem vormt ook de bekleding van het dijklichaam voor zover het niet van een steenglooing is voorzien, dus meestal de bekleding van het buitenbeloop boven de berm, van de kruin en van het binnenbeloop. Meestal is dit een grasmat, in navolging alweer van een eeuwenoud gebruik. Vroeger, tot in het begin van deze eeuw, had de grasmat op een dijk, behalve als bescherming van het dijklichaam tegen erosie, nog een ander nut: de opbrengst van de grasmat vond een dankbaar gebruik bij de bevolking; aan dit produkt bestond toen nog behoefte. Men weidde er schapen op en men maaide het graag voor andere dierlijke consumptie. Het beweiden of maaien van een dijk kon dan ook meestal door de eigenaar aan belangstellenden worden verpacht tegen vergoeding. Nu bestaat er nauwelijks meer belangstelling voor dit gras en gaat het onderhoud de eigenaar geld kosten in plaats dat het hem wat opbrengt. We werden met dit probleem geconfronteerd, toen in de

jaren vijftig de eerste ontwerpen moesten worden gemaakt voor de dijkverhogingen langs de Westerschelde. De vraag deed zich daarbij onder andere voor, of het binnentalud van de dijk misschien eerder een exploitabele grasmat zou opleveren, als we daar een veel flauwere helling aan zouden geven dan tot dan gebruikelijk was geweest. Gedacht werd aan hellingen van 1 : 4 of misschien zelfs van 1 : 8. Het verlies aan grond – meest landbouwgrond – zou dan wel enigermate moeten worden gecompenseerd door een veel betere opbrengst van de grasmat op zo'n flauw talud. Een officiële werkgroep van landbouwkundigen en dijkbouwers werd ingesteld onder voorzitterschap van een landbouwkundig ingenieur, die dit uitvoerig bestudeerde; het flauwe talud bleek van geen althans niet van economisch belang voor de grasproductie; wel vond men dat steile taluds veel moeilijkheden zouden opleveren voor het onderhoud. Op schapen hoefde men hiervoor in Zeeland niet meer te rekenen en handmaaiers waren ook niet meer te krijgen. Men zag in dat het onderhoud dus machinaal zou moeten geschieden en daarvoor mocht de helling van het binnentalud althans voor de toenmalige apparatuur, niet steller zijn dan 1 : 3.

Kort na de bevindingen van bovengenoemde werkgroep werd door de Deltacommissie de werkgroep voor het onderzoek naar de spanningstoestand in zeedijken ingesteld. Deze werkgroep, waarvan het rapport werd gepubliceerd in 1961 als onderdeel van deel 6 van het eindrapport van de Deltacommissie, kwam onder meer tot de volgende, voor de moderne dijkbouw belangrijke conclusies:

a. Als belangrijkste oorzaak van het geheel of gedeeltelijk bezwijken van de dijken in het zuidwesten van Nederland tijdens de stormvloed van 1 februari 1953 ziet de werkgroep het optreden van wateroverslag. Hij neemt daarbij aan, dat het overstromende water door de niet-waterdichte bekledingen van kruin en binnenloop de dijken is binnengedrongen en daar grondwaterstromingen heeft veroorzaakt, die in eerste instantie de stabiliteit van de binnentaluds hebben aangetast.

Een dijklichaam, waarvan het binnentalud geheel of gedeeltelijk is afgeschoven, kan door erosie in betrekkelijk korte tijd volledig tot bezwijken worden gebracht. Naar alle waarschijnlijkheid moeten de meeste doorbraken die op 1 februari 1953 hebben plaatsgevonden, op deze wijze worden verklaard.

en verder:

e. ... meent de werkgroep er de nadruk op te moeten leggen, dat de veiligheid van een dijk belangrijk kan worden verhoogd door wateroverslag zoveel mogelijk te beperken. De mogelijkheden hiertoe, gelegen in de keuze van de helling en vorm van het buitenbeloop en de hoogteligging van de kruin, kunnen echter wellicht nimmer zo volledig worden benut, dat wateroverslag nooit zal optreden. Met de kans hierop zal dus bij iedere dijk rekening moeten worden gehouden. De werkgroep acht het daarom gewenst, een dijk tevens zo goed mogelijk bestand te maken tegen overstromend water. De weerstand hiertegen hangt in hoge mate af van de helling van het binnenbeloop en van de kwaliteit van de daarop aangebrachte bekleding. Een flauw talud werkt in dit opzicht gunstig, terwijl voor de bekleding, naast erosievastheid, van groot belang is, dat de doorlatendheid ervan aanmerkelijk kleiner is (en blijft) dan de doorlatendheid van de onderliggende kern. Indien men er echter in zou slagen, het dijklichaam te voorzien van een waterdichte bekleding (die tevens waterdicht blijft) zou men een dijk verkrijgen, die ten aanzien van wateroverslag een absolute veiligheid zou bezitten. De werkgroep heeft gemeend, dat het niet tot zijn taak behoort in te gaan op de vraag in hoeverre een dergelijke constructie thans reeds technisch gerealiseerd kan worden, terwijl hij om dezelfde reden ook de economische zijde van het probleem onbesproken heeft gelaten.

Vroeger kon met het door deze werkgroep gewonnen inzicht niet bewust rekening worden gehouden, hoewel iedereen wel vanzelf zal hebben begrepen, dat hoe hoger een dijk, hoe veiliger. We zagen dat ook Vierlingh dit wist en het ook in woorden, zij het misschien niet altijd in daden, tot uitdrukking bracht. Ook zal men wel hebben gevoeld dat flauwere taluds veiliger waren dan steile. Een kwantitatief inzicht had men echter niet. En wat men nog helemaal niet begreep, was het belang dat men thans weet te moeten hechten aan het verschil in doorlatendheid tussen de bekleding en de kern van de dijk. De meeste oude kleidijken zondigen tegen dit principe; zij bouwden een kern, die steeds vochtig blijft, daardoor niet scheurt en dus praktisch ondoorlatend is, met aan de buitenkant een schil die aan de oppervlakte kan uitdrogen en daardoor kan scheuren en hoe vetter de buitenkant, hoe sterker de scheurwerking. Dit is er een duidelijk voorbeeld van hoe de veel geprezen

traditionele waterbouwkunde haar verborgen fouten kan hebben, die niet eens altijd zo gemakkelijk aan het licht kunnen worden gebracht. Thans is men tot de conclusie gekomen dat een dijk waarvan de kern bestaat uit zand en de bekleding uit zavel, die niet scheurt, veel beter aan onze moderne inzichten beantwoordt dan de oude 'degelijke' kleidijken.

Hoe sterk is een dijk? Wat kan hij hebben, tegen welke golfslag is hij bestand en hoeveel wateroverslag kan hij verdragen? Wij weten het nog niet, kunnen het nog niet van geval tot geval precies berekenen, vermoedelijk zullen we er theoretisch ook nooit helemaal achter komen. Men gaat echter door met de studies in deze richting en we moeten er dus steeds op verdacht blijven, dat nieuwe inzichten weer tot nieuwe herzieningen zullen kunnen nopen. Deze overweging leidt dan ook tot het advies, naast, dat wil zeggen zowel voor als achter, de dijk een behoorlijke ruimte te reserveren ten behoeve van later eventueel noodzakelijk blijvende aanpassingen aan nieuwere inzichten, zoals dat ook bij de aanleg van nieuwe wegen gebeurt.

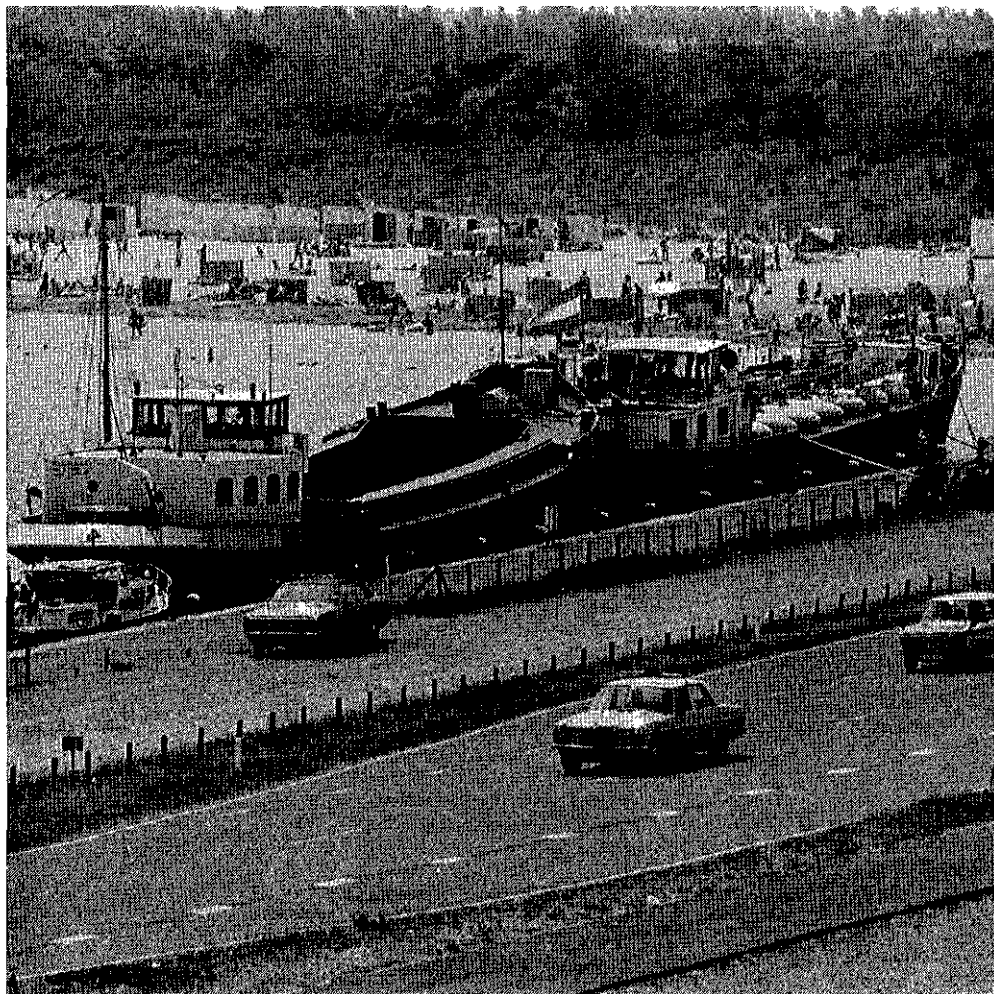
Met name wordt hier gedacht aan ruimte aan de binnenzijde teneinde de mogelijkheid te hebben desgewenst veel flauwere taluds te realiseren dan thans. We zagen al wel, dat men daaraan met het oog op een beter exploiteerbare grasmat niet hoeft te denken, maar men verkrijgt er wel een veel grotere veiligheid door. Bovendien wordt dan wellicht de mogelijkheid geschapen, de dijk beter in zijn omgeving te integreren. Met een zeer flauw talud kan men gemakkelijker een vloeiende overgang naar het achterliggende land bewerkstelligen. Bij een goede uitvoering en aankleding kan men dan misschien zelfs het binnentalud, en mogelijk zelfs de hele dijk voor het publiek vrij toegankelijk maken en daar ook meer op toelaten dan bij de oude dijken kon. Er bestaat al wel een zeldzaam voorbeeld van zo'n dijk, de dijk namelijk tussen het dorp Rozenburg en de Waterweg. De kruin ervan is zeer breed en draagt een tamelijk drukke verkeersweg; het binnentalud is zeer flauw, op sommige plaatsen 1 : 8 à 10, waarop zelfs hier en daar een beplanting van struiken is aangebracht; deze dijk kon op die manier harmonisch worden geïntegreerd in het erachter gelegen plantsoen. Opent dit misschien ook perspectieven voor andere dijken in Nederland en ook in Zeeland? Het lijkt de moeite van het onderzoek wel waard. Maar zullen we er dan ook de ruimte en het geld voor kunnen

vinden? En leent het bestaande tracé zich wel overal voor een dergelijke aanpak? Of moeten we dan op vele plaatsen de oude tracé's resoluut vaarwel zeggen, zoals dat bij wegen en kanalen ook wel gebeurt als we daarmee vast lopen?

Een belangrijk deel van de oude dijken is reeds, wat men pleegt te noemen op Delta-hoogte gebracht. Die zal men voorshands wel zo willen laten, en de andere ook nog wel op deze wijze willen voltooien. Dat wil echter nog geenszins zeggen dat men daarmee dan verder tevreden kan zijn. Men moet de mogelijkheid en vooral ook de ruimte voor eventueel drastische aanpassingen en wijzigingen openlaten; doch dat niet alleen, men moet door blijven gaan met studies en onderzoek, wil de waterkering ook in de toekomst een adequaat ontworpen en

onderhouden hoofddeel van onze infrastructuur blijven.

Bijdrage door ir. H. Ferguson,
oud-hoofd van de Deltadienst



Het ijsonderzoek voor de Oosterschelde

De uitvoering der Deltawerken heeft onder meer ook gevolgen voor de ijstoestanden op de Zeeuwse stromen. De werken die al uitgevoerd werden, hebben niet nagelaten de situatie in dit opzicht te beïnvloeden en de verdere uitvoering zal die effecten nog merkbaarder maken. Als onderdeel van de studie naar de afsluiting van de Oosterschelde werd derhalve ook een onderzoek ingesteld naar de ijsvorming en de ijsbeweging op dit estuarium. De uitkomsten van dit onderzoek onder andere dienen als randvoorwaarden inzake de ijsbelasting voor het ontwerp van de stormvloedkering. Aanvankelijk waren het vrijwel uitsluitend het ontwerp van de stormvloedkering in de mond van de Oosterschelde en de toekomstige bedrijfsvoering ermee die het wenselijk maakten bijtijds te kunnen beschikken over een redelijk gefundeerde verwachting omtrent de kans op ijsvorming en omtrent zowel de frequentie als de omvang van het optreden van ijs en de ijsbelasting, die daarvan dan het gevolg zou zijn. Gefundeerde uitspraken over de ijstoestand zijn daarnaast evenwel ook van belang voor de scheepvaart en de visserij in dit gebied. Tenslotte komt studie van de ijsvorming ook te pas bij het onderzoek dat wordt gedaan naar klimatologische en hydronautische veranderingen en de daarbij betrokken milieuaspecten, ten gevolge van de uitvoering van het Deltaplan. De meeste van de door het onderzoek verkregen inzichten gelden niet alleen voor de Oosterschelde en de stromen die er één systeem mee uitmaken, maar ook voor de Westerschelde.

Het is vanzelfsprekend dat de ijsbelasting op

de constructie in direct verband staat met het mogelijk optreden van ijsvorming in het beschouwde gebied. De constructie zelf of de bedrijfsvoering ermee kunnen ijsbezwaar ondervinden – onder andere als gevolg van directe ijskrachten op de constructie-elementen, zoals thermische ijsuitzetting en de statische en dynamische druk van ijschotsen of ijsvelden. Echter, de oorzaak van het ijsbezwaar kan ook gelegen zijn in het vastvriezen van beweegbare onderdelen of in ijsaangroei ten gevolge van waterstandvariaties en golven.

Tenslotte kan ook de opeenstapeling van ijs in de openingen de beweging van de schuiven bemoeilijken en de afvoer van water en ijs belemmeren.

Wanneer men nu wil bepalen met welke ijstoestand rekening moet worden gehouden bij het ontwerp dan dient men allereerst de gewenste levensduur van de constructie vast te stellen. Verder moet rekening worden gehouden met eventuele wijzigingen in de klimatologische en nautische omstandigheden van het beschouwde gebied.

Voor een ontwerper van waterbouwkundige constructies is het vaak zeer moeilijk de relatie tussen de ijstoestanden en de daaruit resulterende ijsbelasting vast te leggen. Dit is ook het geval bij de Oosterschelde.

De ijstoestand op de Oosterschelde is namelijk onvoldoende bekend. Er zijn wel waarnemingen gedaan, maar over een zeer beperkte periode. Er bestaat ook geen juist inzicht in de vraag hoe de ijstoestand door waterbouwkundige ingrepen wordt beïnvloed. De volgende belemmering bestaat daarin dat er geen gegevens zijn omtrent de dikte en eigenschappen van het ijs dat op de

Oosterschelde kan voorkomen. Tenslotte staat ons onvoldoende waarnemingsmateriaal ter beschikking omtrent de watertemperaturen in de Oosterschelde en aangaande de uitwisselingsprocessen tussen de Oosterschelde en de zee.

Om ondanks al deze hindernissen toch tot een redelijke uitspraak te komen omtrent de ijstoestand en de frequentie waarmee die optreedt is voor dit onderzoek een methodiek opgesteld die gebaseerd is op twee principes. Ten eerste wordt er een wiskundige bewerking toegepast op de luchttemperatuur gemeten over een vorstperiode en verder wordt getracht een relatie te leggen tussen de beschikbare ijs- en watertemperatuur-waarnemingen en de luchttemperatuur op hetzelfde tijdstip. Op grond van de wiskundige bewerking van de luchttemperatuur-

gegevens kunnen er frequentiekrommen worden opgesteld voor het optreden van omstandigheden waaronder zich ijs kan gaan vormen, terwijl de relatie tussen de ijs- en luchtwaarnemingen de beschrijving van de erbij behorende ijstoestand mogelijk maakt. De uitkomsten hiervan worden dan aangepast aan toekomstige situaties op de Oosterschelde afhankelijk van de gekozen variant van afsluiting.

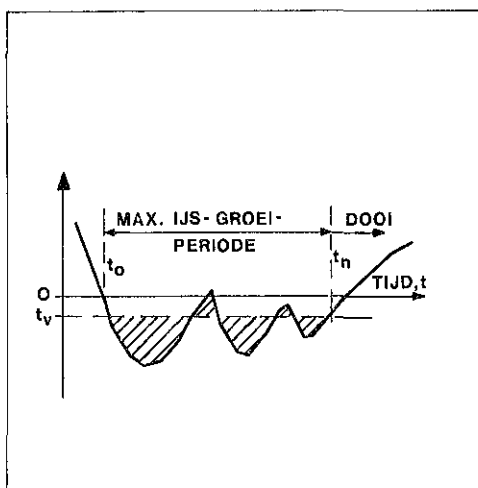
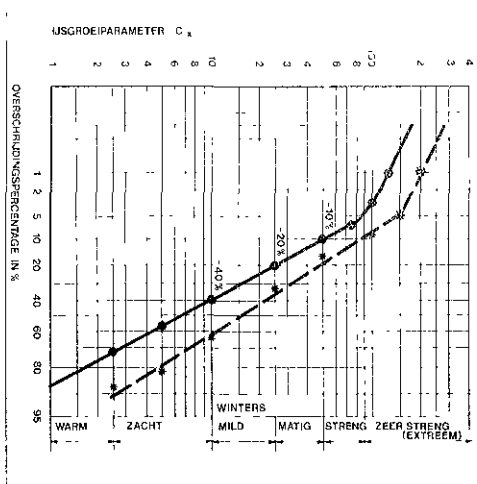
De ijsbelasting zelf, dus de hinder die de constructie van de stormvloedkering ervan ondervindt, is bij dit algemene onderzoek buiten beschouwing gelaten.

De vorming van ijs

Wanneer de luchttemperatuur lager is dan de watertemperatuur, verliest het water warmte

Fig. 1. Wijze waarop de ijs-groeiparameter berekend wordt de waarde ervan is gelijk aan de oppervlakte van het gearceerde gebied onder de tv-lijn minus die van het gearceerde gebied erboven

Fig. 2. Representatieve overschrijdingskrommen van de ijsgroeiparameter in Vlissingen



1 aan de atmosfeer.

Bereikt de watertemperatuur het vriespunt dan ontstaat ijs.

In vorstperiodes staat het water warmte af door geleiding, straling en verdamping. Warmte kan aan het water worden toegevoegd door geleiding via het oppervlak en de bodem, straling van de zon, omzetting van kinetische energie, bijvoorbeeld turbulentie, uitwisseling met warmer water en nog door andere oorzaken.

De ijsvorming verloopt in zout water anders dan in zoet water.

Het vriespunt van water hangt af van het zoutgehalte, zoals blijkt uit het staatje hieronder:

zoutgehalte	0	10	20	30	35 ⁰ / ₀₀
vriespunt	0	-0,53	-1,08	-1,63	-1,91° C

Behalve dat het vriespunt van zout water

lager ligt dan dat van zoet water, is er verschil in het verloop van de dichtheid van het water met de temperatuur. Dit heeft tot gevolg dat een kolom zout water verder moet afkoelen voor er ijs in wordt gevormd dan een kolom zoet water.

Zoet water heeft bij 4° C zijn grootste dichtheid; beneden 4° C neemt de dichtheid weer af. In stagnerend zoet water (bijvoorbeeld een meer), zal eerst het water over de volle diepte tot 4° C afkoelen. Bij verdere afkoeling zal dan het oppervlaktewater lichter blijven dan het water in de diepere lagen. Aldus kan aan de oppervlakte ijs ontstaan.

Bij stromend water speelt de turbulentie een grote rol. Hierdoor ontstaat een uitwisseling in verticale richting. Het water zal dus als regel tot aan de bodem tot het vriespunt zijn afgekoeld alvorens er ijs kan ontstaan. Bij zout water verloopt de ijsvorming in principe anders. Wanneer het zoutgehalte 25‰ of meer bedraagt, wordt het water bij afkoeling tot het vriespunt steeds zwaarder. Onder zoutgehalte verstaan we de totale hoeveelheid stoffen in één kilogram water. Dit zijn wel hoofdzakelijk, maar niet uitsluitend zouten. Een zoutgehalte van 25‰ geeft dus aan dat er in 1 kg van dat water 25 gram opgeloste stoffen zit.

Het aan de oppervlakte afgekoelde zoute water zakt naar beneden en het warmere onderwater trekt naar boven, totdat het water over de gehele diepte tot het vriespunt is afgekoeld. Het is dus onmogelijk dat het oppervlaktewater het vriespunt bereikt zolang het water beneden niet even koud is geworden.

Wanneer het zoutgehalte aan de bodem en aan de oppervlakte aanmerkelijk verschilt gaat dit echter niet altijd op. Zo zal bij een gelaagde stroming het zoute onderwater aanmerkelijk zwaarder zijn dan het zoete bovenwater. Het oppervlaktewater kan dan kouder zijn dan het water aan de bodem, maar toch boven blijven drijven als gevolg van zijn geringere gewicht.

Bij ondiepten koelt het water door de geringe diepte snel af. De toevoer van warmer onderwater ontbreekt, waardoor het ijs zich eerst op het ondiepe water langs de kusten en de oevers gaat vormen.

De ijskristallen bevatten geen zout. Een stuk zee-ijs bevat wel zout, echter niet in de ijssubstantie zelf, maar in het tussen de ijskristallen opgesloten zeewater, dat we pekkel noemen. Koelt zee-ijs verder af, dan zal zich uit het opgesloten zeewater nog meer ijs gaan afzetten, zodat het zoutgehalte van de pekkel toeneemt. Tenslotte wordt de

celinhoud zó geconcentreerd, dat het zout gaat uitkristalliseren. Dit gebeurt bij temperaturen van ca. -8° C en lager. De zout-inhoud en de zout-uitkristallisatie hebben invloed op de natuurkundige en mechanische eigenschappen van zee-ijs.

De dichtheid van ijs is ongeveer 915 kg/m³. Het ijs is dus lichter dan water. Zo komt het dat 1/10 van een vrij drijvende ijsmassa boven en 9/10 onder de waterspiegel ligt. In het algemeen is zee-ijs zwakker dan zoetwater-ijs. Maar dit verschil neemt af met de temperatuur. Bij zeer lage temperaturen is zee-ijs aanzienlijk harder dan bij temperaturen die niet ver onder het vriespunt liggen. Onder constante belasting gedraagt het ijs zich als een elastisch materiaal. De groei van het ijs is gedurende een vorstperiode voornamelijk afhankelijk van de som der in die periode opgetreden negatieve luchttemperaturen.

Uitgaande van dit inzicht is het op grond van beschikbare gegevens aangaande vorst in het Deltagebied, gelukt een tamelijk verrijnde semi-empirische relatie op te bouwen die ijstoestand voorspelt zodra de luchttemperatuur over een vorstperiode bekend is.

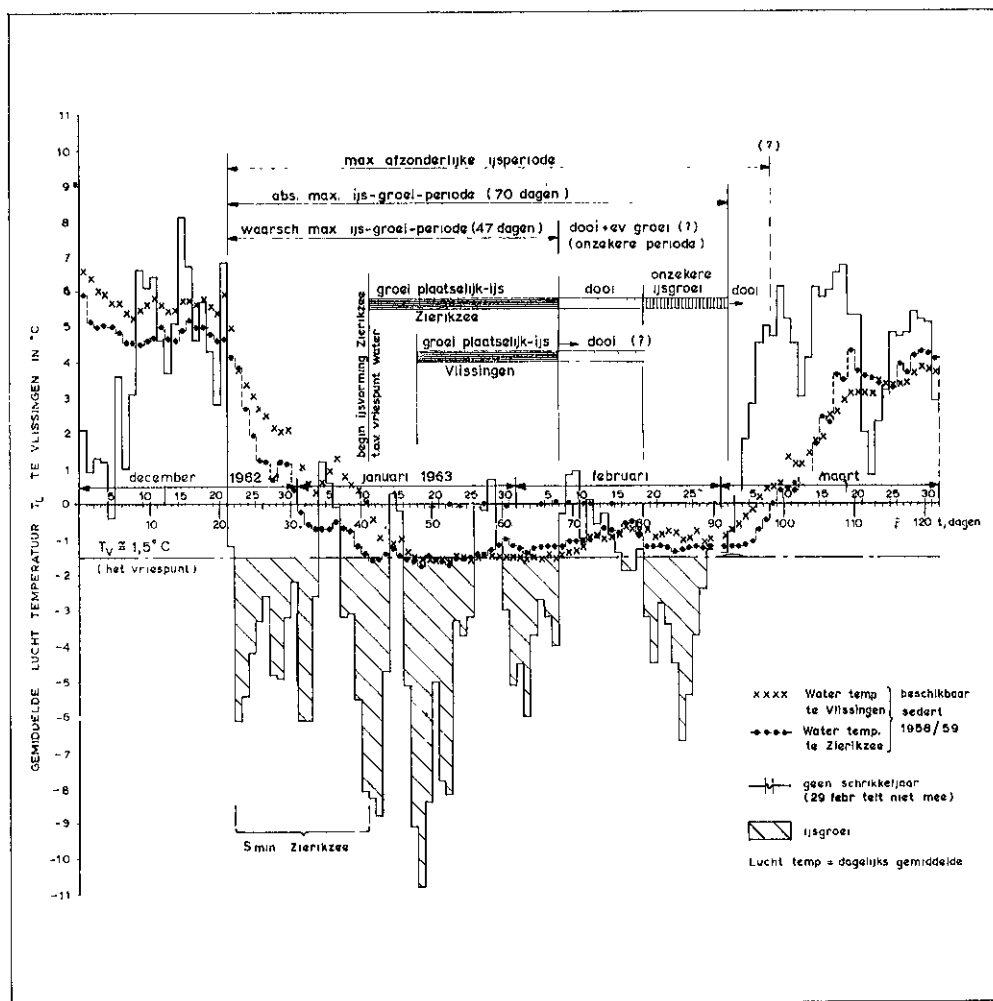
Algemene karakteristiek van de Oosterschelde

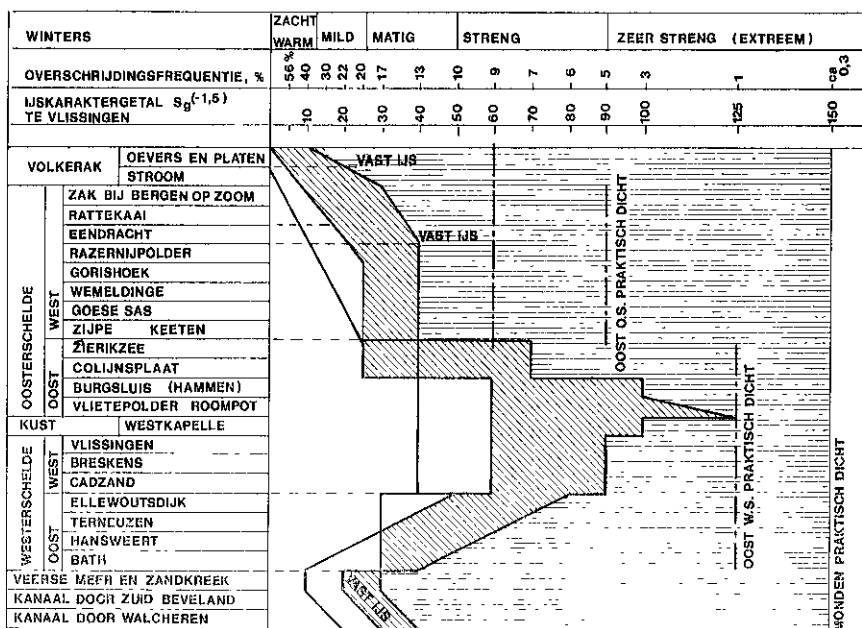
In de monding van een bekken zoals de Oosterschelde, dat in open verbinding staat met zee, ontstaan stromingen als gevolg van de getijwerking. Bij vloed wordt het bekken gevuld en stroomt het water naar binnen, bij eb wordt het bekken weer geleegd en stroomt het water naar buiten. De ondiepe zeearmen fungeren ten opzichte van de zee middels deze stromen in sterke mate als warmtewisselaar, omdat het van de diepere zee toestromende water zich er sneller aanpast aan de luchttemperatuur dan de zee.

In de zomer zal het water in de zeearmen dan ook gemiddeld een hogere temperatuur hebben dan het zeewater, in de winter daarentegen zal het water in de zeearmen kouder zijn dan het zeewater. Bovendien zijn in de wintermaanden de meer noordelijke en/of meer landinwaarts gelegen gebieden kouder dan die welke meer zuidelijk of direct aan de kust zijn gelegen. Voor St.-Annaland op Tholen bedraagt dit verschil ten opzichte van het meteorologisch hoofdstation Vlissingen 0,5° C. De langzame in- en uitgaande stroming in de zeearmen en de genoemde luchttemperatuur-gradiënt hebben voor de onderlinge

Fig. 3 Karakteristiek van de winter 1962/63; het verschil in ijsvorming tussen Vlissingen en Zierikzee valt op

watertemperatuurverschillen in het Delta-gebied belangrijke consequenties. De afkoeling van het water op de Oosterschelde neemt vanaf de mond in oostelijke richting toe. Het eerste ijs kan men dus verwachten op het ondiepe oostelijke gedeelte bij Bergen op Zoom. Het zoutgehalte van het Oosterscheldegebied bedraagt vrijwel overal meer dan 25‰ . Dit maakt dat bij vorst eerst al het water tot op de bodem de vriespunttemperatuur bereikt moet hebben, alvorens ijsvorming aan de oppervlakte treedt. Op de vele ondiepten koelt het water versneld af en daar treedt derhalve het eerst ijsvorming op. Tengevolge van de getijbeweging en door de tijdens vorst veelal heersende noordoostelijke winden wordt het ijs losgemaakt en naar de geulen en de zuidelijke oevers gedreven. Op de





schoon geveegde platen kan steeds opnieuw ijs worden gevormd. In het bijzonder de oostelijke kom van de Oosterschelde is zeer ondiep, zodat hier spoedig vast ijs ontstaat. In de monding van de Oosterschelde doet zich de invloed gelden van het water van de Noordzee, dat een hoger zoutgehalte in de wintermaanden en een hogere temperatuur heeft dan het water meer landinwaarts. Tengevolge van de uitwisseling van het water van de Noordzee en dat van de Oosterschelde vormt zich hier vrijwel nooit ijs. Een winter waarin dit wel gebeurt moet al bijzonder streng zijn. Het door stroom en wind aangevoerde ijs zal er normaliter in een ijsbrij veranderen en smelten. Na de afsluiting van het Volkerak is het ijs op de Oosterschelde nog slechts van plaatselijke herkomst, met als gevolg dat de

Fig. 4. Verwachte gemiddelde ijstoestanden op de Zeeuwse wateren (Oosterschelde open) als functie van de ijsgroei-parameter; op basis van ijswaarnemingen in het verleden

ijstoestand op de open Oosterschelde iets gunstiger is dan in het verleden bij gelijkwaardige meteorologische omstandigheden. De grenzen van het ijsseizoen liggen in het Deltagebied tussen begin december en half maart; de grootste kans op ijs heeft men echter in januari en in februari.

Berekening van de kans op ijsvorming

We komen nog eens terug op het onderzoek dat het mogelijk maakt om in globale zin een frequentie-uitspraak te doen inzake de ijsvorming en de ijstoestand op de Oosterschelde.

Voor de berekening van de kans op ijsvorming en het beschrijven van de ijstoestand wordt gebruik gemaakt van een honderdjarige waarnemingsperiode uit het verleden. Uit de gegevens van de statistiek werd een ijsgroeiparameter afgeleid die gedefinieerd is als de som van de luchttemperatuur over de grootste afzonderlijke vorstperiode van iedere winter. De grenzen van de ijsgroei-periode liggen daar waar de luchttemperatuur het vriespunt aan het begin en aan het einde van de vorstperiode passeert. Ijsperiodes kunnen als afzonderlijk beschouwd worden indien de som van de positieve temperaturen tussen twee ijsperiodes gelijk is aan of groter is dan de helft van de som der vorsttemperaturen in de voorafgaande ijsperiode.

Voor het opstellen van de statistische frequentiekrommen van de groeiparameters zijn de luchttemperaturen te Vlissingen bewerkt over de periode 1876–1975. Om de uitkomsten te kunnen toepassen bij verschillende varianten van de toekomstige Oosterschelde zijn deze temperatuursommen zowel gemaakt voor een situatie waarbij het water zout is en dus bevriest bij $-1,5^{\circ}\text{C}$, zowel als voor een zoete situatie met het vriespunt op 0°C . Op basis hiervan zijn cumulatieve overschrijdingskrommen opgesteld voor Vlissingen. Ze gelden ook voor de westelijke Oosterschelde. Voor de berekening van de ijsdikte op de oostelijke Oosterschelde en het traject Volkerak–Krammer geldt een correctieve factor van 1,2 ten opzichte van Vlissingen; dit wegens klimatologische verschillen tussen de kust en het oostelijke gedeelte.

Afhankelijk van klimatologische en morfologische factoren – de diepte van het water, de toevoer van warm water, de gradiënt van de luchttemperatuur en dergelijke meer – volgt de watertemperatuur de luchttemperatuur, maar met een zekere vertraging. Hoe

groot de vertraging van het ijsoptreden is hangt dus af van de watertemperatuur aan het begin van een vorstperiode en van de meteorologische geschiedenis in de voorafgaande afkoelingsperiode.

Er is ook getracht de vertraging van het ijsoptreden op verschillende plaatsen van de Oosterschelde in een strak geformuleerde relatie te vangen. Dan kan de ijsdikte van plaats tot plaats berekend worden op grond van de algemene frequentieverdeling van de kans op ijsvorming voor het hele gebied. Hoezeer de ijsvorming feitelijk van plaats tot plaats kan verschillen, kunnen we beter zien aan de hand van de gegevens van de strenge winter van 1962/63. Toen er voor het eerst ijsvorming optrad, bedroeg de waarde van de ijsvormingsparameter, berekend t.o.v. $-1,5^{\circ}\text{C}$, te Bergen op Zoom 5, te Lodijkse Gat 20, op de grens Bruinisse/Kats 35, te Zierikzee 40 en te Vlissingen 65.

De waarden van de ijsgroeiparameter voor de eerste ijsvorming variëren aanzienlijk per winter, afhankelijk van de meteorologische omstandigheden gedurende de afkoelingsperiode. In eerste instantie en om aan de veilige kant te blijven, kan worden uitgegaan van de waarden die figuur 4 geeft voor de grens waarbij het eerste lichte drijfijis voorkomt.

Op basis van de berekende waarden voor de ijsgroeiparameter en de beschikbare bijbehorende water- en ijswaarnemingen, kon een algemene winter-classificatie worden ingevoerd met de ijstoestanden en hun frequenties van voorkomen. De relatie tussen de meteorologische grootheid en het begin van de ijsvorming kan slechts als goed worden beschouwd voor de oostelijke Oosterschelde, waar de invloed van het warmere zeewater minder merkbaar is. Op de westelijke Oosterschelde en in de mond geeft de sommatie van de luchttemperatuur alleen geen juiste indruk van de kans op ijsvorming. Hier moet bovendien het temperatuurverschil tussen lucht en water in aanmerking genomen worden dat nodig is om de watertemperatuur bij het vriespunt te houden.

Dit temperatuurverschil is aanzienlijk groter voor de westelijke dan voor de oostelijke Oosterschelde wegens de daar benodigde compensatie van de sterkere opwarming van het water als gevolg van de uitwisseling met het warmere zeewater. Verwaarlozing van deze voorwaarde zou ertoe leiden dat de voorspelling van de ijstoestanden en ijsdikten voor de westelijke Oosterschelde te ongunstig – dus ernstiger – zou worden in in verhouding tot de werkelijkheid, temeer

naarmate de opening in de mond groter gehouden wordt en er meer warmte-uitwisseling kan optreden met zee. Met het oog op de ijsbelasting op de constructie van de stormvloedkering en de vele onzekerheden die aan dit onderzoek kleven lijkt de invoering van zo'n reserve echter wel verantwoord.

Verwachtingen voor de toekomst

De grens tussen het oostelijk en het westelijk deel waarin de Oosterschelde voor het hier beschreven onderzoek wordt verdeeld, loopt via het Zijpe, het Mastgat en het Keeten tot de Zandkreek bij Kats. De mate en intensiteit van de ijsgang is in het oostelijk gedeelte aanzienlijk groter dan in het westelijke gedeelte.

Het oostelijk gedeelte vormt het belangrijkste ijsproducerende gebied binnen de Oosterschelde. De snelle ijsvorming in dit gebied wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de geringe diepte en de vele bij eb droogvallende platen. Bij harde oostelijke of noordoostelijke winden is dit nog in grotere mate het geval dan onder gemiddelde omstandigheden. Vóór de ijsvorming kan de waterstand als gevolg van afwaaiing sterk zakken, waardoor de droogvallende oppervlakte groter wordt. De bodem van deze platen en ondiepten kan dan snel afkoelen, terwijl de oppervlakte bevroert, en afhankelijk van de omstandigheden een aanzienlijk lagere temperatuur kan verkrijgen dan het water in de geulen. Bij vloed lopen de platen langzaam onder water, zodat dit mede als gevolg van de koude bodem extra snel kan afkoelen; bovendien is ook de waterlaag boven de platen bij deze oostenwind dunner dan gewoonlijk. Ook de hoeveelheid in het water gesuspendeerde vaste stof is hier groter dan in de diepere wateren; en daarin zitten de aanhechtungskernen die de ijsvorming in het water bevorderen. Al deze factoren leiden tot extra snelle afkoeling en bevroering. Na het invallen van de vorst kan onder daartoe gunstige omstandigheden reeds in de loop van één getijcyclus op verschillende plaatsen van het oostelijke gebied de eerste lichte ijsvorming worden verwacht. Een gedeelte van het hier geproduceerde ijs wordt met eb en met behulp van de oostelijke wind weggevoerd naar de geulen en de zuidelijke oevers zodat het ijs zich ophoopt aan de linkeroevers en daar de toegang tot de havens kan blokkeren.

Bij het invallen van de dooi wordt een groot deel van het vaste, en het aan de oevers opgestapelde ijs losgemaakt, doordat de

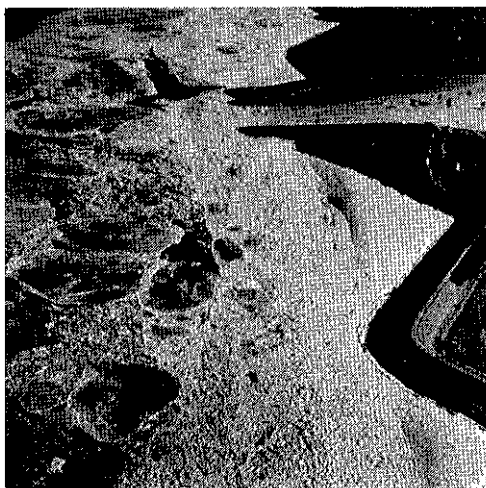
getijbeweging zich dan weer op het normale niveau gaat afspelen. Niettemin zal het ijs grotendeels in de oostelijke Oosterschelde blijven of langzaam afgevoerd worden mede doordat bij dooi de wind uit zuidwestelijke richting zal waaien, hetgeen de ijsafvoer vertraagt.

Hinderlijk ijsbezwaar doet zich in het oostelijk gedeelte reeds voor bij matige winters met een ijsgroei-parameter van 25, die een kans van voorkomen hebben van 20%. In deze winters vriezen de oostelijke havens en de Eendracht dicht en de toegangen worden vrijwel geblokkeerd door het aangedreven ijs. De vaarwegen in de stroom zijn dan nog goed bevaarbaar, met uitzondering van de kanalen door Zuid-Beveland en Walcheren. In enigszins strenge winters – ijsgroei-parameter 40 à 50; kans van voorkomen 10% – zal de scheepvaart op de oostelijke Oosterschelde in de meeste gevallen gesloten worden wegens onbereikbaarheid van de havens en, op de genoemde kanalen, wegens zwaar vast ijsdek. In de mond en in het westelijk gedeelte van de Oosterschelde doet zich de sterke invloed gelden van het water van de Noordzee, dat zowel een iets hoger zoutgehalte als een hogere temperatuur heeft dan het water meer landinwaarts. Tengevolge van de warmte-uitwisseling vormt zich hier bij milde en matige winters vrijwel geen ijs.

De watertemperatuur in de westelijke Oosterschelde ter hoogte van de Zeelandbrug bereikt het vriespunt bij een ijsgroei-parameter van 40 à 50. Het is dus aan te nemen dat het ijs dat de westelijke Oosterschelde bereikt vanuit het oostelijke gebied pas kans heeft daar niet te smelten in strenge winters met een parameterwaarde groter dan 50. In matige winters zal het door stroom en wind aangevoerde ijs uit het oostelijk gedeelte aan de onderzijde afsmelten, waardoor de cellen met de zoutoplossing open raken en het ijs poreus en zwak wordt. Het overgebleven ijs wordt dan naar zee afgevoerd, waar het in een ijsbrij verandert en smelt.

Hinderlijk ijsbezwaar is in de mond van de Oosterschelde pas te verwachten bij zeer strenge winters – parameter 80 à 100, kans op voorkomen 5%. De watertemperatuur kan dan vrijwel overal, misschien met uitzondering van de drie diepe geulen in de mond tot het vriespunt dalen, waardoor de ijsschotsen bij eb aaneen kunnen vriezen en ijsvelden vormen.

Bij de winters met een ijsgroei-parameter



Door de N.O.-wind aangedreven
ijs nabij Weddinge (februari
1954)

groter dan 140 à 150 en een kans kleiner dan 0,5% bestaat een reële kans dat de monden van de zuidelijke zeearmen, dus zowel de Wester- als de Oosterschelde, dicht kunnen vriezen.

Bij compartimentering-C3 van de Oosterschelde wordt het ondiepe zoute oostelijke gedeelte aanzienlijk kleiner: het traject Volkerak-Krammer wordt dan afgesneden door de Philipsdam, en het Verdrongen Land van het Markiezaat bij Bergen op Zoom door de Oesterdam. De oppervlakte van het ijsproducerende gebied wordt dus kleiner, met als gevolg dat het ijsbezwaar op de oostelijke zoute bekkens minder wordt. Het ijsbezwaar op de na verloop van tijd zoete bekkens achter de dammen zal daarentegen aanzienlijk toenemen. Met name op het

Oostmeer zal dit effect zich doen gevoelen; dit zal negatieve gevolgen hebben voor de scheepvaartroute Schelde-Rijn.

Het ijsbezwaar op de zoute Oosterschelde, die kan worden afgesloten door middel van een regelbare stormvloedkering, zal waarschijnlijk niet veel verschillen van dat bij geheel open Oosterschelde, speciaal wat het westelijk gedeelte betreft. Het ijsbezwaar zou hoogstens met 10% kunnen toenemen. Bij zeer strenge winters met een kans van voorkomen van 5% moeten in dat geval waarschijnlijk wel tijdig ijsbrekers worden ingezet om het aaneenvriezen van de ijsschotsen tegen te gaan en de afmetingen van de ijsschotsen beperkt te houden, zodat ze de schuifopeningen kunnen passeren, en ijsopstapeling in de mond kan worden voorkomen.

Het ijsbezwaar op een geheel afgesloten Oosterschelde zou in het geval van zoute bekkens met 25% en in het geval van zoete bekkens zelfs met 50% toenemen. De groei van het ijsbezwaar is dan te wijten aan het verminderen of het verdwijnen van de vriespuntverlaging, de menging door getijbeweging en de invloed van warmer zeewater.

Tijdens de extreem strenge winters die als ontwerp-toestand worden aangenomen voor de stormvloedkering en die een kans van voorkomen hebben van 0,1% ofwel 1 keer per 1000 jaar, kan de maximale ijsdikte op de westelijke Oosterschelde geschat worden op 30 cm wanneer de Oosterschelde open blijft; 30 à 35 cm bij afsluiting met een stormvloedkering; 40 cm bij volledige afsluiting en zoute bekkens en 45 cm bij afsluiting en zoet water. De maximale ijsdikte bij normale strenge winters met een kans op voorkomen van 5% zal ongeveer de helft van de bovengenoemde waarden bedragen.



Vorderingen

A. De werken van het Deltaplan

Volkerak

Derde schutsluis met overbrugging, inlaatsluis en voorhavens

Op 15 juni was de ondehoudstermijn van deze werken verstreken, en werden ze definitief opgeleverd.

Toeleidingswerken naar de derde schutsluis en de jachtensluis

Voortgegaan werd met het maken en stellen van infoposten ten behoeve van de scheepvaartbegeleiding, zowel aan de zijde van het Volkerak als aan die van het Hollands Diep. Men kwam gereed met het heien van betonpalen die de looppaden aan de zijde van het Hollands Diep moeten ondersteunen.

Ook de stalen buispalen ten behoeve van de geleidewerken van de derde sluis kwamen aan beide zijden gereed. De vaste remming van de derde sluis is aan de Volkerakzijde klaar. Aan de andere kant is men er net mee begonnen.

Drie beschadigde dukdalven aan de Volkerakzijde moesten worden hersteld.

Geleidedammen, voorhavens en toeleidingsgeulen voor de inlaatsluis en de jachtensluis

Alle wegen die in verband met deze nieuwe werken moesten worden verlegd, zijn thans gereed, behalve de reconstructie van het kruispunt Hellegataplein. Het verkeer tussen Brabant en Zuid-Holland kan thans geheel gebruik maken van de nieuwe hoofdrijbaan. Er wordt nog voortgegaan met het aanbrengen van klei in de bekleding.

Brouwershavense Gat

Doorlaatsluis

De uitvoering van de doorlaatsluis verloopt volgens plan. Het schuivengebouw is thans op een hoogte van N.A.P. + 1,50 meter.

Het betonwerk voor de doorlaatkokers en de vleugels aan de zeezijde van de sluis schiet goed op; eind augustus kan het gereed zijn.

Men is verder bezig aan de sluisvleugels aan de meerzijde en aan de bouw van een vissluis.

Waar de doorlaatsluis gereed is, is de bouwput al aangevuld met zand.

Oosterschelde

Bouwputten

De voorlopige afbouw van de bouwputten kwam in deze periode grotendeels gereed. De nog te egaliseren terreinen kwamen gereed en de klei-afdekkingen werden ingezaaid met graszaad.

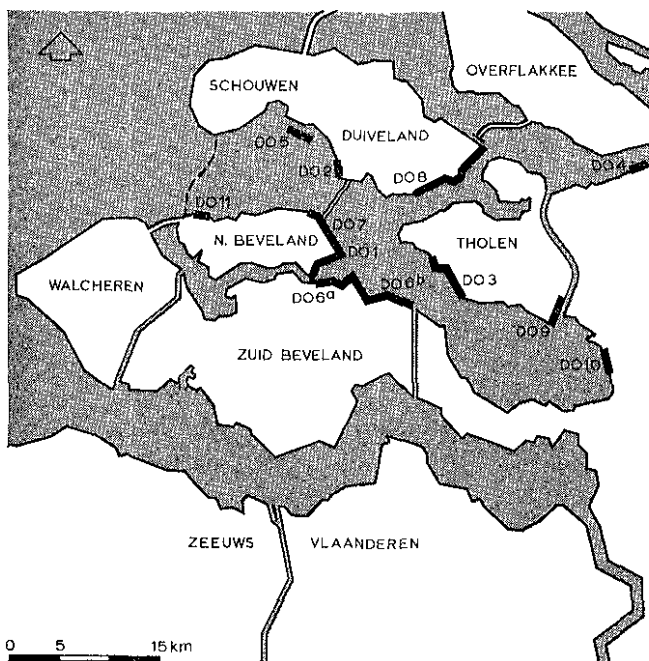
In totaal werd voor het gehele werk 7 900 000 m³ zand gespoten, 45 000 ton asfaltbeton en steenasfalt verwerkt en 14 000 m³ klei aangebracht.

Damaanzet Schouwen

De ontgraving van de inlaag kwam gereed in deze verslagperiode. Het vrijkomende zand werd verwerkt in de duinverzwaring. De asfaltverdediging van de hoogwaterkering werd afgedekt met een afstrooilaag van gebroken grind. De geleide dam ten oosten van de damaanzet kwam gereed. De steen 10/60 kg en 300/1000 kg voor de afdeklaag werd deels rechtstreeks uit aanvoer verwerkt en deels uit depot.

Aanvoer materialen

De aanvoer van steen en fosforlakken werd voortgezet. De steen werd gelost in het depot van de werkhaven Noordland en de slakken in het depot van de werkhaven Sophia.



De dijkvakken die moeten worden verbeterd in het kader van de partiële dijkverhoging.

Beneden: enkele kenmerkende dwarsprofielen

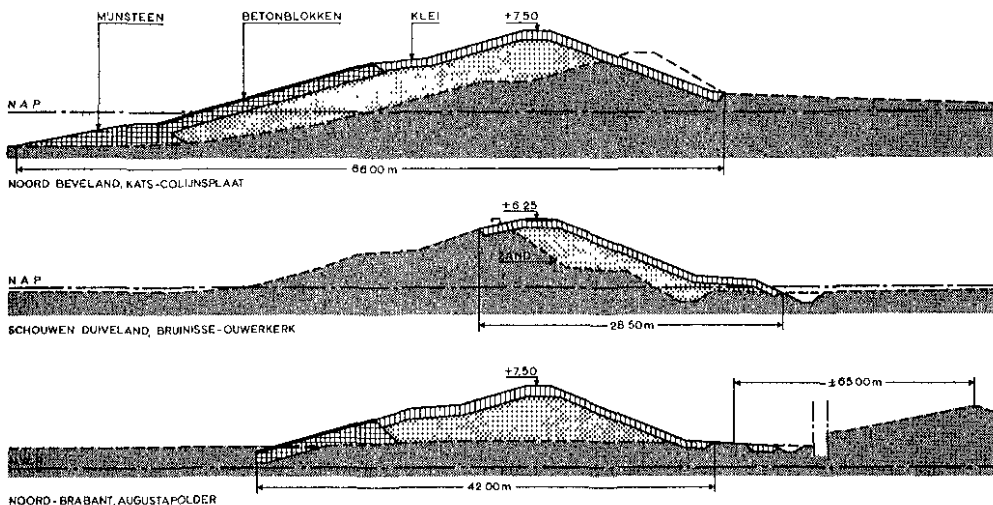
Rechts: een dijkverzwaring in uitvoering

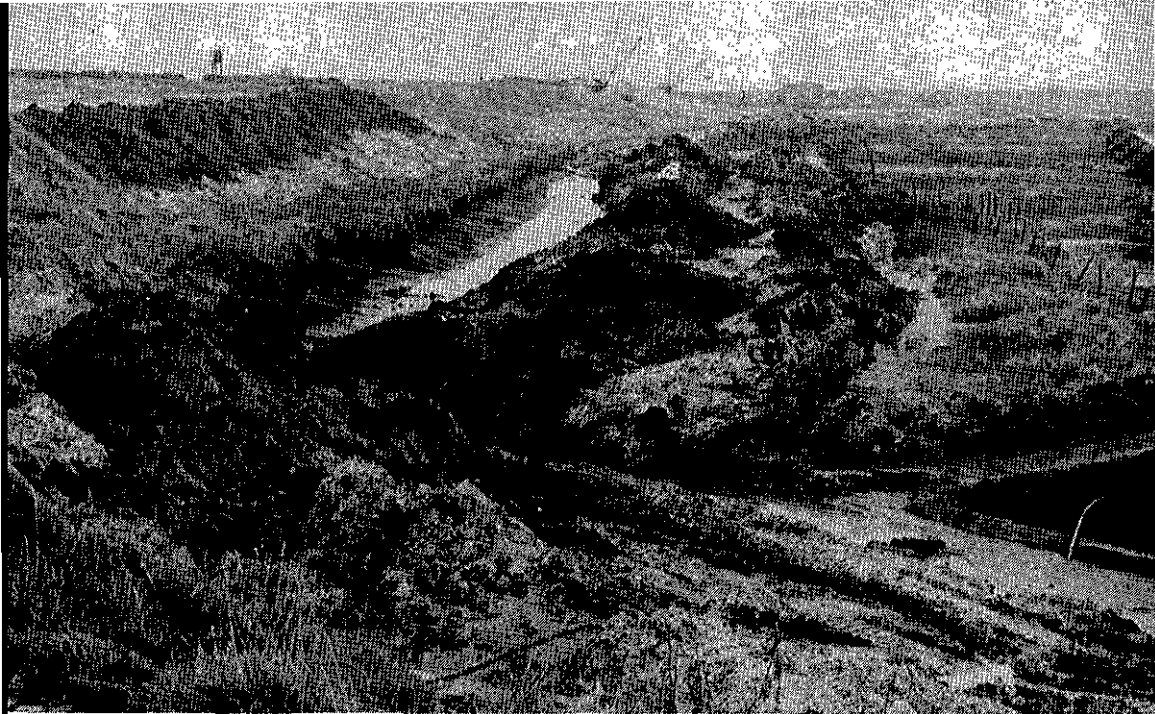
Dijkverhogingen

In aansluiting op wat in de rubriek *vorderingen* van Bericht 74 (november 1975) werd gemeld, wordt hier het vervolg van de werkzaamheden voor de partiële dijkverhoging langs de Oosterschelde beschreven. Om te voorzien in de verdediging van de vooroevers langs de zuidkust van Schouwen is tot nu toe met behulp van een mechanische steenstorter

50 000 ton fosforslakken aangebracht. Het werk verliep in een zeer vlot tempo en kon reeds op 16 april geheel voltooid worden opgeleverd. Ook aan de andere oevers in het Oosterscheldegebied zullen in de komende jaren voorzieningen nodig blijken. De ontwikkeling van de vooroevers wordt daarom nauwlettend in het oog gehouden.

In de loop van 1976 wordt, aansluitend op het dijkvak dat in 1975 is versterkt, vanaf de Zandkreekdijk in noordoostelijke richting het resterende gedeelte van de dijk langs de Leendert Abrahampolder op Noord-Beveland verbeterd. Het betreft hoofdzakelijk een verzwaring aan de binnenzijde over ongeveer één km. Het werk is op staat van meer werk opgedragen aan dezelfde aannemer. Ook het dijkvak Oud- en Noord-Bevelandpolder, tussen de kernen Kats en Colijnsplaat wordt in 1976 in uitvoering genomen. 1700 m van deze dijk wordt in hoofdzaak aan de buitenzijde verzwared, en 2600 m aan de binnenzijde. Er wordt naar gestreefd bij de uitvoering van de buitendijkse verzwaring het natuurwetenschappelijk belangrijke schor zoveel mogelijk te ontzien. Het werk moet worden opgeleverd op 1 oktober 1977. In de kom van Colijnsplaat zit men nog met procedurele moeilijkheden. Daarom is dat gedeelte van de dijk buiten het





bestek gehouden. Er zullen afzonderlijke bestedingsstukken voor worden opgesteld.

Tijdens de storm van 3 en 4 januari is gebleken dat de hoofdwaterkering van de polders Jacoba en Anna-Friso als gevolg van de sterke vermindering van het voorliggende duin in veel ongunstiger omstandigheden is komen te verkeren dan bij eerste inventarisatie was gebleken. Doorbraak van dit één km lange dijkvak moet niet onmogelijk geacht worden. De verbetering van dit dijkvak is dan ook terstond op het werkprogramma van 1976 geplaatst. Het westelijk gedeelte, 550 m lang, zal in hoofdzaak buitendijks worden verbeterd. Van het overige gedeelte zal de bestaande glooiing worden verbeterd, en zal het dijklichaam achterwaarts worden verzwaaard. Een gedeelte van de inlaag valt hieraan ten offer. Het werk is inmiddels aanbesteed. Het moet vóór 15 november 1976 klaar zijn. In 1976 zal ook worden begonnen met de versterking van de dijken op Zuid-Beveland.

Het eerste dijkvak, waarvan de verbetering ter hand wordt genomen, is het traject Wemeldinge-Kattendijke-Zandkreek-

dam, ongeveer 11 km lang.

Bij de uitwerking van het plan ontmoette men drie knelpunten. Allereerst bleek de inlaag bij het Goese Sas vanuit natuurwetenschappelijk oogpunt zo waardevol te zijn, dat men elke vorm van verstoring ervan wenste te vermijden. Dijkbouwtechnisch bestaat echter voorkeur voor een binnendijkse verzwaring. Besloten is de schade die daardoor ontstaat door middel van uitvoering in den droge zoveel mogelijk te beperken. Voor wat betreft het gebied nabij de camping Klein Stelle en de Stelhoeve ten westen van Wemeldinge, is bij de verdere uitwerking van de plannen gebleken dat de voorkeur moet worden gegeven aan een verzwaring aan de buitenzijde. De Stuurgroep heeft zich daarmee eens verklaard en thans wordt het plan verder in die zin uitgewerkt.

Het restaurant 'Katse Veer' niet ver van de Zandkreekdam ten slotte, kan worden gespaard door de dijk aan de buitenzijde te verzwaren.

Om nog in 1976 met de werkzaamheden aan het dijkvak Wemeldinge-Zandkreekdam te kunnen beginnen is besloten

eerst het gedeelte Zandkreekdam-Kattendijke uit te werken en aan te besteden en dan pas het gedeelte Kattendijke-Wemeldinge. De verzwaring geschiedt hier in hoofdzaak aan de binnenzijde, behoudens over 600 m ten noordwesten van Kattendijke, waar voor buitendijkse verzwaring is gekozen. Het werk moet op 1 oktober 1977 worden opgeleverd.

Op Schouwen-Duiveland staat allereerst het dijkvak Bruinisse-Ouwkerk, 11 km waterkering, op het verbeteringsprogramma. Dit dijkvak ligt zowel aan het Keeten als aan het Mastgat en het Zijpe. Hoofdzakelijk zal een verzwaring worden aangebracht aan de binnenzijde van de bestaande zeedijk.

Bij de haven van Vianen zal op verzoek van de zijde van de Natuurbescherming een klein gedeelte in droog grondverzet worden gemaakt, ten einde de schade aan de natuurwetenschappelijke belangen aldaar tot een minimum te beperken. De opleveringsdatum voor dit werk is vastgesteld op 1 december 1977.

Tijdens de storm van 3 op 4 januari is gebleken dat het dijkgedeelte Burgh- en Westland-

polder nabij Burghsluis in een zeer ongunstige positie verkeert. De aanleg van een haven voor de afsluitingswerken in de mond van de Oosterschelde heeft de situatie wel iets ten gunste gewijzigd, maar er zal toch nog een verhoging van ongeveer 1 m moeten worden uitgevoerd. Getracht zal worden dit werk nog in 1976 klaar te krijgen.

Op Tholen en St.-Philipsland zal in 1976 de 4,4 km lange dijk Vijftienhonderdgemetenpolder-Deurloopolder-Razernijpolder verbeterd worden. Vanaf de stadswallen van het stadje Tholen zal in zuidelijke richting over 1250 m in hoofdzaak aan de buitenzijde worden verzwaaard, en verderop aan de binnenzijde. Gedeeltelijk zal het vereiste zandlichaam op advies van het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft in droog grondverzet worden uitgevoerd. De oplevering van dit werk moet plaatsvinden op 1 oktober 1977. Daarnaast zal worden getracht de haven van Stavenisse nog vóór het aanstaande stormseizoen door middel van een noodkering te beveiligen.

Provincie Noord-Brabant

Voor de dijkversterking van het gebied ten zuiden van Bergen op Zoom is thans overeenstemming bereikt over een buitendijks tracé, zodat met de voorbereiding van het bestek kan worden begonnen. Door de keuze van een buitendijks tracé is er sprake van inpoldering en dus zal op grond van de wet van 1904 – houdende bepalingen omtrent het onder-



nemen van droogmakerijen en inpolderingen – concessie moeten worden verleend, nadat een en ander volgens de in genoemde wet gestelde regels ter visie heeft gelegen. Deze procedure is thans lopende.

Provincie Zuid-Holland

Naar het zich laat aanzien zal vermoedelijk in 1976 het 3 km lange gedeelte Hellegatsplein-Ooltgensplaat in uitvoering komen.

Kosten

Ten slotte een overzicht van de

kosten voor de partiële dijkverhogingen in de jaren 1975, 1976 en van de reeds voor 1977 aangegane verplichtingen (in miljoenen guldens).

Bedrag te besteden in:

Aanbesteed in 1975

Aanbesteed in 1976

Nog aan te besteden in 1976

Totaal

1975	1976	1977
7	12,5	—
—	10	8
—	17	11
7	39,5	19

Voor grondaankoop en dergelijke zijn nog bedragen voorzien van. f 0,8 mln. in 1975 en f 5,4 mln. in 1976.

Verantwoording van de foto's

Peter v. d. Velde 354 373 381 387 395 404
ANP 358

G. M. Baijens 361 362

Drs. J. Visser 379

Slagboom en Peeters 380

KLM 403

