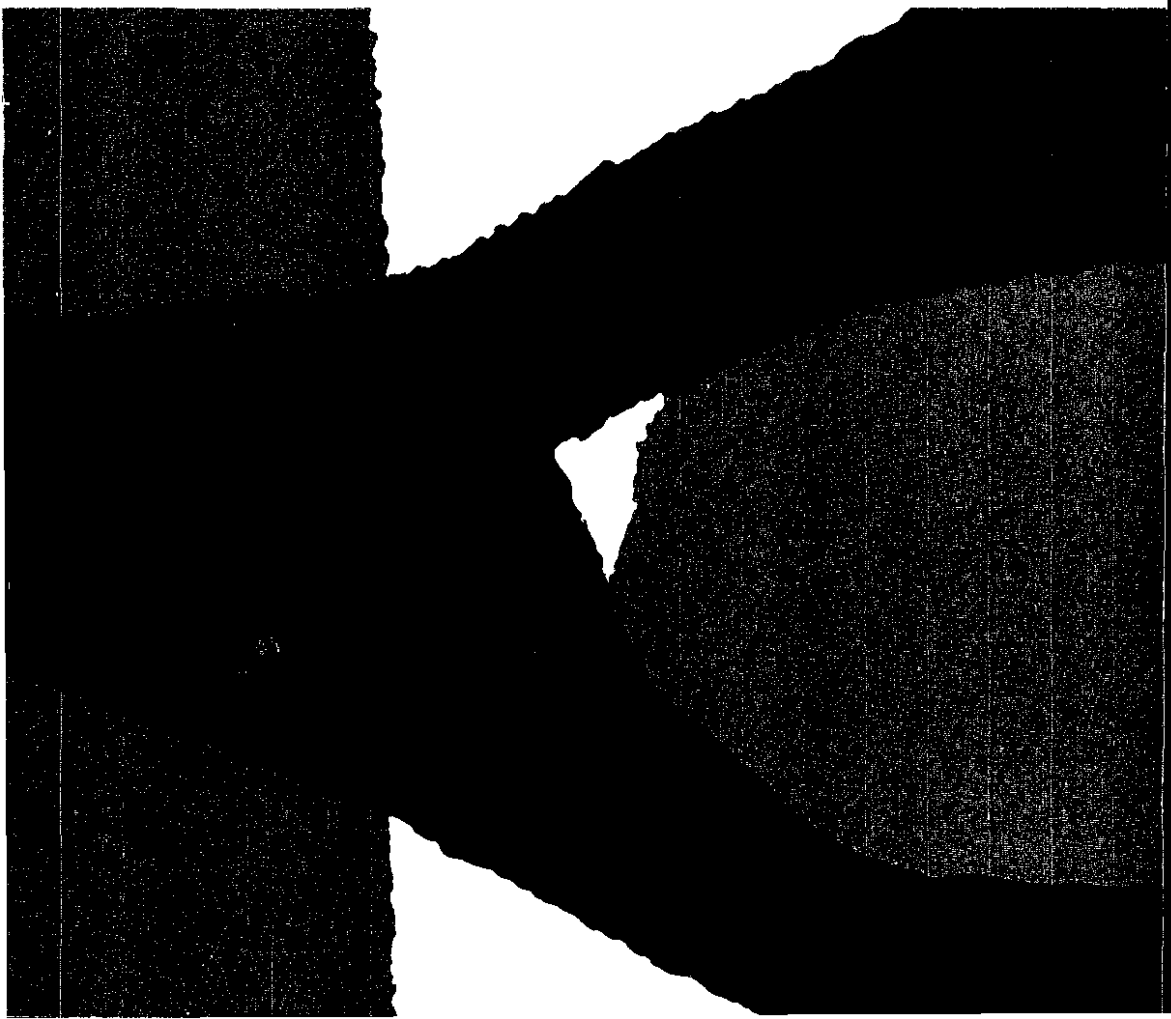


Driemaandelijks Bericht  
nummer 70, november 1974

---

# deltawerken



---

# **Deltawerken**

## **Redactie:**

Deltadienst  
Van Alkemadeaan 400  
's-Gravenhage

## **Abonnementen en verkoop losse nummers:**

Staatsuitgeverij  
Chr. Plantijnstraat 1,  
's-Gravenhage

De prijs bedraagt f 15,- per jaar  
of f 4,- per nummer

Aquatisch milieubeheer in het Delta-  
gebied 489

Drie jaar Grevelingenmeer 496

De natuurwetenschappelijke waarde van de  
ondiepe gebieden in het Grevelingen-  
meer 515

### **A. De werken van het Deltaplan**

Versterking van hoogwaterkeringen in het  
benedenrivierengebied 522

Zandverplaatsingen in de rivieren van het  
*noordelijk Deltabekken na de afsluiting van*  
het Haringvliet 527

Ontwikkeling van de Noordbevelandse  
oever 533

**Vorderingen** 540

**De toestand van het oppervlaktewater in Nederland ~ en vooral van de grote, door het Rijk beheerde wateren in het zuidwesten des lands ~ is de laatste jaren steeds meer tot een probleem geworden. Vooral de overmatige belasting met zout en afvalstoffen bedreigt deze wateren. De omzetting van stromende wateren in stagnante bekkens maakt de problematiek niet eenvoudiger. Dit artikel handelt over de vraag op welke wijze het beheer over deze oppervlaktewateren het best kan worden ingericht, en welke doelstelling men daarbij kan nastreven.**

## **Aquatisch milieubeheer in het Deltagebied**

Een waterbeheer dat zich niet zonder meer bij de aangetroffen toestand wil neerleggen, zal altijd een normatieve redenering moeten volgen: eerst wordt de vraag gesteld welke toestand van het water men in een bepaald gebied wenselijk en mogelijk acht; daarna wordt de feitelijk voorhanden toestand van het water in ogenschouw genomen. Uit het verschil tussen de nagestreefde norm en de aangetroffen werkelijkheid volgt dan de hoofdlijn van het beheer: vaststelling van de gezamenlijke maatregelen die de gewenste toestand dichterbij brengen en die in stand houden wanneer hij eenmaal bereikt is. Als algemene regel zou men kunnen stellen: oppervlaktewater moet zodanige eigenschappen bezitten dat het zoveel mogelijk gebruiksfuncties kan vervullen.

Een groot aantal functies kan in principe door alle Deltawateren worden vervuld: vrijwel alle wateren zijn geschikt of kunnen geschikt gemaakt worden voor scheepvaart, waterafvoer, waterberging, watersport, overrecreatie en de circulatie van koelwater. Andere functies zijn specifiek voor bepaalde watertypen, hetzij zoet of zout stagnerend water, dan wel zout of brak getijwater. Zo kunnen de drinkwatervoorziening, de landbouw- en industriewatervoorziening en de zoetwatervisserij alleen terecht met zoet water, terwijl de schelpdierencultures, de zoutwatervisserij en zekere soorten van natuurlijke omgevingen op zout water zijn aangewezen. De bovengenoemde grondregel geldt evenwel voor alle watertypen, en zeker waar het afgesloten bekkens betreft. Het is verstandig een bekken zo te beheeren dat voor de toekomst zoveel mogelijk functies worden opengehouden.

In een dichtbevolkt land als het onze kunnen de functies die men aan een bepaald water toekent zelfs op korte termijn ingrijpend veranderen. Heeft een bepaald Deltabekken echter negatieve effecten in zich verzameld, dan kan zo'n functieverandering misschien niet meer worden gerealiseerd. Het Brielse Meer bijvoorbeeld, waar veel fosfaten in de bodem zijn vastgelegd, zou zelfs na sanering nog jarenlang een hoge fosfaatlast behouden, doordat het fosfaat weer uit het bodemslib wordt vrijgemaakt. Het Brielse Meer lijkt in dit opzicht op een zeker Zweeds meertje waar na sanering van de afvalwaterlozingen ook nog de hele modderlaag van de bodem geschrapt moest worden om het water gezond te krijgen.

Een tweede reden om de waterkwaliteit in alle Deltabekkens te optimaliseren ligt daarin, dat ze veelal onderling gekoppeld zijn. Om het ene bekken zijn gewenste functies te doen vervullen moeten ook aan aangrenzende wateren bepaalde eisen worden gesteld. Aangezien het water in een bekken pas volledig in staat is aan zoveel mogelijk functies te voldoen wanneer het aquatische ecosysteem er goed functioneert, kan het advies voor het waterbeheer ook zo worden geformuleerd: beheer het water zo, dat het ecosysteem er goed functioneert. Deze gedragslijn, waar in de praktijk heel wat haken en ogen aanzitten, vereist voor alles een eenvoudig beheer. Goed functionerende ecosystemen houden immers zichzelf in stand, ze zijn stabiel. Zijn de goede randvoorwaarden eenmaal aanwezig, dan zijn er verder nog nauwelijks beheersmaatregelen nodig om het systeem in stand te houden. Er zullen in zo'n systeem maar kleine fluctuaties

voorkomen in de aantallen van de samenstellende soorten organismen. Plotselinge en geweldige blauwalgenbloei, of een muggenplaag zal men er niet aantreffen. Wel wordt het systeem gekenmerkt door een grote variëteit van organismen, waaronder eventueel zeldzame.

Daardoor heeft het ook waarde als recreatie- en onderzoeksgebied. Van de meeste Deltabekkens is wel redelijk goed bekend welke soorten organismen erin voorkomen, maar van de onderlinge relaties tussen de soorten weet men slechts weinig af. Het valt ook niet te verwachten dat dit inzicht op korte termijn bereikt zal worden aangezien het hier zeer complexe relaties betreft.

De beheerder van het water hoeft door dit tekort aan kennis in de praktijk niet overmatig te worden gehinderd.

In eerste benadering zijn er wel een aantal voorwaarden te geven, die tot een goed aquatisch systeem kunnen leiden. Men moet hierbij voor ogen houden dat de milieufactoren ook in natuurlijke omstandigheden sterk kunnen fluctueren of een ruimtelijke variatie kunnen vertonen, en dat ze daarbij waarden bereiken die lang niet altijd optimaal zijn. Er is dus een bepaalde marge van omstandigheden, waarbinnen het systeem min of meer probleemloos functioneert. Het gaat er maar om, zodanige grenswaarden voor deze omstandigheden te vinden, dat de organismen zich daarbinnen wel bevinden. Aangezien deze grenswaarden vanwege onze geringe kennis alleen op grond van ervaring benaderd kunnen worden, kan het zijn dat er in de loop van de tijd onder invloed van verbeterde inzichten moet worden bijgestuurd. Dit zal tot de normale procedures dienen te gaan behoren. Een aantal van deze grensvoorwaarden, zoals die voor de verschillende bekkens in het Deltagebied zouden kunnen worden aangehouden, worden hieronder nader besproken.

Door de Duitse onderzoeker Remane is een relatie vastgesteld tussen het aantal voorkomende soorten organismen en het *zoutgehalte*, uitgedrukt in miligram chloorionen per liter, in het overgangsgebied van de Noordzee en Oostzee. Uit dit onderzoek resulteerde de inmiddels befaamde 'kromme van Remane' (fig. 1), die ook in deze Berichten al eens eerder werd afgedrukt. We zien dat bij een chloridegehalte van 17 000 mg Cl/l of hoger het soortenaantal van zoutwatergebieden maximaal wordt, voor zoetwaterorganismen wordt dit maximum bereikt bij gehalten kleiner dan 300 mg/l.

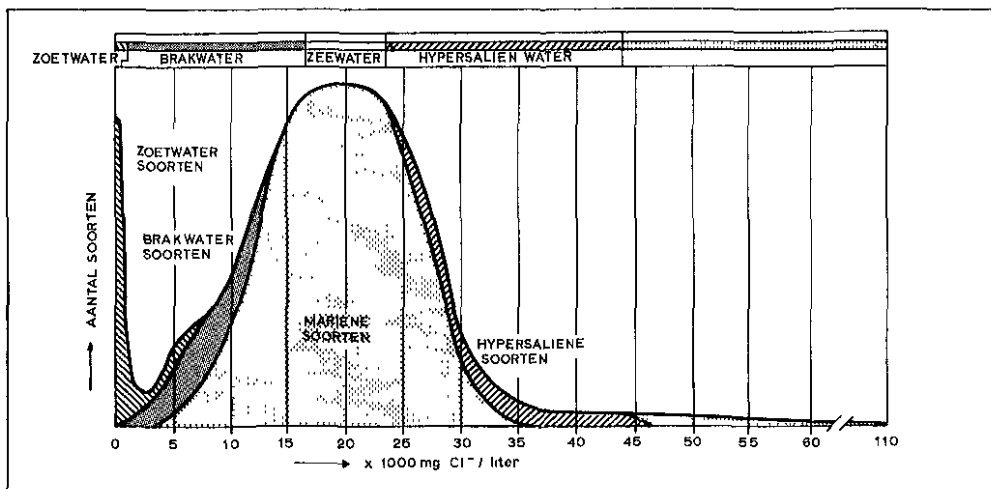
Fig. 1. De brakwaterkromme van Remane, aangepast naar Kinne, 1971

Het kleinste soortenaantal wordt gevonden bij een chloridegehalte van 3000-4500 mg Cl/l. Het grootste deel van de bij deze concentraties aangetroffen soorten bestaat uit echte brakwatersoorten. Het aantal soorten brakwaterorganismen is veel kleiner dan het aantal zoetwater- of het aantal zoutwaterorganismen.

Wanneer soortenrijkdom een belangrijk criterium is, zal men derhalve moeten kiezen tussen zoet water of zout water. De kromme van Remane is opgesteld voor ongewervelde dieren, maar geldt in principe ook voor vissen, waterplanten, algen en zeewieren.

Hoe streng men deze randvoorwaarden in het Deltagebied kan toepassen is moeilijk aan te geven. Het is bijvoorbeeld een feit dat ook voor de afsluiting van het Volkerak de zoutgehalten in de Oosterschelde ver beneden de 16 000 mg Cl/l konden dalen; evenwel was de Oosterschelde ook toen zeer soortenrijk. Toch wordt voor zoute wateren thans algemeen een minimaal zoutgehalte van 16 000 Cl/l en voor zoete wateren een maximaal zoutgehalte van 300 mg/l wenselijk geacht. Anderzijds moet men uit de kromme niet concluderen, dat brakwatersystemen uit beheersoogpunt ontoelaatbaar zouden zijn. Zulke estuariene biotopen komen op vele plaatsen in de wereld voor en als zodanig hebben ze hun eigen waarde. Wel moet opgemerkt worden dat het geen soortenrijke stabiele systemen zijn.

Vervuiling door makkelijk afbreekbare stoffen die voorkomen in huishoudelijk afvalwater, veroorzaakt in het Deltagebied problemen door het feit dat er bij de afbraak *nutriënten* vrijkomen die eutrofiering veroorzaken. De concentratie in een bekken van de belang-



rijkste nutriënten, fosfor en stikstof, wordt voor een belangrijk deel bepaald door aanvoer, afvoer en vastlegging in dat water. Zoals reeds eerder in deze Berichten is besproken, heeft verhoging van de nutriëntenconcentratie vooral in zoetwaterbekkens een aantal ongewenste gevolgen. Kort samengevat kan eutrofiëring leiden tot de volgende veranderingen. Het zuurstofgehalte gaat sterker fluctueren. Dit wordt veroorzaakt door de toegenomen zuurstofproductie overdag, maar ook door het toegenomen zuurstofverbruik vanwege de grotere biomassa van de levensgemeenschap.

Er kan zuurstofloosheid optreden in de diepe delen van gestratificeerde bekkens. Dit is op zich al een negatief te beoordelen verschijnsel; maar bovendien worden onder zuurstofloze omstandigheden veel fosfaten uit de bodem vrijgemaakt, die het eutrofiëringsproces versterken.

Er kunnen moeilijk voorspelbare, massale algensterften optreden met als gevolg sterke daling van het zuurstofgehalte, tot zuurstofloosheid toe. Het water wordt troebeler door de algenbloei, waardoor waterplanten op den duur door lichtgebrek verdwijnen. Het verdwijnen van waterplanten veroorzaakt weer het verdwijnen of afnemen van nog meer soorten organismen, die waterplanten nodig hebben voor hun voortbestaan. De levensgemeenschap wordt hierdoor armer. Verder neemt ook het aantal soorten bodemdieren en planktonsoorten af. In zoet water gaan groenwieren en blauwwieren domineren. Vooral de laatste veroorzaken een reeks van problemen. Ze scheiden stoffen af die een onaangename reuk of smaak aan het water kunnen geven. Verder kunnen ze ook gifstoffen uitscheiden

die eventueel vis- en veesterfte kunnen veroorzaken. Verder geven ze esthetisch veel bezwaren omdat ze bij bepaalde omstandigheden gaan drijven. Men krijgt dan op bepaalde plaatsen in het meer opeenhopingen van drijfvlagen.

Op grond van ervaring heeft men enige algemene normen ontwikkeld voor een toelaatbare en voor een kritische belasting van bekkens met fosfor- en stikstofverbindingen in relatie tot de diepte (zie fig. 2). Deze grafiek geeft slechts de grenzen aan tussen voedselarm, matig voedselarm, en voedselrijk water, maar er wordt geen verdere onderverdeling meer aangebracht in het voedselarme en voedselrijke gebied. Vooral een verdere indeling van het voedselrijke of eutrofe gebied is gewenst, omdat in Nederland de wateren van oudsher al eutroof geweest moeten zijn. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat het water in de benedenloop van een rivier, waarmee onze bekkens gevoed worden, van nature reeds voedselrijker is dan hogerop in het stroomgebied. Daarbij komt nog dat de Nederlandse wateren meestal ondiep zijn in vergelijking met de buitenlandse, en dat bij gelijkblijvende nutriëntenbelasting per m<sup>2</sup> een ondiep bekken eerder eutroof zal zijn dan een diep (fig. 2). De soortenrijkdom als functie van de voedselrijkdom van een bekken zal er ongeveer uitzien zoals weergegeven in figuur 3. In een nutriëntenloos meer kan geen levensgemeenschap bestaan, maar in oligotroof water kan de soortenrijkdom al hoog zijn. Hoewel het soortenspectrum sterk kan veranderen met toenemende voedselrijkdom hoeft dat in het eutrofe gebied niet het geval te zijn. Pas bij een hoge voedselrijkdom gaat de soorten-

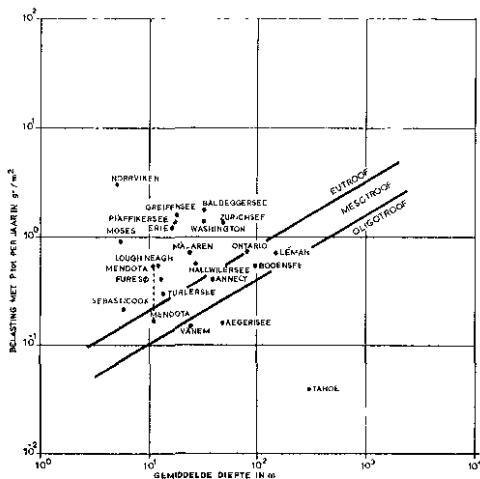


Fig. 2. Fosfaatbelasting en trofiegraad in relatie tot de diepte van een aantal meren

rijkdom afnemen tot een laag niveau. Zeer hoge concentraties van nutriënten, zoals ze in de natuur niet spoedig zullen voorkomen, kunnen zelfs vergiftig zijn. Uit het bovenstaande blijkt dat niet voor alle beheersdoelen bekend is, waar de meest geschikte randvoorwaarde ligt voor de nutriëntenrijkdom. Voor soortenrijkdom is hij nog zeker niet te geven.

Natuurlijk is het vooral belangrijk de randvoorwaarde te kennen van dat nutriënt dat door een technische maatregel, zoals fosfaatverwijdering, beperkend kan worden gemaakt. Over de eutrofiëring van zout water is veel minder bekend dan over die van zoetwaterbekkens. Waarschijnlijk zal er eenzelfde relatie gelden als voor zoet water.

Voorlopig lijken de negatieve effecten van de eutrofiëring van zout water mee te vallen. Nader onderzoek is echter dringend nodig om de grenswaarden te kunnen vaststellen. De grote rivieren in vele Westerse landen worden vervuild met een zeer groot aantal stoffen, waaronder ook een aantal *gifstoffen*. Deze stoffen komen uiteindelijk in zee terecht, maar belasten ook de in het stroomgebied liggende bekken en estuaria.

De vergiftigde stoffen kan men op grond van hun gedrag in het milieu in drie groepen indelen: Allereerst zijn er toxische stoffen die omgezet kunnen worden in relatief onschuldige verbindingen, zoals fenol. Dan kent men toxische stoffen die persistent zijn; als voorbeeld gelden sommige zware metalen die niet accumuleren. Ten slotte zijn er ook toxische stoffen die persistent zijn en die zich bovendien ophopen in de weefsels van organismen, zoals bijvoorbeeld gechlorideerde koolwaterstoffen.

De effecten van deze stoffen zijn weliswaar goed bekend maar meestal alleen van laboratoriumonderzoek. Gegevens uit veldonderzoek laten zelden eenduidige conclusies toe. Dit maakt het opstellen van grenswaarden tot een zeer moeilijke zaak. Daarbij komt nog dat het om zeer veel stoffen gaat en dat het laboratoriumonderzoek tot nu voornamelijk overlevingsexperimenten heeft uitgevoerd, terwijl experimenteel onderzoek naar de effecten op ontwikkeling, groei en voortplanting veel relevanter is.

De enige richtlijn die men nu kan geven is dat de belasting van een meer met deze stoffen zo gering mogelijk moet zijn. De grootste aandacht moet daarbij uitgaan naar de stoffen die voorkomen op de zwarte en grijze lijsten van de internationale conventies tegen de vervuiling van de Rijn en de Noordzee, afgedrukt in het vorige Bericht, blz. 445. Bij langdurige belasting met persistente gifstoffen of nutriënten kan er een grote accumulatie in een bekken optreden. Neemt de vervuiling daarna af, dan is de kans niet uitgesloten dat een zo sterke nalevering vanuit de bodem gaat optreden, dat het ecosysteem daar nog lang de nadelige gevolgen van ondervindt.

Een bekken dat met zeer kleine hoeveelheden water ververst wordt is tamelijk geïsoleerd van zijn omgeving. Deze isolatie kan gunstig zijn in verband met de belasting met allerlei stoffen, zoals chloriden, nutriënten en toxische stoffen. Een open systeem, zoals dat van een estuarium met uitwisseling vanuit de rivier en naar zee, heeft meer mogelijkheden om invloeden te ondergaan. Dit kan ongunstig zijn, vooral bij grote nutriëntentoevoer, maar ook gunstig, door de mogelijkheid van vesti-

ging van nieuwe soorten of regelmatig optredende migraties van soorten en door de kans op verdunning van zware concentraties van stoffen in het water.

De meeste vissoorten die in estuaria en zee-armen voorkomen, planten zich er niet voort. Wanneer een estuarium wordt afgesloten, zal de zeevisfauna dus ook bij het zout houden van het nieuw gevormde meer sterk verarmen, tenzij men op een of andere manier, bijvoorbeeld met behulp van een voldoende ruim gedimensioneerd doorlaatmiddel, de verbinding met de open zee in stand houdt. In zoetwaterbekkens komen voornamelijk niet trekkende vissoorten voor, zodat wat dit betreft een zekere mate van isolatie niet bezwaarlijk is.

Wanneer na een calamiteit, bijvoorbeeld een uitzonderlijk strenge winter, vele organismen in een zoutwatermeer zouden zijn afgestorven, dan is een goede verbinding met zee noodzakelijk om het herstel te bespoedigen.

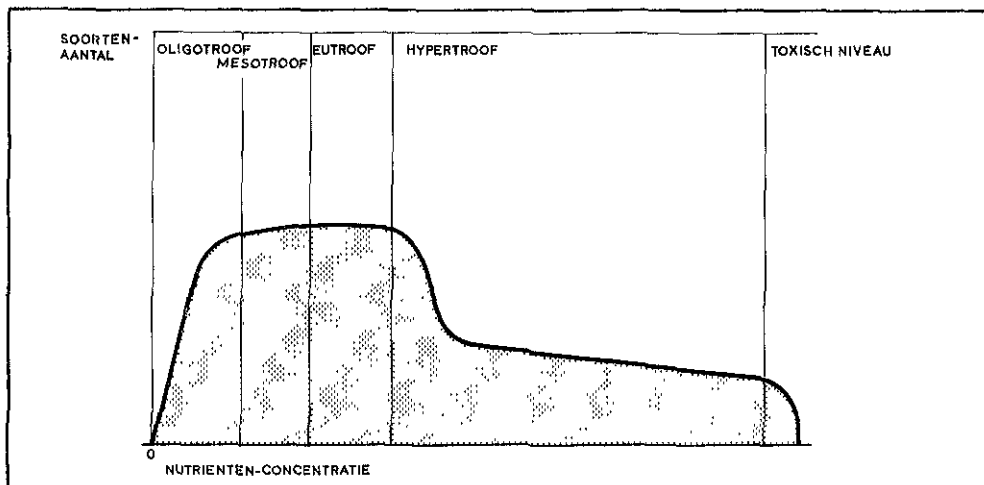
Sommige organismen kunnen door aanpassing de fluctuaties van milieufactoren binnen zekere grenzen overleven. Er zijn soorten die slechts een kleine marge tolereren naast soorten die minder gevoelig zijn. Het is gebleken dat er betrekkelijk weinig soorten zijn die sterke onregelmatige fluctuaties van milieufactoren verdragen.

Zulke snelle en sterke fluctuaties van milieufactoren veroorzaken dus een soortenarme levensgemeenschap. In vele estuaria waar het zoutgehalte sterk kan fluctueren, is de soortenrijkdom dan ook gering. Dit was bijvoorbeeld het geval in het open Haringvliet. Is soortenrijkdom een belangrijk beheersdoel, dan zal men sterke onregelmatige

fluctuaties van milieufactoren zoveel mogelijk moeten vermijden. Anderzijds moet men zich realiseren dat milieufactoren onder natuurlijke omstandigheden altijd fluctueren, maar dan wel gelijkmatig en beperkt. Sommige fluctuerende milieufactoren kan men in afgesloten bekkens beïnvloeden. Zo kan men het zoutgehalte reguleren door inlaat van water van een bepaald zoutgehalte. Andere, zoals zuurstof- en pH-fluctuaties, kunnen direct worden verminderd door de nutriënten-toevoer te beperken. Temperatuur-fluctuaties in ondiep water zijn niet te beïnvloeden, mogelijk wel als ze veroorzaakt worden door lozingen van koelwater.

Waterstandsvariaties kunnen onderverdeeld worden in drie typen: er zijn snelle, sterke en zeer regelmatige waterstandsfluctuaties (het getij); er zijn geleidelijke waterstandsver-

Fig. 3. Veronderstelde relatie tussen soortenrijkdom en concentratie van nutriënten



hogingen in natuurlijke meren in de herfst en de winter en er zijn onregelmatige, zeer kort durende maar sterke waterstandsverhogingen. De levensgemeenschappen in getijgebieden zijn volledig ingesteld op getijbeweging. Ook geleidelijke waterstandsverhogingen hoeven geen wezenlijke schade te veroorzaken en er zijn ook soorten die geïnundeerd land als voedsel- of voortplantingsgebied kiezen. Onregelmatige sterke waterstandsvariëaties kunnen in tegenstelling tot de twee andere soorten veel schade veroorzaken aan een levensgemeenschap. Wanneer de waterstand bijvoorbeeld in de voortplantingstijd van karperachtige vissen plotseling stijgt, dan gaan deze dieren in het ondiepe water paaien. Wanneer de waterstand ook weer snel zakt kunnen de visscholen of het kuit daarna droog komen te liggen.

Anderzijds kunnen periodiek voorkomende overstromingen van vlakke oeverlanden, bijvoorbeeld ten gevolge van opwaaiing, een heel specifiek karakter aan de ontwikkeling van bepaalde gebieden geven. Maar dan vormen deze verschijnselen een onderdeel van het systeem.

De kans op *calamiteiten* door menselijk toedoen neemt toe naarmate er intensiever gebruik gemaakt wordt van de wateren. Met name ongelukken in industrie en scheepvaart zijn in dit verband van belang. Het is om deze reden gewenst drukke scheepvaartroutes en industriegebieden zoveel mogelijk te isoleren van hun ruimere aquatische omgeving. Verder zullen er goede bestrijdingsplannen en voorzieningen ter beperking van de gevolgen van calamiteiten nodig zijn, binnen toelaatbare economische grenzen.

De mens kan de aquatische levensgemeenschappen zowel direct als indirect in sterke mate beïnvloeden. Tot de directe beïnvloeding hoort de exploitatie van organismen. Sport- en beroepsvisserij en schelpdiercultuur zijn hier belangrijke voorbeelden van. Visserij betekent exploitatie van wilde populaties. Overbevissing behoort dan tot de mogelijkheden. Daar vissen een zeer belangrijke rol in een levensgemeenschap spelen, is het van belang dat er geen overbevissing van bepaalde vissoorten zal optreden. Vooral de nog steeds toenemende sportvisserij kan bepaalde vissoorten, afhankelijk van de voorkeur der hengelaars, aanzienlijk bedreigen. Een beperking van de vangst is dan nodig, of als alternatief het uitzetten van pootvis.

## Hoofddlijnen van het aquatisch ecologisch beheer in het Deltagebied

Bij het beheer van zoete bekkens zal men *zoutinfiltratie* moeten bestrijden. De zoutbelasting is voornamelijk afkomstig van brakke polderwaterlozingen, van kwel en van het omzetten van zoet en zout water bij schutsluizen. Men kan haar bestrijden door passende voorzieningen te treffen. Hetzelfde geldt voor een zoutwaterbekken met een zekere brak- of zoetwaterbelasting. Om het zoutgehalte op een gewenst peil van zoet- of ziltigheid te houden is het dus wenselijk zo weinig mogelijk en zo klein mogelijke scheepvaartsluizen tussen zoet- en zoutwaterbekkens te bouwen en de polderwaterlozingen zoveel mogelijk af te voeren naar elders, bijvoorbeeld naar zee.

Men zal zoveel mogelijk moeten proberen de *nutriëntenbelasting* laag te houden. Het is in het praktische beheer essentieel te weten welk nutriënt het eerst beperkend zal worden voor algengroei in een bepaald bekken. Men noemt een nutriënt de beperkende factor als de groei van algen door gebrek aan dit nutriënt gaat afnemen. Zeer vaak zijn stikstof en fosfor beperkende factoren voor de groei van algen, terwijl daar voor de groep van kiezelwieren nog silicium bijkomt. Fosfor wordt in het algemeen beschouwd als de belangrijkste beperkende factor voor algengroei. In de zoute en brakke wateren van het Deltagebied, de Grevelingen, het Veerse Meer en de Oosterschelde, lijkt stikstof de belangrijkste beperkende factor. In het Brielse Meer zou het licht beperkend moeten zijn, omdat stikstof- en fosforverbindingen het hele jaar door overvloedig aanwezig zijn. Fosfor kan betrekkelijk eenvoudig door chemische binding uit afvalwater en ook uit oppervlaktewater worden verwijderd, zulks in tegenstelling tot stikstof en silicium. Alvorens een nutriëntenbeleid te kunnen voeren is het nodig dat er nutriëntenbalansen worden opgesteld.

Men kan zich dan een beeld vormen van de belangrijkste nutriëntenbronnen: afvalwaterlozingen, polderwaterlozingen, afvoer van de West-Brabantse riviertjes en ander getijwater dat van buitenaf het gebied inkomt. Ongeacht welk nutriënt beperkend is, kan men de belasting verminderen door polderwater en afvalwaterlozingen af te leiden en door de hoeveelheid verversingswater te verminderen. Zoutgehaltebeheer en nutriëntenbeheer blijken dan geheel samen te vallen. Hoe minder zout- of zoetbelasting des te minder inlaatwater heeft men nodig en des te

minder is de totale nutriëntenlast die men daarmee inhooft.

Afleidingen van polderwater en afvalwater naar zee verminderen bovendien de directe nutriëntenbelasting.

Minimalisering van het aantal schuttingen ten behoeve van scheepvaartverkeer tussen zoute en zoete bekkens vermindert de zout- of zoetbelasting en daarmee de noodzaak van extra watertoevoer voor zout- of verzoetingsbestrijding. Naast de tot nu toe genoemde mogelijkheden om de belasting van het water met welke ongewenste stoffen dan ook te verminderen, kan men ook het afvalwater en het rivierwater gaan defosfateren.

Bij een getijdebekken heeft men geen gelegenheid de nutriëntenbelasting vanaf de zeezijde te beperken. Als de concentratie in het kustwater stijgt, neemt ook de belasting in het getijdebekken toe. Het is echter niet juist de belasting door het getij te vergelijken met andere belastingsbronnen. Immers in het zee-water leeft al een algengemeenschap die nutriënten opneemt en vastlegt. De accumulatie van nutriënten zal in een beperkt getijdensysteem groter zijn dan in een normaal getijdengebied.

Hoe men deze accumulatie moet beoordelen is nog niet bekend, maar een adequaat nutriëntenbeleid houdt wel in dat men ook voor een bekken met beperkt getij z'n maatregelen moet nemen voordat het in functie is, om het gevaar van al te grote accumulatie en de daaruit voortkomende mobilisatie naderhand te voorkomen.

De gunstige onbelaste uitgangstoestand moet men zoveel mogelijk behouden.

Beperking van de belasting met *toxische stoffen* kan alleen bereikt worden door verbodsbepalingen en door de vermindering van de waterinlaat in afgesloten wateren.

In getijdebekken kan men geen invloed op de belasting uitoefenen. In een gedempt getijdebekken zal een sterkere accumulatie optreden dan in een normaal getijdengebied vanwege sedimentatie van slib waarin de toxische stoffen geabsorbeerd zitten.

Een waterbeheerder zal proberen zoveel mogelijk belangen te dienen en daarbij tegelijk eventuele toekomstige gebruiksmogelijkheden openhouden. Hij wil dus een ecosysteem dat aan zoveel mogelijk functies kan voldoen. Hoe meer functies een systeem moet vervullen des te moeilijker zal het echter zijn die functies optimaal te laten verlopen. Sommige functies zijn goed verenigbaar met elkaar; andere weer niet of minder. De mate van verenigbaarheid van functies hangt

meestal af van de moeite die men moet doen om ze op dezelfde plaats te verenigen.

Een zoetwaterecosysteem biedt het grootste aantal functie-mogelijkheden, vooropgesteld dat het aan hoge milieuhygiënische eisen voldoet. Het kan echter niet voldoen aan die specifieke functies die onverenigbaar zijn met zoet water zoals de schelpdiercultuur, de zoutwatervisserij, en het behoud van bepaalde rijke zoutwatergetijde-levensgemeenschappen.

Wanneer men alle belangen tot hun recht wil laten komen zal het noodzakelijk zijn functiescheiding of verdeling van de ruimte toe te passen.

Dit betekent dat onverenigbare functies in afzonderlijke bekkens moeten worden uitgeoefend. Binnen deze bekkens zullen dan gebruikscapromissen moeten worden bereikt, dat wil zeggen dat de intensiteit van één functie een bepaalde waarde niet mag overschrijden. Het aantal motorboten zal bijvoorbeeld beperkt moeten worden om geen schade toe te brengen aan andere functies, zoals de levensgemeenschap of de oeverrecreatie. Verder moet men bedenken dat met de keuze voor een bepaalde bestemming ook die van andere bekkens min of meer vastgelegd kan worden. Zo is bijvoorbeeld een zoute Oosterschelde niet of slechts zeer moeilijk te combineren met een zoet Veerse Meer.

In de Berichten 59, 61, 65 en 66 (februari en augustus 1972, augustus en november 1973) werd aandacht besteed aan de ontwikkelingen die het aquatisch milieu van het Grevelingenmeer doormaakte na de afsluiting van dit water op 1 mei 1971.

Het is de bedoeling om deze ontwikkeling ook in de toekomst verder op de voet te volgen en daarvan regelmatig in deze Berichten verslag te doen. Nu ruim drie jaar verstreken zijn na de afsluiting, begint er ook wat meer tekening te komen in de ontwikkeling van drooggevalen platen, slikken en aangrenzende schorren.

Derhalve zal in het vervolg naast de beschouwingen over het aquatisch milieu van het Grevelingenmeer ook melding worden gemaakt van de verdere ontwikkelingen van het terrestrische milieu in dit bekken.

Sinds de mededelingen van een jaar geleden hebben zich in het aquatisch milieu wel weer veranderingen voorgedaan, echter niet op grote schaal. Allereerst dient iets te worden gezegd over de stofhuishouding van het meer. Uit de algemene beschouwingen over aquatisch milieubeheer in het eerste artikel van dit Bericht blijkt al wel van hoeveel belang de stofhuishouding is voor de ontwikkeling van een goed aquatisch milieu. Van allerlei kanten kunnen stoffen in het meerwater terecht komen; via polder- en afvalwaterlozingen, opgelost in inlaat- en schutwater en zelfs met de neerslag uit de lucht. De toevoer van deze stoffen noemt men de belasting, uitgedrukt in grammen van een bepaalde stof per m<sup>2</sup> per jaar. Deze stoffen kunnen ofwel in het water opgelost blijven, ofwel door bezinking of anderszins in het bekken achterblijven. Dit laatste noemt men accumulatie, eveneens uitgedrukt in grammen/m<sup>2</sup>/jaar. Voedingsstoffen kunnen overigens ook tijdelijk in organismen zijn opgeslagen. Bezonden materiaal kan na kortere of langere tijd weer stoffen aan het bovenstaande water afgeven; dit proces wordt mobilisatie genoemd. Een stofbalans geeft aan hoeveel stoffen naar een bekken worden toegevoerd, eruit verdwijnen er in accumuleren, en dergelijke meer. Tabel 1 en 2 geven een dergelijke stofbalans voor de belangrijkste voedingsstoffen: fosfor (als P-totaal) en anorganische stikstof (als NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) in het Grevelingenmeer. Deze tabellen tonen het merkwaardige feit dat de accumulatie of omzetting der fosfaten in 1972 en die van anorganische stikstof in 1972 en 1973 groter zijn geweest dan de bruto belasting. Er accumuleert dus meer dan er wordt aangevoerd.

## Drie jaar Grevelingenmeer

Accumulatie van stoffen treedt in elk meer op, maar in een normaal geval altijd in mindere mate dan de bruto belasting bedraagt. Wanneer de accumulatie groter is dan de belasting, moet de concentratie van de betreffende stof in het water afnemen. In grote lijnen blijkt dit ook wel voor de anorganische stikstof, als we de waarden in de winter voor de verschillende jaren bekijken. Het beeld in de grafiek wordt enigszins vertroebeld doordat de gehalten anorganische stikstof ook met de seizoenen variëren.

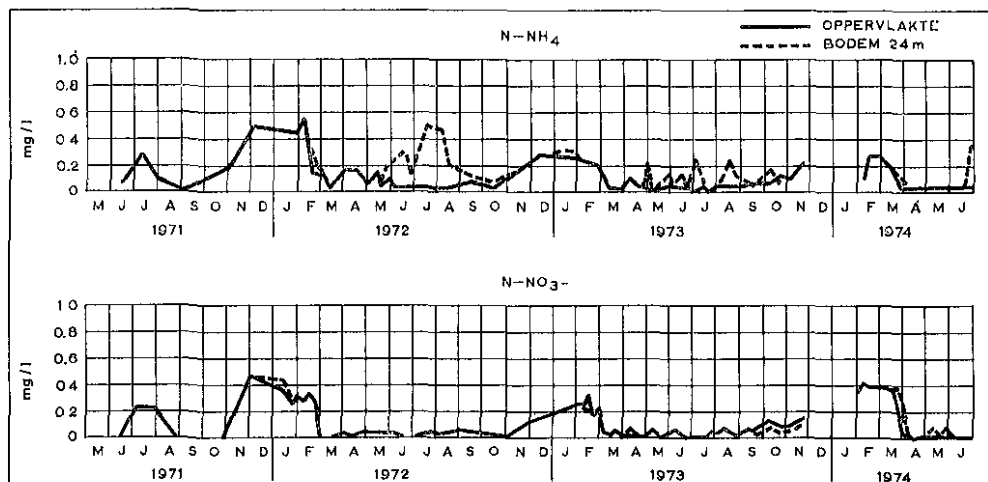
Tabel 1: Balans van alle fosfaten in het Grevelingenmeer

|                                                                      | 2e helft<br>1972 | 2e helft<br>1973 |
|----------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| bruto belasting (tonnen)                                             | 12,0             | 19,9             |
| bruto belasting per oppervlakte-eenheid (g/m <sup>2</sup> /1/2 jaar) | 0,11             | 0,18             |
| accumulatie (tonnen)                                                 | 78,0             | 9,35             |
| accumulatie per oppervlakte-eenheid (g/m <sup>2</sup> /1/2 jaar)     | 0,72             | 0,09             |

Tabel 2: Balans van anorganische stikstof in het Grevelingenmeer

|                                                                  | 1972  | 1973  |
|------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| bruto belasting (tonnen)                                         | 100,8 | 114,0 |
| bruto belasting per oppervlakte-eenheid (g/m <sup>2</sup> /jaar) | 1,0   | 1,2   |
| omzetting in tonnen                                              | 265,0 | 153,5 |
| omzetting per oppervlakte-eenheid (g/m <sup>2</sup> /jaar)       | 2,45  | 1,42  |

1



2

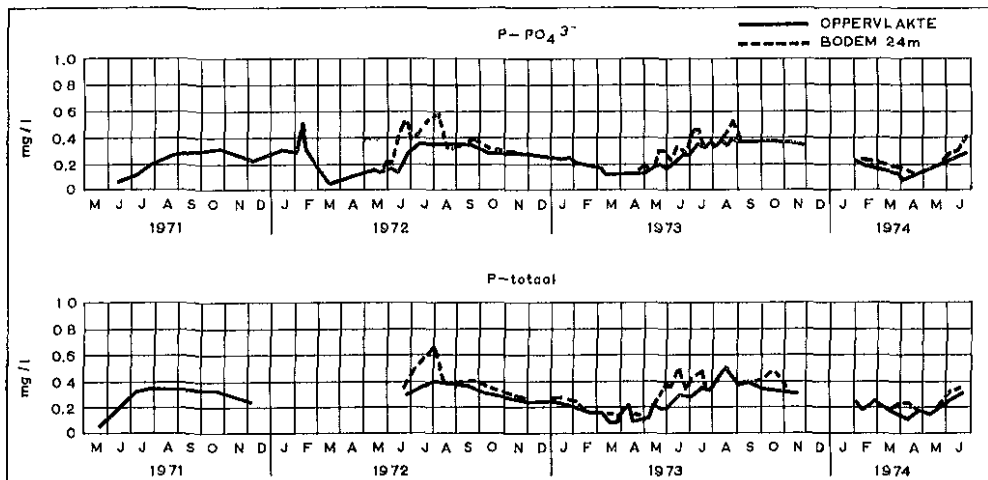


Fig. 1. Verloop van de concentratie van anorganische stikstof in de periode 1971-1974

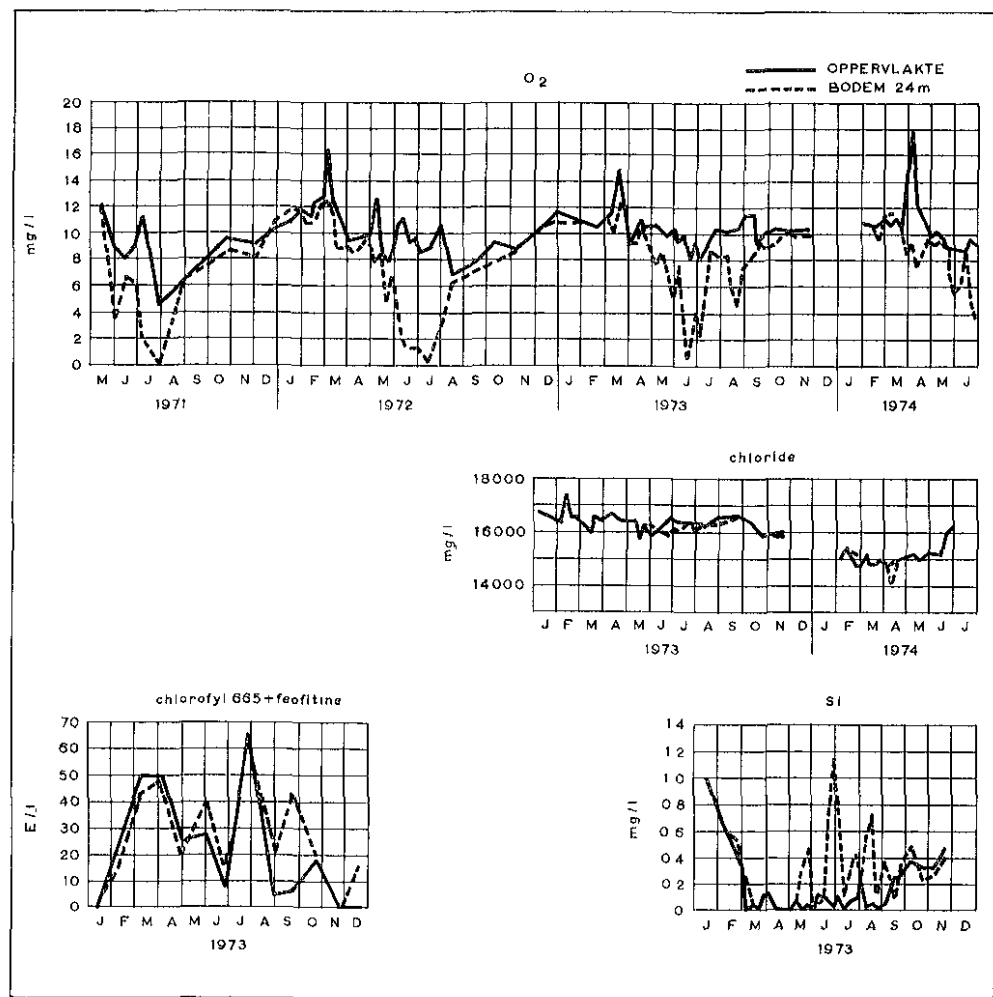
Fig. 2. Verloop van de concentratie van fosfaten in de periode 1971-1974

Reeds in januari begint het anorganische stikstofgehalte af te nemen om gedurende voorjaar en zomer zeer laag te blijven. Pas in oktober begint het weer toe te nemen. Dit geldt overigens ook voor silicium. Zulke seizoensfluctuaties worden toegeschreven aan de fytoplanktongroei, waardoor veel anorganische stikstof en silicium wordt vastgelegd, zodat de concentraties in het water verminderen. De jaarlijkse geleidelijke vermindering van anorganische stikstof kan enerzijds daarmee worden verklaard, dat de stikstof in allerlei organismen, zoals zee-gras, zeewier en bodemdieren wordt vastgelegd, maar anderzijds vooral ook door denitrificatie. Bij dit proces vormen bacteriën gasvormige stikstof (N<sub>2</sub>) uit nitraat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Zij doen dit door zuurstofatomen uit het nitraat los te maken en te gebruiken voor de afbraak

van organische stof, onder zuurstofloze omstandigheden. Dit proces kan in de bodem, maar ook in gestratificeerde putten optreden. De seizoen-gebonden verminderingen van anorganische stikstof en opgelost silicium lopen min of meer parallel. Dit wijst erop dat ze vooral veroorzaakt worden door kiezelwieren. Onderzoek van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek in Yerseke heeft dat vermoeden bevestigd. Kiezelwieren hebben in tegenstelling tot andere algen silicium nodig voor de opbouw van hun pantsertjes. Een andere aanwijzing in dezelfde richting vormt het chlorofylgehalte, dat te beschouwen is als een maat voor de fytoplanktonbiomassa. Ook hier zien we al zeer vroeg in het voorjaar een toename, en een sterke vermindering tegen het einde van augustus. Uit onderzoek naar de primaire

Webvormige schimmel op een afgestorven Spons. Op de achtergrond Wedueroosjes, een soort Zeeanemonen

Fig. 3. Verloop van de concentraties van zuurstof, zout, chlorofyl en feofetine en silicium in een aantal jaren





produktie door het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek is gebleken dat het produktie seizoen in de Grevelingen na de afsluiting vroeger begint dan daarvoor.

Vroeger trad de maximale voorjaarsproduktie op in april, en nu in maart. De oorzaak van dit verschil ligt in de verminderde troebelheid van het nu vrijwel stilstaande water. De omvang van de jaarproduktie van algen verschilt echter in de jaren voor en na de afsluiting nauwelijks.

Het fosfaatgehalte in het Grevelingenmeer vertoont een opvallend verloop. De concentratie is in verhouding tot die van anorganische stikstof hoog. Zeer merkwaardig is het verloop van de orthofosfaat- en totaal-fosfaatconcentraties in 1972, 1973 en 1974. Van januari tot maart neemt deze concentratie af, om vanaf ongeveer mei weer toe te nemen, en na september weer langzaam af te nemen.

Dit verloop is juist tegengesteld aan de verwachting. In de zomer wordt door algen immers ook veel fosfaat gebruikt. De totaal-fosfaatbalans van de 2e helft van 1972 is daardoor moeilijk te verklaren. Het is wel zeker dat fosfaat in de Grevelingen niet beperkend werkt op de algengroei. Daarvoor is de minimale orthofosfaatconcentratie nog te hoog; bovendien begint in de voorzomer het orthofosfaat juist toe te nemen.

De invloed van nutriënten zoals hierboven beschreven, beperkt zich tot de kwantitatieve aspecten van de levensgemeenschap, namelijk de omvang van de primaire produktie en van de maximale biomassa van verschillende organismen. De nutriënten oefenen echter ook invloed uit op de kwalitatieve samenstelling van de levensgemeenschap. Dit is vooral

duidelijk in zoete wateren (zie Bericht 67, februari 1974). Echter ook in zout water kunnen sterke verschuivingen in de samenstelling van de levensgemeenschap optreden. Van zeer grote betekenis voor de samenstelling en de soortenrijkdom van de levensgemeenschap is het zoutgehalte. De kromme van Remane toont een verband tussen soortenrijkdom en zoutgehalte. Tussen 16‰ en 4,5‰ neemt het soorten aantal sterk af met het zoutgehalte. Als men voor een zout Grevelingenmeer kiest, dan moet het zoutgehalte er dus liefst boven de 16‰ liggen. Maar hoe verliep het chloridegehalte van de Grevelingen in 1973 en 1974?

In 1973 schommelde de concentratie tussen  $\pm 16$  en meer dan 17‰. In het voorjaar van 1974 daalde de concentratie zelfs beneden de 15‰, om in juli van dit jaar weer te stijgen tot 16‰. De laagste concentraties in 1974 zijn dus lager dan die in 1973. Dit duidt op een geleidelijke daling van het zoutgehalte onder invloed van de zoetwaterlast.

Deze daling zal doorgaan, totdat er voldoende zout water kan worden ingelaten, dat wil zeggen totdat de sluis in de Brouwersdam gereed is. Steeds verdergaande verlaging van het zoutgehalte zal uiteindelijk leiden tot vermindering van het aantal soorten organismen. Tot nu toe zijn er echter geen duidelijke gevolgen van het verminderde zoutgehalte voor de levensgemeenschap aanwijsbaar. Het zoutgehalte van het Grevelingenmeer zal in ieder geval nooit lager hoeven te zijn dan dat van het Zijpe, waarmee het meer via de sluis bij Bruinisse verbonden is.

Na de afsluiting is de levensgemeenschap nogal veranderd. Allereerst stierven alle organismen in de hogere delen van de getijzone, zowel zeewieren als allerlei bodemdieren. Ook in de diepere geulen trad sterfte op bij de bodemdieren door daling van het zuurstofgehalte.

Na de afsluiting trad herstel in. Er ontstond een levensgemeenschap waarin 50% voortkwam van de bodemdieren, 60-70% van de zeewieren en 80% van het fyto-enzooplankton dat men in een getijde-estuarium aantreft. Ook de visfauna is bezig te verarmen. Bij onderzoeken van het Delta Instituut vond men tussen 1960 en 1970 32 soorten, in 1971 26, in 1972 25 en in 1973 23 soorten. Daarnaast namen vele van deze soorten ook kwantitatief af. Toch wordt er op dit moment door sportvissers nog veel platvis gevangen, zoals bot, schor en schol. Dit zal zonder tegenmaatregelen niet zo door kunnen gaan omdat het

niet waarschijnlijk is dat deze vissoorten zich in de huidige situatie in het Grevelingen-bekken zullen voortplanten. Uiteindelijk zullen bij gelijkblijvende omstandigheden in de Grevelingen vermoedelijk 10-15 vissoorten regelmatig voorkomen, maar de aantallen van de meeste van deze soorten zullen niet groot zijn. De Puitaal is een van de weinige soorten die algemeen voorkomt. Ook bij de bodemdieren zijn er soorten die gewoonlijk alleen door migratie vanuit zee in de zeearmen voorkomen en die dus waarschijnlijk geheel zullen verdwijnen. Voorbeelden hiervan zijn Inktvissen, en Noordzee- en andere krabben. Het is zowel bij de vissen als bij andere organismen bijzonder moeilijk, zo niet onmogelijk, te bewijzen of ze zich voortplanten. Men kan natuurlijk wel aanwijzingen vinden dat er geen of weinig voortplanting plaats vindt, als men

spellen, welke invloed dit op het Grevelingenmeer zal hebben

De getijdegebonden wiersoorten, zoals de Fucus-soorten (Knotswier) zijn na de afsluiting verdwenen, en zullen ook nadat de sluis gereed is wel niet meer terugkomen. Maar vele andere soorten zijn blijven leven. Het zeegras is na de afsluiting flink toegenomen en bedekt vrij grote oppervlakten van ondiep water. In de zeegrasvelden komen ook veel rood- en bruinwieren voor en het groenwier Chaetomorpha. Verder zijn er flinke vegetaties van bruinwieren en roodwieren, die weliswaar een kleine biomassa hebben, maar toch nog een vrij grote oppervlakte innemen. Plaatselijk belangrijk zijn vegetaties van de groenwieren Chaetomorpha en Ulva (zeesla). Het Grevelingenmeer bevindt zich thans nog volop in een ontwikkelingsstadium, geken-



a

geen jonge dieren meer vindt. Zo lijkt uit voortopige, ongepubliceerde waarnemingen van het Delta Instituut dat de Kleine Zwaardschede, een schelpdier, geheel uit de Grevelingen verdwijnt. Van andere soorten, zoals de Gewone zeester en het Nonnetje, eveneens een schelpdier, bestaat de indruk, dat er weinig of geen voortplanting plaatsvindt, hoewel beide soorten nog voorkomen. Van sommige soorten bestaat de zekerheid dat ze zich in voldoende mate voortplanten: Oesters, Mossels, Kokkels, Wadslakjes, Fuikhoorns, Aliekruiken, Garnalen en vele andere. De inlaat/spuisluis in de Brouwersdam zal de situatie veranderen. Indien het Grevelingenmeer zout blijft, kan deze sluis zorgen voor rechtstreeks contact met het kustwater, zij het op beperkte schaal. Er valt thans nog niet bij benadering te voor-



b

merkt door min of meer grote schommelingen in allerlei chemische en biologische verschijnselen. Het inlaten van zeewater via de Brouwersdam zal voor het meer een nieuwe situatie scheppen, omdat via het inlaatwater ook vele organismen binnen kunnen komen. De eindsituatie van het meer kan thans nog niet voorspeld worden. Wel wordt nog menig interessante ontwikkeling verwacht, zowel in het aquatische als in het terrestrische milieu.

### Het terrestrische milieu

Door het wegvallen van het getij veranderde het milieu van de buitendijkse gebieden plotseling en ingrijpend. Dit kwam tot uiting in het verdwijnen van kenmerkende levensvormen uit het oorspronkelijke systeem en de ontwikkeling van nieuwe levensvormen op de vrijgekomen plaatsen. In het volgende



a. Puitaal

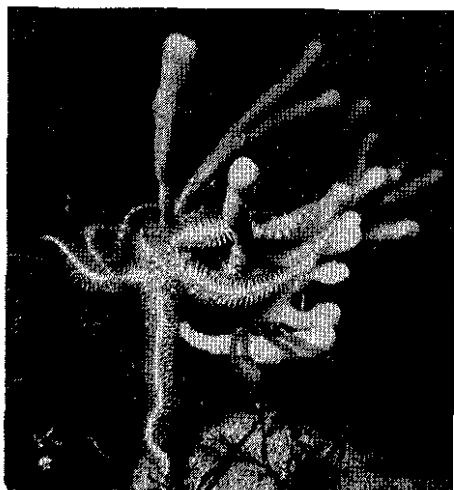
b. Zeedonderpad

c. *Heremietkreeft op Geweisspons*

d. Geweisspons met Brokkelster

Het aantal plantensoorten dat in dit milieu kan leven, is beperkt. Tot heden worden er vegetatie-zones aangetroffen die van elkaar te onderscheiden zijn in soortensamenstelling en bedekking.

De oeverzone is doorgaans nog onbegroeid, met uitzondering van een enkele Zeekraalplant. Wel bieden dikke veekpakketten de mogelijkheid tot het ontwikkelen van nieuwe vegetatietypen. Geleidelijk meer het land op vindt men een begroeiing van Zeekraal, die aanvankelijk spaarzaam was, maar thans van jaar tot jaar in dichtheid toeneemt en zich sprongsgewijs meerwaarts uitbreidt. Op de hogere delen in de nabijheid van het schor en op overstoven veekresten heeft Schorrekruid een goed vestigingsmilieu gevonden. Ook deze soort breidt zich met het dichter worden van de Zeekraalvegetatie meerwaarts



d

zal worden ingegaan op de vegetatie-ontwikkelingen die na de afsluiting hebben plaatsgevonden op de drooggevalen gebieden in het Grevelingenmeer. Per landschapseenheid zullen deze ontwikkelingen kort worden beschreven.

#### Lage op- en aanwassen

Deze gebieden, die liggen tussen N.A.P. - 20 cm tot + 50 cm, worden periodiek met meerwater overspoeld. Het meer kent namelijk *peilverschillen*, die worden veroorzaakt door neerslag en verdamping, doch ook door verhang, dat optreedt tijdens aanhoudende wind. Grote delen van de lage platen worden periodiek beïnvloed door opwaalend meerwater. Dit heeft tot gevolg, dat in de bodem een bovenlaag ontstaat met sterk wisselend zoutgehalte.

uit. Hierbij valt op, dat Schorrekruid voornamelijk groeit op minieme terreinverhogingen, bij voorbeeld op ingevangen zand achter een Zeekraalplantje. In 1974 werd geconstateerd dat zich vanuit het primaire schor en tussen de zogenaamde *Spartinaduintjes* plaatselijk massaal *Schijnspurriesoorten* meerwaarts uitbreiden. Op twee plaatsen is geconstateerd, dat ook Zeeaster zich vanaf het schor op het lage slik uitbreidt. De krekens en prielen die vanaf de oeverlijn diep het slik indringen worden nog omgeven door een onbegroeide zone, die geleidelijk overgaat in bovengenoemde vegetaties. De verdere ontwikkeling van de vegetatie zal mede afhankelijk zijn van de mate en frequentie van overspoeling, doch het huidige pionierstadium zal zich nog zeker verder ontwikkelen. Door het invangen van sedi-

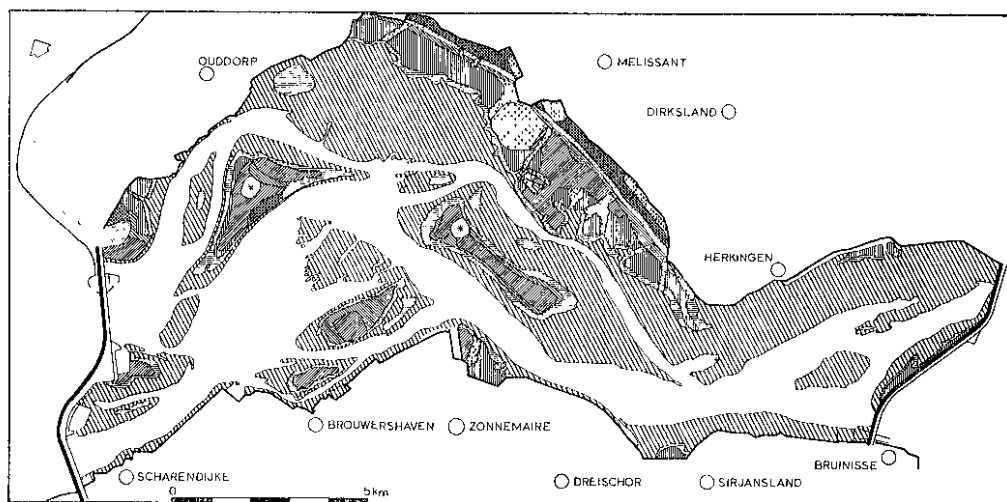


Fig 4 Landschapseenheden in het Grevelingenmeer

menten zal op den duur de invloed van het meerwater, mede door de weerstand van de toenemende vegetaties, geremd worden. Uiteindelijk zal een evenwichtssituatie ontstaan. De vegetatie zal zeker de eerste tijd een laag en kruidachtig karakter b'ijven behouden en veel zoutminnende en zout-tolerante soorten bevatten.

Dit grootschalige landschapstype wordt veel gevonden op de Slikken van Flakkee, de Slikken bij Battenoord, voor Dijkwater en Bommenede, tussen Springersgors en Preekhulpolder, en aan de noord- en noordoostzijde van respectievelijk de Hompelvoet en de Veermansplaat. Kreken worden, behalve op de Slikken van Flakkee, aangetroffen op de Slikken bij Bommenede

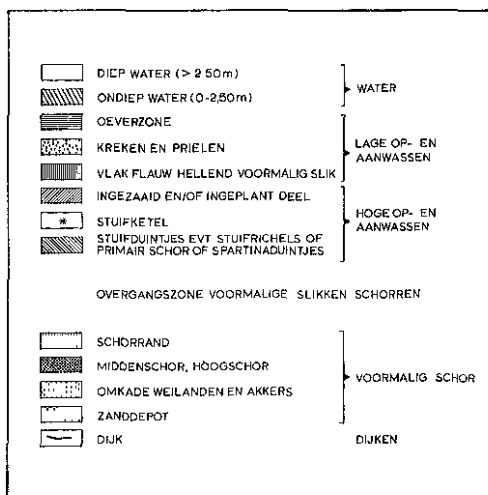
### De hoge op- en aanwassen

Dit zijn die delen van de drooggevalen zand-aanwassen en platen, die door hun ligging tussen N.A.P. + 50 cm en + 1 m voor altijd buiten de directe invloed van het meerwater zijn komen te liggen. Grenst zo'n hoger deel aan een geul van het meer, dan kunnen afslagoverranden ontstaan. Hoge op- en aanwassen treft men aan op het middendeel van de Slikken van Flakkee, de zuid- en noordwestoever van de Hompelvoet, delen van de noord- en westoever van de Veermansplaat en delen van de Stampersplaat, de Dwars-in-de-weg, de Kabbelaarsbank en de Slikken bij Bommenede

Door windinvloed kunnen grote delen van de oeverzone over een breedte van 100 m onder invloed van zout stuifwater komen te staan. De zoutinvloed wordt weerspiegeld in de soorten die men op dergelijke oeverzones

aantreft. Dit zijn op de lagere delen Zeekraal en meer hoger en landinwaarts voornamelijk Schorrekruid, Zeeaster, Schijnspurriesoorten, Loogkruid, Strandmelde, Ganzevoetsoorten, Rood zwenkgras, Melkkruid, Zeeraket, Herts-hoornweegbree en zo hier en daar Helm, Biestarwegras of Strandkweek. Deze vegetatie verkeert in een zodanig pionierstadlum, dat van enige relatie tussen de planten nog nauwelijks sprake is. De soortensamenstelling omvat vertegenwoordigers van uiteenlopende vegetatietypen. Een prognose over de ontwikkelingen is moeilijk te geven, doch het halofiele karakter zal blijven.

Op andere plaatsen is er een geleidelijke overgang van de lage naar de hoge delen. Voorbeelden hiervan zijn te vinden aan de noordoostkant van de Veermansplaat, de noordzijde van de Hompelvoet, delen van de Slikken van Bommenede, de Dwars-in-de-weg



en de Stampersplaat; op de Slikken van Flakkee vindt men enkele diepe inhammen. Deze gebieden liggen doorgaans aan de lijzide van de eilanden. Het is dan ook niet verwonderlijk dat het halofiele element op deze gebieden vrijwel ontbreekt, of alleen daar gevonden wordt waar de ontzilting nog niet geheel voltrokken is. Op die delen van de hogere op- en aanwassen die niet onder invloed staan van stuifwater en wel ontzilt zijn, hebben diverse soorten planten een grotere vestigingskans gehad. Soorten die hierop voor kunnen komen zijn: Loogkruid, Bleekgele droogbloem, Grote weegbree, Reukloze kamille, diverse Melkdistel- en Basterdwederiksoorten, Veldbeemdgras en Ruwbeemdgras, Rood zwenkgras, Fioringras, Engels raaigras, Riet en Duinriet, Krupende en Blaartrekkende boterbloem, Canadese fijnstraal, Klein kruiskruid, Akker- en Speerdistel, Klein hoefblad, Klein streepzaad, Paardbloem, Gewone raket, Spiesmelde en Rode klaver. Ook heeft hier en daar spontane onslag van houtige gewassen als Kruiplwilg, Boswilg, Schietwilg, Grauwe wilg, Katwilg en Duindoorn plaatsgevonden. In die gebieden waar zout kennelijk nog wel een rol speelt, zijn halofiele soorten zoals Zeeaster, Zilte schijnspurrie, Loogkruid, Hertschoornweegbree, Strandmelde, Melkkruid en Zeeraket aangetroffen.

Vrij kort na het droogvallen zijn stuifschermen van rijshout geplaatst. Hierdoor ontstonden hogere of lagere stuifrichels, waar op enkele plaatsen rijshout is uitgelopen en tot jonge Katwilg- en Schietwilgboompjes uitgegroeid. Om verdere duinvorming te stimuleren werd plaatselijk Helm of Biestarwegras ingeplant. Zeer grote oppervlakten van het gebied zijn

ingezaaid met een mengsel van eenjarige granen - Rogge of Gerst - en meerjarige grassoorten, zoals Engels raaigras, Veldbeemdgras, Rood zwenkgras, Rietzwenkgras, Ruwbeemdgras, Fioringras en hier en daar Witte klaver.

Uiteraard werden op deze wijze ook onbedoeld sommige andere planten ingevoerd, zoals Echte kamille, Vogelmuur, Eruca, Uitstaande melde en Hoornbloem.

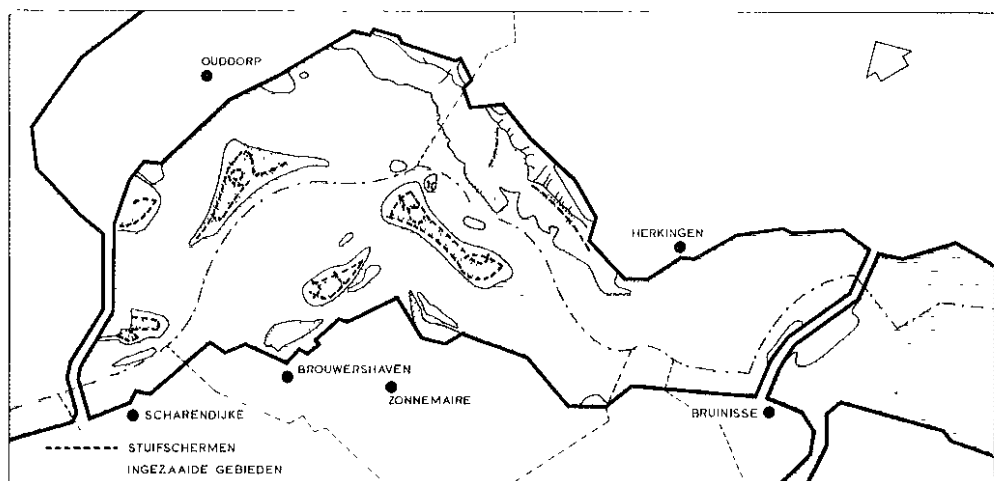
Door het ineggen van strobanen en het mechanisch inzaaien van graan/grasmengsels is de aanwezige geomorfologische differentiatie grotendeels genivelleerd en zijn potentieel waardevolle winderosieprocessen gestopt. Uitgestrekte vlakke gebieden zijn nu begroeid met een grasdek dat zeer eenvormig en tot op heden soortenarm is. Veelal zijn slechts de ingezaaide soorten opgekomen en dan nog wel uitsluitend op de zaairichels.

In de door de zaairichels ingesloten laagten heersen omstandigheden die ongunstig zijn voor nieuwe soorten of voor uitbreiding van aanwezige grassen op de richels. Hier treden onder meer grote vochtverschillen op door neerslag en verdamping met als gevolg dat de bovengrond dichtslemp. Vaak wordt in deze voren slechts Krulmos aangetroffen.

Vestiging van nieuwe soorten op de richels wordt ook bemoeilijkt door het zogenaamde massa-effect van de bestaande begroeiing. De menselijke ingrepen hebben een merkwaardig, maar uiterst onnatuurlijk patroon van zeer smalle banen of vierkantjes met grassen doen ontstaan. Soorten die zich hier en daar wel gevestigd hebben zijn Duindoorn (vooral op de Hompelvoet), Rode klaver, Gewone hoornbloem, Akkerdistel, Canadese fijnstraal, Reukloze kamille, Echte kamille, Klein kruiskruid, Ruwe melkdistel, Paardbloemssoorten, Klein hoefblad, Kropaar en op de gebieden met enige zoutinvloed Zeeaster, Spiesmelde, Stomp kweldergras en Zilte schijnspurrie.

Door extensieve beweiding kan in de toekomst meer differentiatie worden verwacht. Wogens de bezwaren die uit een oogpunt van milieubeheer tegen deze vervlakking bestaan, is op de Hompelvoet een deel van het ingezaaide plantendek weer met de bulldozer weggeschoven. Men riep daarmee bewust opnieuw verstuiwing op, met het doel de duinvorming te stimuleren en vochtige duinvalleien te creëren. De uitstuiwing op de Hompelvoet is niet verder gegaan dan de bovenste 15 cm. Toen was de concentratie scheipen aan de oppervlakte zo groot, dat de verstuiwing ophield.

Ook op de Veermansplaat is, door eggen van grote oppervlakten, de verstuiwing aan de



5

gang gehouden. Hier gaat de verstuing nog verder en zijn de duinrichels aangegroeid tot enkele meters hoog. De hoogte van de stuifduinen elders in het Grevelingenmeer overschrijdt slechts zelden de 1 tot 1½ m.

De begroeiing van de stuifgebieden is nog zeer ijl. Soorten die hier worden aangetroffen zijn Loogkruid, Bleekgele droogbloem, Strandmelde en Zeeraket. Op de nieuwe duinen wordt behalve Biestarwegras of Helm, ook Zeeraket, Klein kruiskruid, Knopherik, Reukloze kamille, Akkerdistel en Speerdistel aangetroffen.

Op de hoge op- en aanwassen kunnen, afhankelijk van inrichting en beheer, groot- of kleinschalige landschappen ontstaan met een open of parkachtig karakter. Dit kunnen bij voorbeeld lage kruidachtige, struweelachtige of bosachtige vegetaties zijn. Door de veelheid van mogelijkheden is een prognose moeilijk te geven.

*De overgangszone van zandplaat naar schor* wordt gekenmerkt door de aanwezigheid van primair schor of van Spartinaduintjes, die zijn ontstaan doordat pollen van de pioniersoort Engels slijkgras (*Spartina*) na de afsluiting zand hebben ingevangen. Dit landschapstype komt alleen voor op de Slikken van Flakkee. Vegetatiekundig vormen deze duintjes nog geen eenheid; ze bestaan uit een veelheid van typen. In 1972 werden er 60 soorten hogere planten op aangetroffen. Slechts Zeeaster, Spiesmelde, drie soorten Kweldergras, Krulmos, Zeekraal, Klein kruiskruid, Engels slijkgras en Schorrekruid kwamen op meer dan één plaats in overvloed voor. In 1973 werden ongeveer even veel soorten aangetroffen, doch vele van de zout-indicerende plantensoorten kwamen toen in geringere

hoeveelheden voor. Op de duintjes zelf worden verschillende vegetatiezones onderscheiden.

Tussen de Spartinaduintjes op het slik ontwikkelden zich vegetaties waarin bij voorbeeld Zeekraal, Zilte schijnspurrie, Zeeaster en zo hier en daar Kruiskruid of Schorrekruid overheersten. Op de duintjes, die zijn vastgelegd door inzaai, worden momenteel geen andere dan de ingezaaide soorten aangetroffen. De Spartinaduintjes rond het schor op de Hompelvoet zijn thans begroeid met Helm en Biestarwegras.

### De voormalige schorren

In het Grevelingenmeer worden voormalige schorren aangetroffen op het Springergors, de Slikken van Flakkee en aan de zuidzijde van de Hompelvoet. Ze liggen op hoogten tussen N.A.P. + 1,30 en 2 m. Er bestaan van ouds onderling grote verschillen in ouderdom, opbouw, expositie, voormalig en huidig gebruik en menselijke beïnvloeding en daaruit resulterende levensgemeenschappen, waarvan de vegetatie een opvallende exponent is. Een min of meer spontane ontwikkeling van de vegetatie vindt op het ogenblik plaats op het Springergors, de noordelijke Slikken van Flakkee en de Hompelvoet. De zuidelijke schorren van de Slikken van Flakkee zijn grotendeels beweide; ook op de noordelijke schorren was menselijke invloed reeds voor de afsluiting aanwezig.

Delen van het schor werden voornamelijk met schapen en jongvee beweide. Om aanslibbing te bevorderen en betere ontwatering te verkrijgen, werden sommige delen begreppeld. Op verschillende plaatsen langs de dijk is ten behoeve van dijkbouw op de hogere delen

Fig. 5. Plaats van stuifschermen en ingezaaide gebieden in het Grevelingenmeer

Fig. 6. Patroon en doorsnede van zaairichels

Fig. 7. Vegetatiezones op Spartina diutjes. a, b en c zijn verschillende vegetatiezones. De arceringen duiden zoutgehaltes aan

Fig. 8. Indeling van de verschillende komgebieden van de schorren van het noordelijk deel van de Slikken van Flakkee



ZAAIRICHELS 15 x 15 cm.

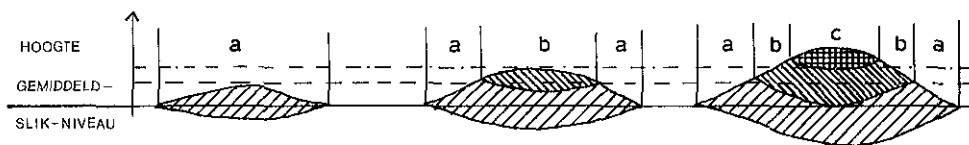
BOVENAANZICHT ZAAIRICHELS



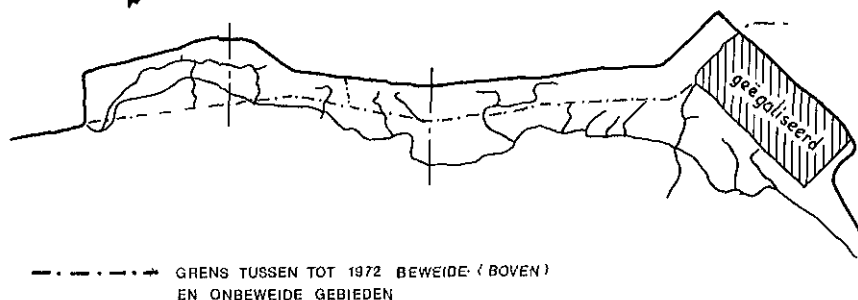
15 cm.

DOORSNEDE VAN 2 ZAAIRICHELS MET  
TUSSENLIIGEND GEBIED

6



7



--- GRENS TUSSEN TOT 1972 BEWEIDE (BOVEN)  
EN ONBEWEIDE GEBIEDEN

8

klei gewonnen. Een deel van de hoge schorren was reeds omkaaid en als grasland in gebruik.

Na de afsluiting is de menselijke invloed vooral op de zuidelijke Slikken van Flakkee toegenomen. Grote delen zijn daar in cultuur gebracht. Er werd geëgaliseerd of gescheurd en ingezaaid ten behoeve van akker- en weidebouw. Bovendien werd plaatselijk bespoten met groeistof, waardoor de vegetatie duidelijk groeiwijkingen vertoont. Hierna volgt eerst een korte karakteristiek van de vegetatie-ontwikkeling op het jonge schor van de Hompelvoet; daarna wordt nader ingegaan op de ontwikkelingen die hebben plaats gevonden op de schorren van het noordelijk deel van de Slikken van Flakkee. Het stukje schor op de Hompelvoet bevat nog een groot aantal soorten zoutplanten zoals

Zeeaster, Melkkruid, Kweidergrassoorten, Gewone zoutmelde, Strandzoutgras, Lamsoor, Rood zwenkgras en Fioringras.

De gevolgen van het wegvallen van het getij zijn echter ook hier in de vegetatie goed merkbaar. Naast de zoutminnende planten worden in dit gebied in aanzienlijke hoeveelheden aangetroffen: Vogelmuur, Witbol, Gewone raket, Rode ganzervoet, Schapezuring, Harig wilgeroosje, Gewone en Akkermelkdistel, Zwarte nachtschade, Paardebloem, Knopherik, Paarse dovenetel en Hondsdraf, terwijl Grote en Kleine brandnetel hoofdzakelijk en Akkerdistel uitsluitend aan de randen groeien.

De ontwikkelingen op de schorren aan de noordzijde van de Slikken van Flakkee zijn zeer gecompliceerd. We treffen daar, van de dijk naar de voormalige slikken gaande, een

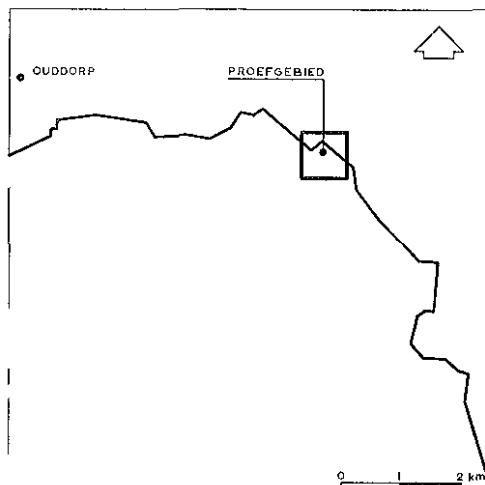
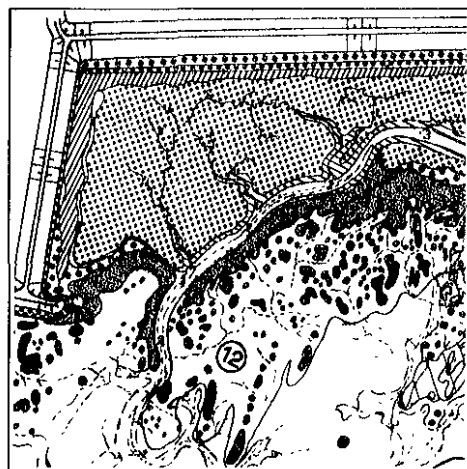


Fig. 9. Proefgebied voor ecologisch onderzoek in 1973

- a. Pioniervegetatie van jonge Zeekraalplantjes op de lage zandige aanwassen
- b. Zaaipatroon op de zandige lage aanwassen



- KOMMEN
- WEINIG ONTWIKKELDE OEVERWALLEN
- ZEER ZWAK ONTWIKKELDE OEVERWALLEN
- SCHORRAND
- SPARTINADUINTJES
- SLIK
- KLEIPUTTEN
- KREKEN



aantal opeenvolgende zones aan; eerst hoge oude schorren, dan een middenschor met kommen, kreken en oeverwallen en ten slotte een schorrand die zich ten tijde van de afsluiting op vele plaatsen nog in een primair stadium bevond.

Van noord naar zuid werden een drietal gebieden onderscheiden, die als volgt gekenmerkt kunnen worden. Het *meest noordelijke deel* ligt vrij laag; voor de afsluiting kwam er veel veek terech, omdat het in een luwe hoek lag. Het werd beweide tot 1972. De beweiding was selectief, alleen de hogere delen, de oeverwallen, werden afgegraasd. Er was niet begreppeld.

Op het *middendeel* ontbreken de kommen en oeverwallen voor een deel, omdat de schorrand op vele plaatsen tot aan de dijk doorloopt.

loopt. Ter weerszijden van dit deel van het schor liggen relatief veel laag gelegen plekken. Dit is dan ook het gebied met de grootste kreekdichtheid, namelijk 350 m/ha. Tot 1972 heeft hier beweiding plaatsgevonden. Het gebied is niet begreppeld.

In het *meest zuidelijk deel* vinden we komgebieden die beweide zijn geweest, en andere die niet beweide zijn geweest. Alleen de beweide zijn begreppeld. Men vindt deze kommen in een strook langs de dijk. Zij liggen tevens hoger dan de onbeweide kommen.

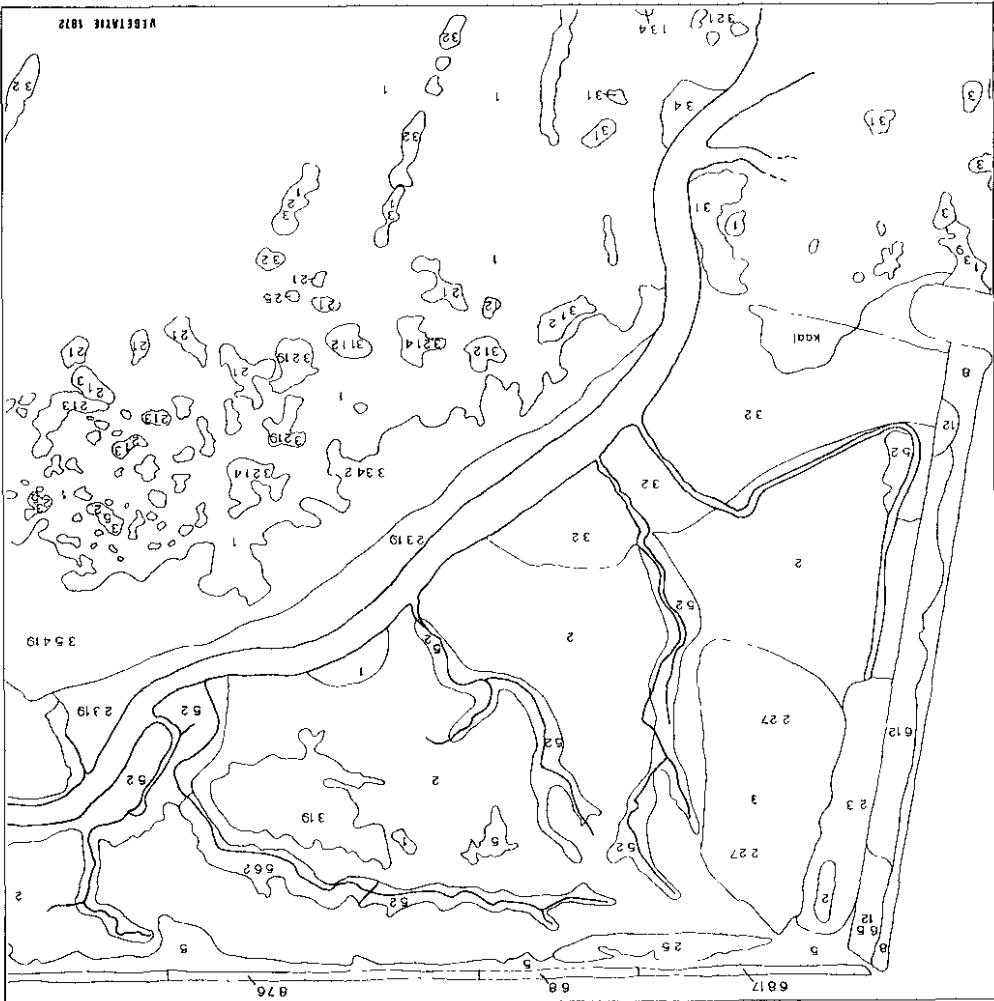
Het verschil in vegetatie tussen de verschillende kommen is zeer groot, hetgeen tot uiting komt in scherpe grenzen. Aangezien zowel hoogteligging als beweiding van invloed waren op de huidige vegetatie, kan dit ver-

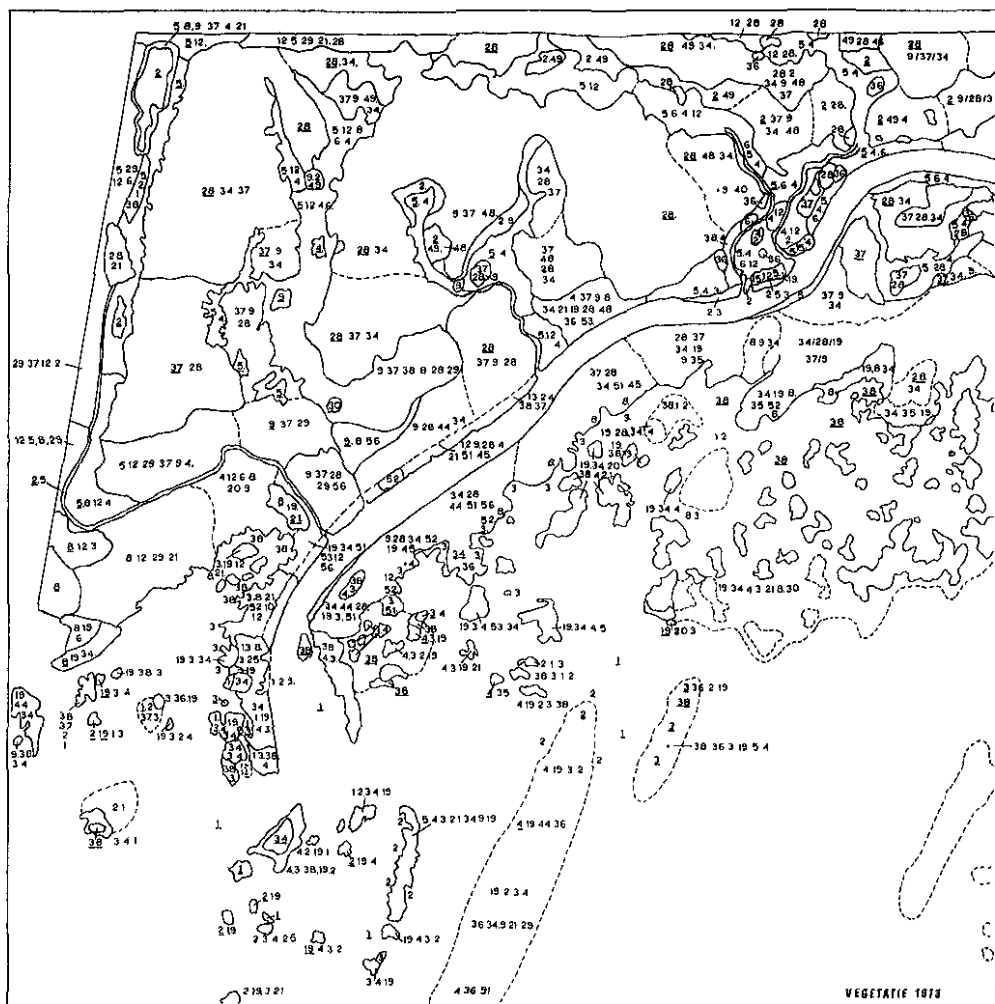
Fig. 10. Vergelijking van de vegetaties in het proefgebied van 1872 en 1873 aan de hand van luchtfoto's. Voorbeeld van een detailonderzoek op een proefgebied op het noordelijk deel van de Slikken van Flakkee

### Toelichting

Elke onderscheiden vegetatie-eenheid wordt gecodeerd weergegeven met cijfers 1 t/m 64. Elk cijfer staat voor een bepaalde plantensoort. Bijvoorbeeld 1 Zeekraal, 2 Schorrekruid, 3 Engels slijkgras, 4 Zee-aster, 5 Kweldergras, 15 Gerande schijnspurrie, 28 Akkerdistel, 34 Basterdwede-riksort, 37 Strandmelde, 40 Grote brandnetel. De dominante soort in een eenheid wordt als eerste vermeld en onderstreept. De overige soorten zijn in volg-

orde van afnemende betekenis weergegeven. Door de vegetatie op een vast proefveld jaarlijks te bestuderen krijgt men een inzicht in de verschuivingen in de vegetatiepatronen en in de daarmee samenhangende ontwikkelingen. Uit het voorbeeld blijkt dat steeds meer ook niet zoutminnende soorten een rol gaan spelen. De vegetatie wordt gecompliceerder, en de patronen vormen meer en meer een mozaiek. Veel grenzen die in het oude systeem scherp waren, zijn vernield onder invloed van het getij, vervagen.





schil moeilijk worden toegeschreven aan één bepaalde factor.

Deze grote basis-variatie leidt tot een veelheid van mogelijkheden voor de ontwikkeling van levensgemeenschappen.

De schorrand was oorspronkelijk op de beweelde delen voornamelijk begroeid met Kweldergras, en op de onbeweelde delen met Zeeaster. Doorgaans werden in de niet begreppelde kommen vegetaties van Engels slijkgras aangetroffen met aan de randen Schorrekruid en Zeeaster. De begreppelde en beweelde kommen hadden een vegetatie van Kweldergrassoorten, Zilte rus en Zeekraal. De zandige goed ontwikkelde oeverwallen waren van boven naar beneden begroeid met respectievelijk Rood zwenkgras, Gewone zoutmelde en Kweldergras. De randen van de kreken bevatten bovendien

Zeeaster, Schorrekruid en Zeekraal. De hoge schorren waren voornamelijk begroeid met Strandkweek, Rood zwenkgras en Kweldergrassoorten.

Uit nauwkeurige studie van enkele proefgebieden zijn de belangrijkste differentiërende kenmerken naar voren gekomen die ten grondslag liggen aan de ruimtelijke variatie in de vegetatiezones en vegetatiepatronen. Als zodanig gelden: de hoogteligging, de lutumpercentages (35–20%, 25–17%, 17–5%, 3–1½%), de variabiliteit in de grondwaterstand, de saliniteit van de bodem, het organische-stikstofgehalte van de bodem, de beweiding en begreppeling en de mate en frequentie van overspoeling door het zoute water van het Grevelingenmeer.

Andere factoren die een belangrijke rol gespeeld moeten hebben, zijn bijvoorbeeld de

meteorologische omstandigheden, die immers gevolgen hebben voor de ontzilting, de zaadverspreiding, de verschillende kiemingskansen, enzovoorts.

Omdat hierover geen vergelijkend onderzoeksmateriaal aanwezig is, kunnen er weinig uitspraken over gedaan worden.

Op de noordelijke schorren van Flakkee zijn in 1973 124 soorten hogere planten aangetroffen, waaronder 35 die in 1973 nieuw waren, zoals Grote engelwortel, Strandbiet, Heggerank, Aardbei, Bereklauw, Italiaans raaigras, Adelaarsvaren en Egelantier.

Twaalf soorten werden in 1973 niet meer gevonden, waaronder Knikkend tandzaad, Kwispelgerst, Bleek kweldergras en Moerasandijvie.

Aan houtige soorten werden aangetroffen Duindoorn, Vogelkers (?), Egelantier, Braam, Boswilg, Kruiplwilg en diverse wilgebastaarden, Vlier en Bitterzoet.

De soortensamenstelling is nog niet constant. Verwacht moet worden, dat er nog vele soorten zullen verdwijnen, doch ook dat er een aantal nieuwe voor in de plaats zullen komen. Opvallend is dat de meeste soorten die op de schorren onder getijde-omstandigheden voorkwamen tot op heden nog steeds en vaak overvloedig worden aangetroffen. Soorten als Engels slijkgras en Schorrekruid overheersen op het schor echter vrijwel nergens meer, en zijn over het geheel gezien in 1974 bijna verdwenen. Van noord naar zuid overheersten in 1972 nog respectievelijk Schorrekruid, Kweldergras, Zeeaster en Engels slijkgras. Op het beweide gebied waren toen aanvankelijk afwisselend Kweldergras en Zeeaster de meest voorkomende soorten. In 1974 blijkt Kweldergras het belangrijkste te worden. Op het onbeweide gedeelte waren combinaties van Zeeaster en Engels slijkgras het belangrijkste.

In 1973 zien we een ontwikkeling van de vegetatie die voortbouwt op de in 1972 aanwezige verschillen. Hierbij kan het volgende worden opgemerkt. Het type vegetatie dat voorkwam in de lagere kommen van het meest noordelijke gebied is in zijn geheel veranderd. Het grove patroon van voornamelijk door Schorrekruid gedomineerde vegetatie van 1972 is iets verfijnder geworden. De nieuwe vegetaties omvatten precies de grenzen van de voormalige Schorrekruidbegroeiing. Sterk nitrofiele soorten hebben de plaats van Schorrekruid ingenomen. Dit was mogelijk door de voortgeschreden ontzilting van de bovengrond, alsmede het hoge organische-stofpercentage. Daarnaast zal de



a. Oud Spartinaduintje, waarop de oorspronkelijke halofiele vegetatie grotendeels heeft plaats gemaakt voor andere soorten

b. Ingevangen zand in een strook ingeplante Helm. Tussen de Helm zijn enkele Zeekraalplantjes opgekomen

c. Spartinaduintje. Het Engels slijkgras op de voorgrond heeft zand ingevangen. Naarmate het duintje groeit, sterft het Engels slijkgras af, en maakt plaats voor bijvoorbeeld Schorrekruid, Zeeaster en Melde-soorten, die te zien zijn op de achtergrond

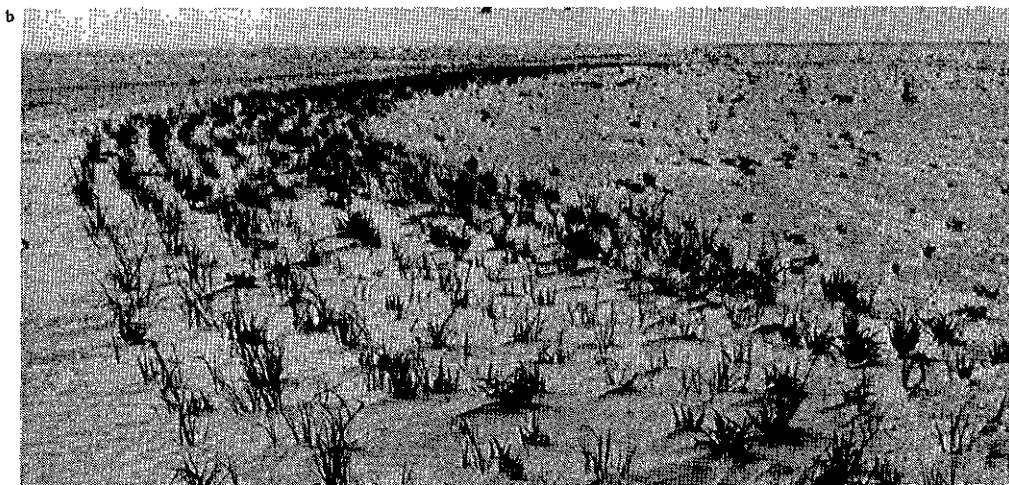


mogelijkheid tot kieming hier groter zijn geweest dan elders, omdat Schorrekruid in het najaar afsterft en een kale bodem achterlaat en zelf pas laat in het seizoen tot wasdom komt. Bij de voortgeschreden ontzilting tot het niveau waarop Akkerdistel, Strandmelde en Spiesmelde konden kiemen, vonden deze kiemplantjes een kale bodem en konden zich ongestoord ontwikkelen.

Een heel andere situatie treffen we aan op de wat hogere gronden die beweid werden. De door beweiding ontstane Kweldergrasmat heeft nauwelijks kiemgelegenheid geboden aan andere planten. Vandaar dat het vegetatie-patroon op de hogere bewelde gronden, die van eenzelfde zwaarte zijn als de noordelijke kommen, nauwelijks veranderd is. Kweldergras is gaan domineren behalve in een paar lagere gebieden, die waarschijnlijk

van 1972 heeft de vegetatie er nauwelijks veranderingen ondergaan. Plaatselijk heeft Gewone Zoutmelde soorten als Kweldergras en Schorrekruid geheel verdrongen. Dit moeten we toeschrijven aan de betere doorluchting van de grond, gevolg van het wegvallen van de getijdebeweging. Verder stond de bedekking van de grond het kiemen van andere soorten in de weg. Op de lagere oeverwallen, waar de invloed van het zoute water het grootst was, hebben waarschijnlijk de geringe dichtheid van de vegetatie in 1972 en een snelle ontzilting er sterk toe bijgedragen, dat er zich vele nieuwe soorten konden vestigen.

Op de voornamelijk zandige bodem van de *schorrand* hebben zich de meest soortenrijke vegetaties van het gehele noordelijke deel van de schorren van Flakkee ont-



te nat waren en/of kapotgetrapt waren. Op deze plekken treffen we veelal Akkerdistel, Strandmelde, Akkermelkdistel en Basterdwederiksoorten aan.

In de lagere en zanderige kommen is Engels slijkgras geheel verdwenen. Zeeaster heeft zich zeer sterk uitgebreid. Het patroon van de vegetatie is, wat betreft grootte en vorm van de gekarteerde eenheden, nauwelijks veranderd geworden.

Daar waar het schor het verst ontwikkeld is, zijn ook de oeverwallen het hoogst en wat de vegetatie betreft het best ontwikkeld.

Op de lage oeverwallen in het noorden bevond zich daarom geen normale oeverwalbegroeiing. Op deze lage oeverwallen is in 1973 een veelheid van vegetatietypen ontstaan. Op de hogere oeverwallen vertoont de vegetatie een veel constanter beeld. Ten opzichte

wikkeld. Snelle doorluchting en ontzilting van de bodem is daar de oorzaak van geweest; ook konden er door de geringe begroeiing na de afsluiting allerlei zaden kiemen, niet gehinderd door een bestaand vegetatiedek.

In 1972 werd de gehele schorrand gekenmerkt door het frequent voorkomen van Engels slijkgras. Van noord naar zuid gaande overheersten in 1972 achtereenvolgens de volgende soorten en combinaties: Schorrekruid en Krulmos; Zeeaster en Kweldergras; Zeekraal; Zeeaster; Kweldergras als meest frequent voorkomend en dominant met Zeeaster. In 1973 blijkt Engels slijkgras, op wat lage randjes na, vrijwel verdwenen.

In de gevarieerde vegetatie die hieruit is ontstaan, zijn Basterdwederiksoorten in deze zone het belangrijkste geworden.



Afgestorven Engels slijkgras blijkt deze soorten een goede vestigingsmogelijkheid te bieden. Op de noordelijke helft komt ook hier Adelaarsvaren voor. Ongeveer waar deze ophoudt begint de Zeeaster belangrijk te worden. Op het meest zuidelijke stuk neemt Kweldergras een belangrijke plaats in. In deze schorrand-zone blijkt de patroonsverandering relatief het grootst te zijn, dat wil zeggen dat de verfijning er is toegenomen. Daarnaast zijn er veelal vegetatie-zones te onderscheiden, hetgeen in 1972 op een dergelijke fijne schaal niet het geval was. Aangezien de diverse schorregebieden in het Grevelingenmeer grote onderlinge verschillen in basismilieu vertonen, zal ook de vegetatie-ontwikkeling op elk van deze gebieden verschillen vertonen.

Naast de standplaatsfactoren is de aanvoer van zaden, wortelstokken of andere levenskrachtige delen van planten van invloed op de ontwikkeling van de vegetatie. De kiemingsvoorwaarden voor aangevoerde zaden kunnen van plek tot plek zeer sterk verschillen. Hierdoor is het mogelijk dat zelfs algemene plantensoorten soms maar plaatselijk voorkomen.

Prognoses omtrent de successie zijn in het huidige stadium van onderzoek niet met zekerheid te geven.

Op het Springersgors zal de nabijheid van duinen en duinvegetaties van grote invloed kunnen zijn op de vegetatieontwikkeling. Terwijl de aanvoer van zaden van duinplanten relatief groot is, heeft konijnenvraat een enigszins remmende invloed op de vestiging en uitgroei van onder meer Vlier.

In scherpe tegenstelling hiermee staat het jonge schor op de Hompelvoet. De aanvoer

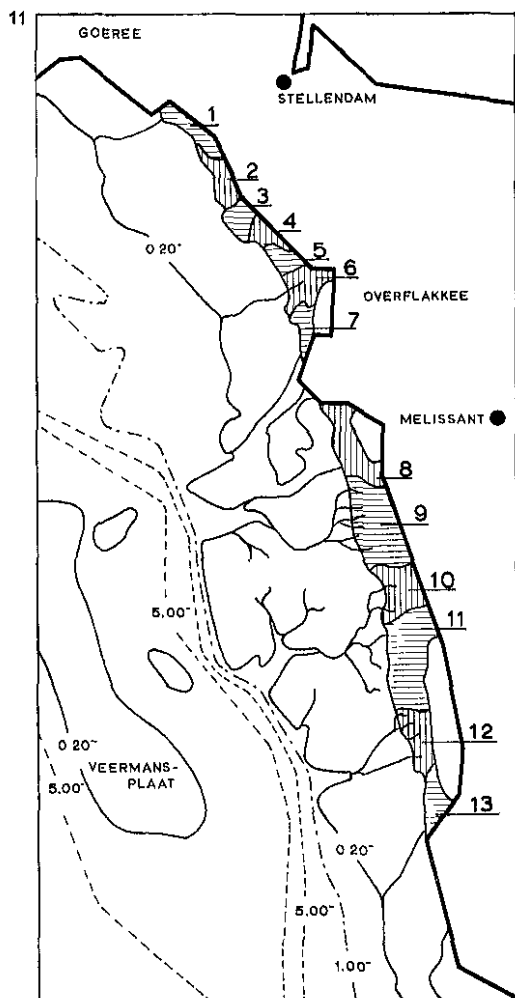
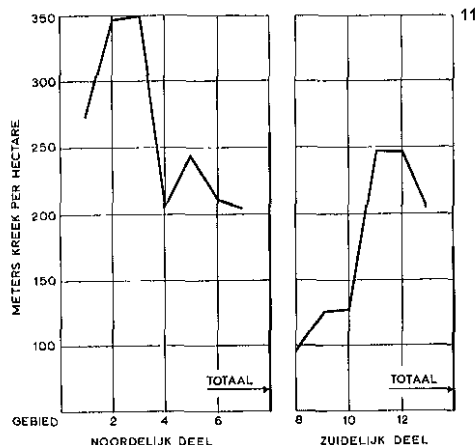
van zaden is hier aanzienlijk beperkter, terwijl vraat ontbreekt. Geleidelijk zal de oorspronkelijke zoutvegetatie plaats maken voor zouttolerante en daarna zoutmijdende soorten. Houtige gewassen zullen aanvankelijk in beperkte mate voorkomen.

Op de noordelijke schorren van de Slikken van Flakkee kunnen na de eerste periode van een kruidachtige vegetatie pionierstruwelen worden verwacht, bij voorbeeld Wilgenstruweel. Voedselrijkdom, textuur, zoutgehalte en dynamiek werken daarbij selecterend. Onderscheid moet worden gemaakt tussen de slibrijke en voedselrijke zandbodems en de voedselarme, hoge droge zandgronden. Struwelen op deze laatste gronden zullen misschien verwantschap vertonen met het verbond van Zomer- en Wintereik, waartoe het Eiken-berkenbos, het Beuken-eikenbos en het Duin-eikenbos behoren.

Op de kalkrijke, vochtige en enigszins humeuze zandgronden zullen voornamelijk typen voorkomen uit het verbond der Wilgen-vloedstruwelen en -bossen. In de huidige vegetatie worden al differentiërende en kensoorten gevonden – Brunel, Heggerank, Heelblaadjes en Kruiwilg –, die wijzen op een ontwikkeling in de richting van de associatie van Kruiwilg en Bitterwilg en typen uit de Vlieren-orde. Deze laatste volgen in successie op levensgemeenschappen van de Wilgenroosjesklasse en de Bijvoetklasse. In de stikstofrijke, kleiige kommen ontwikkelen zich wellicht vanuit het Koebraamstruweel typen met soorten als Kardinaalsmuts, Gelderse roos, Liguster, Ratelpopulier, Dauwbraam, Duinriet, Bitterzoet, Fioringras, Witbol enzovoorts.

Stuifduintje met Helm. Ook de lage Zee kraalplanten op de voorgrond kunnen zand invangen, en zo duinvorming stimuleren.

Fig. 11. Kreekdichtheid per ha in verschillende gebieden van het voormalig schor op de Slikken van Flakkee



Ook vogels kunnen meewerken aan de ontwikkeling van struwelen, vooral door verspreiding van Meidoorn, Duindoorn, Liguster, Gelderse roos, Bramen- en Rozensoorten. De zuidelijke schorren van de Slikken van Flakkee zijn grotendeels beweide. Als gevolg hiervan zullen enerzijds enkele zoutminnende soorten als Zilte rus of Kweldergras en in lagere delen bij voorbeeld Zeekraal zich relatief lang kunnen handhaven; Zeeaster, Strandzoutgras en Gewone zoutmelde zullen wellicht spoedig verdwijnen, omdat ze beweiding slecht verdragen. Het landschap zal onder voortgezette beweiding een laag, open en kruidachtig karakter behouden. Houtige gewassen als bij voorbeeld Meidoorn zullen er voorlopig slechts in beperkte mate kunnen opslaan.

Nogmaals zij het speculatieve karakter van een dergelijke prognose onderstreept, omdat gegevens omtrent vergelijkbare ontwikkelingen niet in voldoende mate voorhanden zijn.

Na de afsluiting viel de periodieke overspoeling weg en daarmee ook de dominerende factor zout. Doordat nu processen als aëratie, ontzilting, bodemrijping, mineralisatie en verstuiving op gang kwam en op de abiotische factoren (textuur, structuur, hoogteligging, expositie, voedselrijkdom) inwerkten, kon in de buitendijkse gebieden een grote variatie aan milieutypen ontstaan. Deze differentiatie neemt nog toe.

Hierdoor zijn de voorwaarden geschapen voor een grote variatie in oeco-typen. Vanuit de diverse pioniergemeenschappen zal vrij spoedig de successie naar meer stabiele levensgemeenschappen inzetten. De grootte

van de opgetreden milieuschok zal evenwel bepalend zijn voor de duur en omvang van storingseffecten in diverse levensgemeenschappen.

Op de lagere delen begint zich een halofiele pioniersvegetatie te ontwikkelen van voornamelijk Zeekraal. Op minieme terreinverhogingen (overstoven veek) heeft zich Schorrekruid gevestigd.

Op de voormalige schorren zijn nog veel restanten van de oorspronkelijke vegetatie te vinden. In deze gebieden was de menselijke invloed reeds voor de afsluiting vrij groot, hetgeen ook in de vegetatie tot uiting kwam. Waar beweiding heeft plaatsgevonden zijn soorten als Roodzwenkgras, Kweldergras, Zilte Rus bevoordeeld, terwijl bijvoorbeeld Gewone zoutmelde en Zeeaster benadeeld worden. In de kommen van de schorren

heeft de grootste verandering plaatsgevonden. De oorspronkelijke vegetatie van Engels slijkgras is vervangen door een vegetatie waar Schorrekruid domineerde. Deze heeft bij voortgaande aëratie en ontzilting plaats gemaakt voor een plantendek waarin Basterdwederiksoorten en Akkerdistel overheersen. Daartussen echter zijn vele andere soorten opgeslagen, waaronder reeds enkele houtige gewassen als diverse Wilge-soorten, Vlier en Duindoorn. De vegetatie op de hogere, goed ontwikkelde oeverwallen heeft relatief weinig verandering ondergaan. Op lagere oeverwallen, waar de invloed van het zoute water groot is geweest, heeft zich een veelheid van vegetatietypen ontwikkeld. De voornamelijk zandige schorrand is snel geaëreerd en ontzilt. Hier is een vaak soortenrijke begroeiing ontstaan, waarin diverse



Bij aanhoudende wind uit één richting kunnen grote delen van de lage op- en aanwassen overspoeld worden met een dunne laag meerwater

vegetatietypen naast en door elkaar voorkomen.

Verwacht mag worden, dat uit de veelheid van milieutypen op de verschillende gebieden in het Grevelingenmeer een grote variatie aan levensgemeenschappen zal voortkomen. Prognoses hierover zijn, in dit stadium van ontwikkeling, slechts onder voorbehoud te geven. Het zoutminnende karakter zal plaatselijk soms grootschalig gehandhaafd blijven, vooral daar waar invloed van het meerwater of een geringe ontzilting blijvend aanwezig is. Op andere plaatsen ontstaan kruidachtige vegetaties, die als ze niet beweid worden, zich via een grote verscheidenheid van struweeltypen zullen ontwikkelen tot bosvegetaties.

De ondiepe gebieden in het Grevelingenmeer bleiden grote mogelijkheden voor de ontwikkeling van levensgemeenschappen; voor een belangrijk deel dragen ze bij tot de natuurwaarde van het bekken onder de nieuwe omstandigheden. Ook bij de inrichting van het meer ten behoeve van de mens is de aandacht sterk gericht op de oevers en ondiepe gebieden.

In dit artikel wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste elementen die de waarde van de ondiepe gebieden bepalen. De gegevens werden voornamelijk ontleend aan een studie die hierover werd verricht in samenwerking tussen het Rijksinstituut voor Natuurbeheer, het Delta Instituut voor Hydrobiologisch onderzoek en de afdeling Milieu-Onderzoek van de Deltadienst.

Voor het Brouwershavense Gat werd afgesloten zijn als gevolg van de getijdebeweging door sedimentatie en erosie op- en aanwassen gevormd, onderling gescheiden door geulen. Deze zandplaten en slikken zijn na de afsluiting permanent deels onder en deels boven water komen te liggen. Bij het huidige streefpeil van N.A.P. - 0,20 m ligt ongeveer 4800 ha van de op- en aanwassen blijvend onder water. Dit zijn de ondiepe gebieden, van 0 tot 2,50 m onder de zeespiegel, waarvan we in dit artikel de uitzonderlijke waarde bespreken.

Na de afsluiting traden ondanks het wegvallen van het getij toch nog een aantal veranderingen op door erosie en sedimentatie als gevolg van wind en golfslag en door vegetatievestigingen. Plaatselijk trad veel erosie op, vooral op platen die grenzen aan geulen. Op de oever zijn deze erosiegevoelige plaatsen doorgaans herkenbaar aan stelle afslagranden. In de vooroever treden ook nu nog aanzienlijke sedimenttransporten op, waardoor hafvorming en vorming van richels en eilandjes wordt bevorderd, die ieder op zich belangrijk zijn als bijdrage aan de differentiatieverhoging in het gehele gebied. Uiteindelijk zal zich een nieuw evenwicht instellen, dat mede bepaald wordt door de zich ontwikkelende levensgemeenschappen en de resten van afgestorven organismen zoals Schelpen, Zeesla en Zeegras. De organische resten versnellen het bereiken van een stabiele situatie, onder meer doordat ze de bodemdeeltjes vastleggen. Bovendien zullen ze een bijdrage leveren aan een grotere diversiteit onder water en langs de oever. De wording van het nieuwe kustlandschap en de nieuwe processen in het algemeen zijn op

## De natuurwetenschappelijke waarde van de ondiepe gebieden in het Grevelingenmeer

zich in natuurwetenschappelijk opzicht al interessant. De vorm van het onderwaterlandschap is waardevol als relict van het oude getijdesysteem.

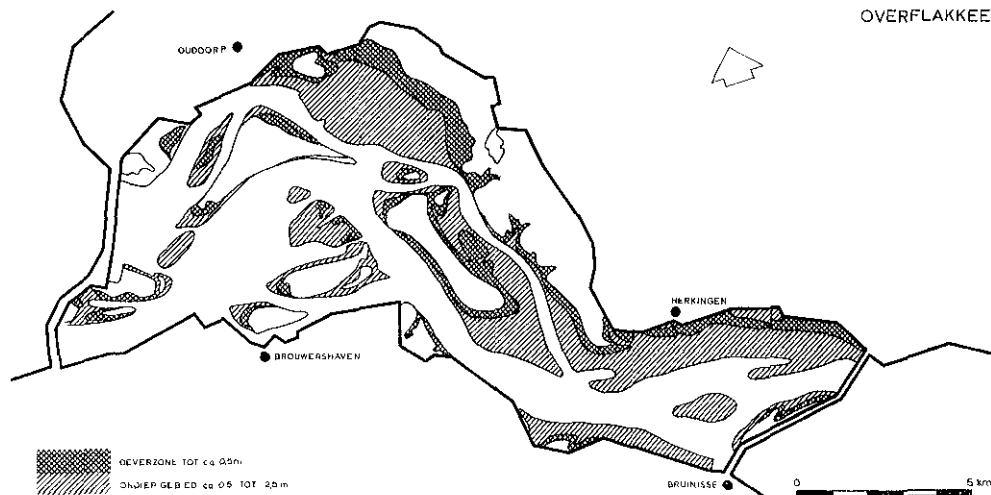
De bodem van de ondiepe delen is zeer gevarieerd van samenstelling. Van ouds werd als gevolg van getijbeweging in het westelijk deel van het Grevelingenbekken grof zand afgezet. In het oostelijk deel van het bekken en op luwe plaatsen achter de zandplaten de Hompelvoet en de Veersmansplaat alsmede bij de Punt en op de ondiepten langs de noordelijke Slikken van Flakkee kwamen vooral fijn zand en slib tot sedimentatie.

Nu het getij is weggefallen vindt vrijwel overal sedimentatie plaats van fijn zand, slib en detritus. Doch ook nu nog spelen de expositie en de diepte van de vooroever daarbij een belangrijke rol. Ook de verschillen in snelheid van de onderwaterstroming, die optreden afhankelijk van de windkracht, de windrichting en de geomorfologie van het bekken, zijn van belang voor de afzetting van deeltjes. Daarnaast veroorzaakt plantengroei stroomremming en bevordert daardoor de sedimentatie. Ook dieren, met name de sedimenteters, dragen bij tot het proces: zij comprimeren detritus en verlagen het gehalte aan organische stof.

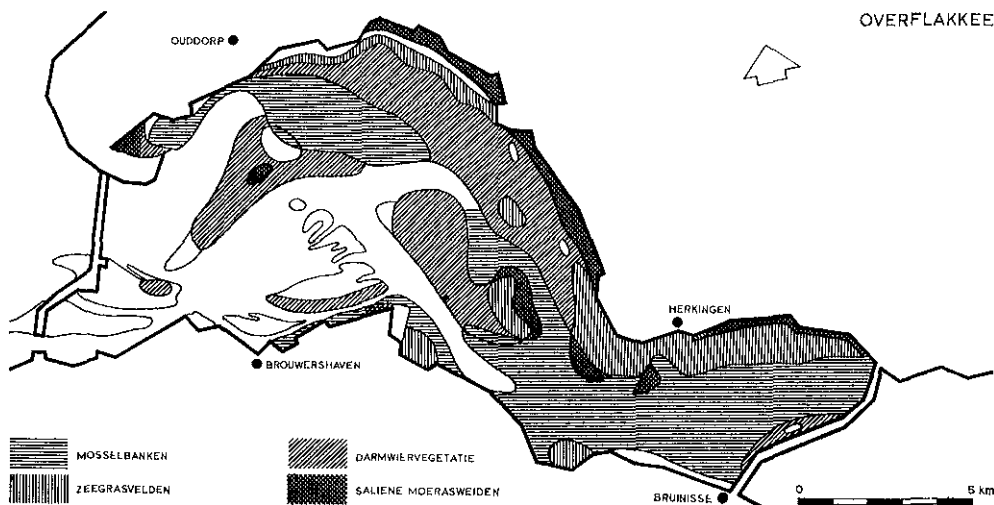
Al deze verschillende factoren veroorzaken de uiteindelijke differentiatie op de bodem van het bekken en dus ook op de ondiepe delen. Ook hier zal ten slotte een evenwichtssituatie worden bereikt. De thans nog steeds toenemende differentiatie, die de basis vormt voor diversiteit in soortensamenstelling van de levensgemeenschap in de toekomst, wordt als zeer waardevol beschouwd.

Voor de afsluiting is op de thans onder ondiep

## OVERFLAKKEE



## OVERFLAKKEE



## OVERFLAKKEE

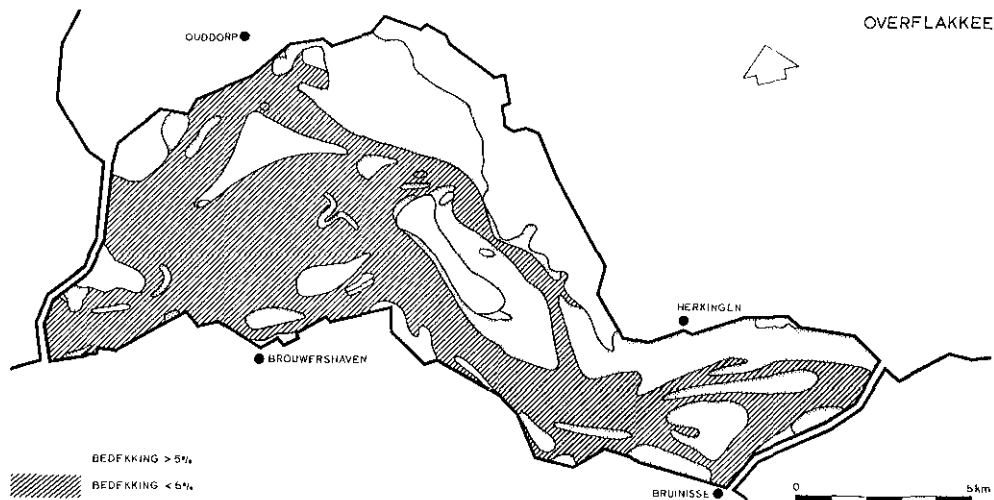


Fig. 1. Ondiepe gebieden in het Grevelingenmeer

Fig. 2. Verspreiding van mosselbanken, zeegrasvelden, darmwiervegetaties en salione moerasvelden in het meer (naar P. H. Nienhuis, Neth. Journal Sea Research 1970, blz. 20-49)

Fig. 3. Verspreiding van wieren en zeegrassen in het meer (naar De Bree, Nienhuis en Verschuure, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek 1973-11)

water gelegen gebieden betrekkelijk weinig plantengroei geconstateerd. Voor een belangrijk deel werd vestiging en/of uitbreiding verhinderd door de mechanische krachten van getij en wind.

Sterke stromingen, beweeglijk water en een te zandig substraat waren er de oorzaak van dat vooral het westelijk deel van het bekken arm aan begroeiing bleef. Op enkele plaatsen kwam Zeegras voor, met name langs de noord-oostzijde van de Hompelvoet en de Veermansplaat, op de slikken bij Herkingen en op enkele delen van de Slikken van Flakkee. Laatstgenoemde velden gingen bij het droogvallen na de afsluiting verloren. Na het wegvallen van het getij werden de omstandigheden voor bijvoorbeeld Zeegras op vele plaatsen gunstiger, zodat dit gewas zich kon handhaven en uitbreiden. Dit is onder andere in het belang van enkele vogelsoorten zoals Zwaan en Rotgans; ook is het belangrijk voor Meerkooi, Smient en Pijlstaart, die hunnerzijds een al te explosieve ontwikkeling van Zeegras in het bekken voorsnog voorkomen. Behalve van Zeegras trad er ook een explosieve ontwikkeling op van enkele grotere soorten bruin- en groenwieren. Op rustige plaatsen ontwikkelde zich massaal Zeesla en Darmwier.

De ontwikkelingen in de vegetatie dragen bij tot een grotere diversiteit. De vegetatie vervult zelf een belangrijke schakelfunctie in de voedselketen. Ze draagt door haar massaliteit bovendien in niet geringe mate bij tot verbetering van de waterkwaliteit, onder andere doordat ze nutriënten vastlegt.

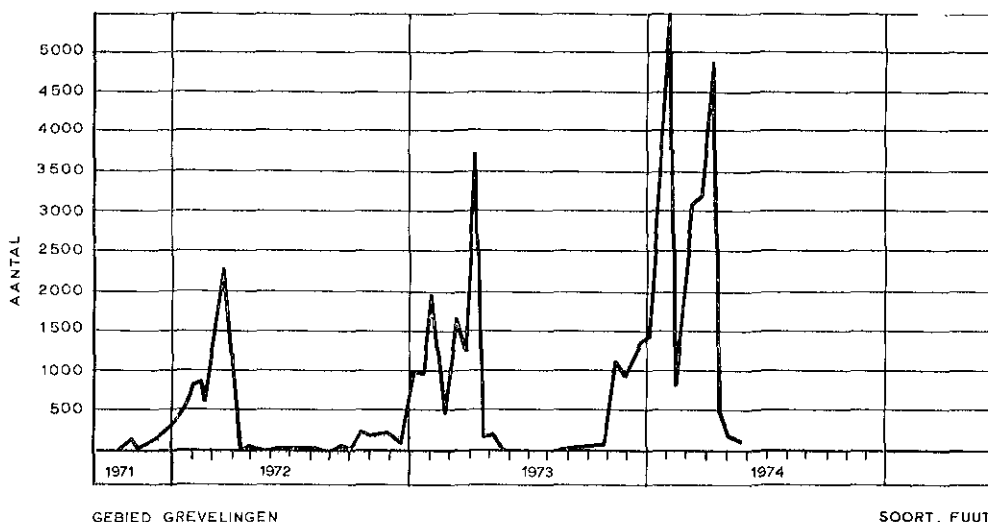
Het ligt in de lijn der verwachting dat zich in deze gebieden nieuwe soorten zullen vestigen, zeker als de sluis in de Brouwers-

dam klaar is en als met het inlaten van zee-water nieuwe levenskiemen binnenkomen. Bovendien zullen er tussen de soorten onderling verschuivingen plaatsvinden in aantallen tot er een nieuw evenwicht zal ontstaan. Door de zeldzaamheid van het milieutype op deze breedtegraad, het semi-stagnante zoute water en de uitgestrekte ondiepe gebieden in verschillende exposities, is het optreden van specifieke plantengemeenschappen niet uitgesloten.

Op en in de bodem van het Grevelingenmeer wordt een fauna aangetroffen die onder te verdelen is in een viertal groepen: filtereers, zoals Mossel, Kokkel, Zeepok en diverse Worm-soorten; sedimenteters, zoals Zeepier-soorten en Nonnetje; roofdieren zoals Anemoon-soorten, Zeestersoorten, Krab-soorten en herbivoren zoals het Wadslakje. Soorten met een sterke binding aan het getij zullen, voor zover nog aanwezig, verder verdwijnen; doch er zullen andere soorten voor in de plaats komen, te sneller wanneer door de nieuw te bouwen sluis nieuwe levenskiemen kunnen binnendringen in het Grevelingenmeer.

Alle genoemde groepen bodemdieren komen overal voor. De grootste hoeveelheid wordt echter aangetroffen in gebieden ondieper dan 2½ m. De ene groep is afhankelijk van waterbeweging en het voorkomen van plankton, een andere groep van licht en de mate van sedimentatie van organisch materiaal. Voor deze groepen geldt eveneens dat ze in vele opzichten schakelfuncties vervullen in de voedselketen. Ze zijn bij voorbeeld van belang voor bepaalde soorten vissen en vogels.

Voor de vissen geldt in het bijzonder dat de ondiepe gebieden in het afgesloten Grevelingenmeer door hun grotere produktie aan biomassa van groot belang zijn. Hierbij moet wel aangetekend worden dat bij een aantal vissoorten die in het meer zijn achtergebleven, zoals Harder, Geep, Tong, Schol en Bot, geen verjonging wordt geconstateerd, doch in een aantal gevallen, bij voorbeeld bij de Schol, wel groei van de opgesloten vissen. Het ophouden van de voortplanting van deze vissoorten ligt vooral daaraan, dat ze de trekbewegingen van het meer naar de zee en omgekeerd niet meer kunnen volbrengen. Aal en Sprot blijken wel met succes in en uit te trekken via de Sluis bij Bruinisse. Andere vissoorten, met name enkele Grondelsoorten en het Korenaarvisje, kunnen zich in het Grevelingenmeer wel voortplanten en nemen de plaats in van de verdwenen soorten. Overigens spelen deze kleinere



soorten ook weer een belangrijke rol in de voedselketen. Ze zijn er met name de oorzaak van dat er grote aantallen visetende vogels zoals Fuut, Middelste zaagbek, Reiger en Aalscholver op het Grevelingenmeer komen fourageren.

Berekende consumptie aan vis door visetende vogels uitgedrukt in tonnen per jaar

|                   | 1972 | 1973 |
|-------------------|------|------|
| Fuut              | 16,1 | 52,7 |
| Aalscholver       | 9,3  | 13,3 |
| Middelste zaagbek | 13,0 | 20,4 |
| Blauwe Reiger     | 1,4  | 1,7  |
| Totaal            | 39,8 | 88,1 |

De verwachting bestaat dat de ondiepe gebieden ook in de toekomst een sleutelfunctie zullen blijven vervullen in de voedselketen en dus indirect ook voor vissoorten die men om economische, recreatieve of ecologische redenen gaarne in het Grevelingenmeer zou zien.

Toen er nog getijbeweging was, hadden de zandplaten en slikken door hun voedselrijkdom als pleisterplaats grote betekenis voor bepaalde soorten zwemeenden en vele soorten steltlopers. Hoewel het aantal soorten van deze vogels nauwelijks is verminderd, zijn er na de afsluiting grote verschuivingen geconstateerd in de aantallen individuen. Het aantal van de zuiver aan het getij gebonden soorten, zoals bij voorbeeld Scholekster en Wulp, liep echter terug. Door het wegvallen van het getij is het water

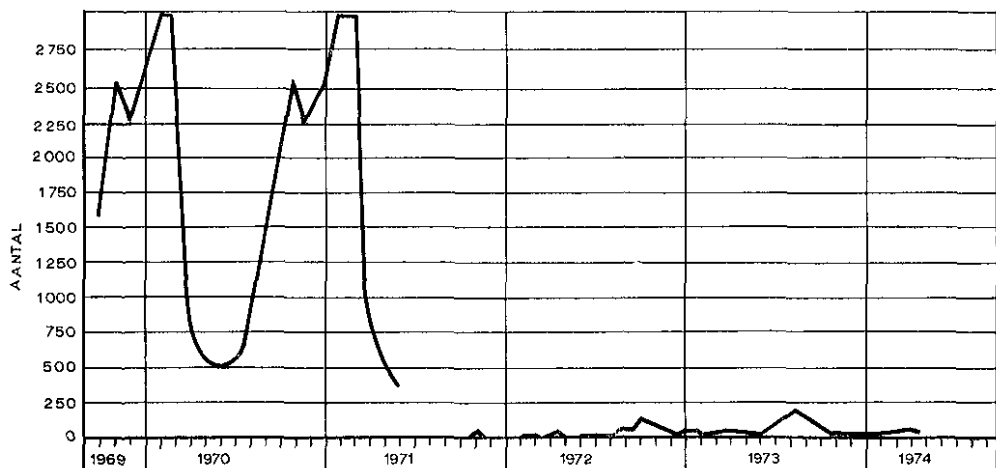
Fig. 4. Aantallen Futen in het Grevelingenmeer 1971-1974

Fig. 5. Aantallen Scholeksters in het Grevelingenmeer, 1969-1974

Flakkee  
Vlakke oever met steile rand op het zuidelijke deel van de Slikken van

in het algemeen helderder en rustiger geworden. Mede hierdoor zijn de ondiepe gebieden ideale fourageergebieden geworden voor andere watervogels, met name Duik-eenden, Zaagbekken en Futen. De verschillende vogelsoorten zijn voor het zoeken van voedsel aangewezen op uiteenlopende waterdiepten. Hierdoor is de gehele geleidelijk dieper wordende vooroever van grote betekenis.

Steltlopers en Zwemeenden fourageren in het algemeen in de zone van 0-20 cm; Rotganzen, Zwanen, Blauwe reigers en Lepelaars van 20 tot 80 cm diep; Brilduikers, Middelste zaagbekken, Futen en Sterns op diepten van 50 tot 250 cm. Alleen al de groei van het aantal soorten en individuen dat het Grevelingenmeer aandoet bij zijn trek of er overwintert, bewijst dat aan dit meer een zeer



GEBIED: GREVELINGEN

SOORT: SCHOLEKSTER

grote ornithologische waarde moet worden toegekend. Deze waarde dankt het voor het belangrijkste deel aan zijn uitgestrekte ondiepe zoutwatergebieden.

Het is moeilijk nu reeds precies de waarde van de verschillende ondiepe gebieden te bepalen. Het gehele gebied is nog niet gedetailleerd onderzocht. Het is echter ook nog steeds aan veranderingen onderhevig.

Voor de relatieve waardebepaling van de verschillende ondiepe gebieden zijn een aantal criteria gehanteerd en per gebied beoordeeld. Ze worden hieronder kort toegelicht.

**Formaat:** De uitgestrektheid van een ondiep gebied is van belang voor de houdbaarheid van de natuurlijke rijkdommen. Hoe groter,

des te meer produktie. Hoe groter des te waardevoller.

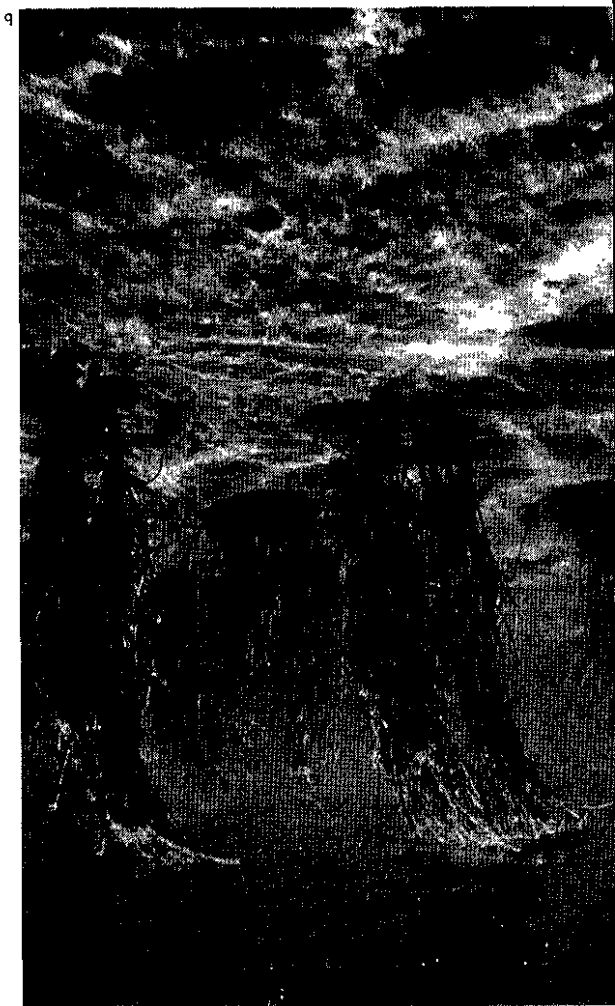
**Isolatie:** Ligt een oevergebied ten opzichte van het vaste land meer geïsoleerd, dan kan het een geheel eigen ontwikkeling doormaken. Vooral wanneer er weinig verstoring is door betreding of recreatie. Hoe groter de isolatie, des te hoger de waardering.

**Zeegrasvelden:** De aanwezigheid van Zeegrasvelden is belangrijk voor de verdere ontwikkeling van de vegetatie en het ontstaan van specifieke levensgemeenschappen; voor Rotganzen, Smienten en Pijlstaarten zijn Zeegrasvelden belangrijk als voedselgebied.

Hoe meer hoe beter.

**Vlakke, weinig hellende oever:** Hoe breder de overgang is tussen water en land, inclusief de





b

a. Zeegras met wier en krab;  
Slikken van Flakkee

b. Zeegras komt plaatselijk voor  
op de ondiepe bodem voor  
de Slikken van Flakkee

c. Ongeëilichte bodem met  
wormen voor de Slikken van  
Flakkee

d. Zeepierenhoopjes en zeegras  
op de ondiepe bodem voor  
de Slikken van Flakkee



a

variaties daarin als gevolg van op- en afwaaiing, des te groter de betekenis voor allerlei organismen.

**Beschutte ligging:** Beschutting tegen wind en golfslag is een noodzakelijke voorwaarde voor de ontwikkeling van bepaalde planten- en diersoorten.

**Milieu-Differentiatie** (complexe geomorfologische structuren):

Hoe groter de verschillen zijn in basismilieu hoe grotere differentiatie verwacht kan worden van levensgemeenschappen en landschapsvormen.

In nevenstaand overzicht zijn bij ieder criterium de in dat opzicht belangrijkste ondiepe gebieden aangekruisd.

Al deze criteria, en de relatie van ondiepe gebieden met het vaste land, spelen een rol

|                           | formaat | isolatie | Zeegrasvelden | vlakke oever | beschutting | milieu-differentiatie |
|---------------------------|---------|----------|---------------|--------------|-------------|-----------------------|
| Kabbelaarsbank            |         |          |               |              |             | x                     |
| Preekhilpolder            |         |          |               | x            | x           |                       |
| Hompelvoet                |         |          |               | x            |             | x                     |
| Plaatje Springersdiep     |         | x        |               |              |             | x                     |
| Dwars-in-de-weg           |         |          |               |              |             | x                     |
| Stampersplaat             |         | x        |               |              |             | x                     |
| Archipel                  |         | x        |               |              |             |                       |
| Veermansplaat             | x       | x        | x             | x            | x           | x                     |
| Vlieger                   |         | x        |               |              |             |                       |
| Slikken bij Ouddorp       | x       | x        |               | x            |             |                       |
| Slikken van Flakkee noord | x       |          |               | x            |             | x                     |
| Slikken van Flakkee zuid  |         |          | x             | x            | x           |                       |
| Herkingen/Battenoord      | x       |          | x             | x            |             |                       |
| Mosselbank                |         | x        |               |              |             |                       |
| Dijkwater                 |         |          |               | x            |             |                       |

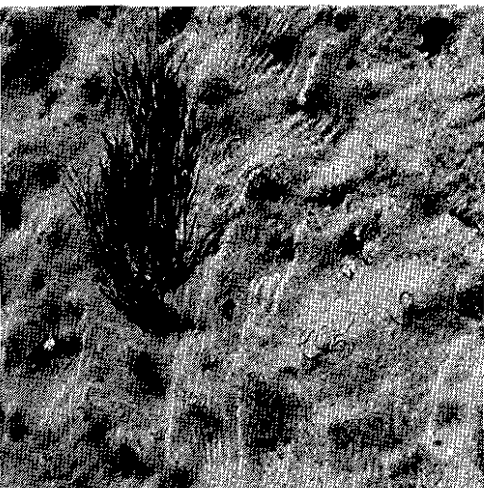
bij de afweging welke gebieden speciale bescherming behoeven tegen onder andere erosie en recreatie.

De conclusies waartoe het voorgaande leidt, nog eens kort samenvattend kunnen we stellen:

**Voorwaarden voor het ontstaan van waardevolle levensgemeenschappen in het kansrijke milieu van het zoute Grevelingenmeer** zijn goede waterkwaliteit en geringe recreatiedruk, en het intact houden van ondiepe gebieden.

Wisselwerking tussen water en land levert vaak de meest interessante situaties zowel geomorfologisch, bodemkundig als biologisch, rijkdom aan kustvormen en interessante ontwikkelingen in flora en fauna.

Er komen vooral in ondiepe gebieden, afhankelijk van geomorfologie en beschutte ligging ten opzichte van de wind, nu reeds vegetatietypen voor die nergens elders in Nederland worden aangetroffen. De grote massa van de bodemfauna vindt men in de ondiepe gebieden. Belangrijk hierbij is onder andere de waterbeweging en het voorkomen van plankton en licht, en de mate van sedimentatie van organisch materiaal. Ondiepe gebieden zijn belangrijk als fourageer- en rustgebied voor vissen en vogels. De ondiepe gebieden moeten als basis voor de grote actuele en potentiële natuurwaarden hoog worden gewaardeerd. Behoud en andere doeltreffende inrichtings- en beheersmaatregelen zijn daarom alleszins te rechtvaardigen en noodzakelijk te achten.



## A. De werken van het Deltaplan

In de rapporten van de Deltacommissie, die in de jaren na de stormvloedramp van 1953 zijn gepubliceerd, liggen de hoofdlijnen vast van het Deltaplan. De wettelijke basis voor uitvoering van dit plan is gelegd in 1958, toen de Deltawet werd aanvaard. Volgens deze wet moesten ter beveiliging van het land tegen hoge stormvloed een aantal hoofd- en nevenafsluitdammen in de zeegaten worden aangelegd en sommige gedeelten bestaande hoogwaterkering langs de kust en de benedenrivieren en zeearmen worden versterkt.

Als men over Deltawerken spreekt wordt meestal gedacht aan de hoofdafsluitdammen zoals bijvoorbeeld de Haringvlietdam, de Brouwersdam en de Veerendam of de nevenafsluitdammen zoals de dam in de Zandkreek, de Grevelingendam en de Volkerakdam of de stormvloedkering in de mond van de Hollandse IJssel. Deze afsluitdammen en afsluitingswerken met daarin of daarbij veelal uitwaterings- en/of schutsluizen vormen inderdaad spectaculaire onderdelen van het Deltaplan. Daarnaast vormt de minder tot de verbeelding sprekende versterking van de bestaande hoogwaterkeringen evenwel een even belangrijk onderdeel van de Deltawerken.

In de rapporten van de Deltacommissie is nagegaan welke reeds aanwezige hoogwaterkeringen langs de kusten van de Noordzee en de Waddenzee, langs de Westerschelde en langs de benedenrivieren in het zuidwesten van het land in aanmerking komen om te worden versterkt.

In het Bericht 68 (mei 1974) is uiteengezet, dat voor dijkverhogingen de statistisch te verwachten stormvloedstanden bekend moeten zijn welke als uitgangspunt dienen voor de bepaling van de hoofdafmetingen van de waterkeringen.

Nadat de basispellen zijn berekend, waarbij is uitgegaan van een stormvloedstand van N.A.P. + 5 m te Hoek van Holland, worden voor elk kustvak en elk riviervak de ontwerppeilen vastgesteld.

Al naar de ligging van het dijkvak en de aanwezigheid van hoog voorland of een buitenpolder wordt daarna de golfoploop bepaald. Soms moet langs de kust of bij havens met bui-oscillaties rekening worden gehouden. Dit

## Versterking van hoogwaterkeringen in het beneden-riviereengebied

zijn onregelmatige schommelingen van de waterspiegel bij uitschietende extra harde stormwind. Eveneens zal in bepaalde gevallen met buistoten rekening moeten worden gehouden.

Voorts moet rekening worden gehouden met de relatieve bodemdaling, dat is de snelheid van de algemene daling van het land ten opzichte van de gemiddelde zeespiegel; voor de berekening is het daarbij niet belangrijk of de bodem daalt dan wel de zeespiegel rijst. De relatieve bodemdaling bedraagt ongeveer 20 cm per eeuw. Al naar de belangrijkheid van het dijkvak, de aanwezigheid van een verkeersweg erop en dergelijke overwegingen meer, zal het tijdvak bepaald moeten worden waarover de relatieve bodemdaling in rekening wordt gebracht. Deze tijdsperiode bedraagt in elk geval tenminste 25 jaar.

Van oudsher zijn in de verschillende provincies van ons land de minimaal toelaatbaar geachte kruinhoogten van dijken vastgelegd in de zogenaamde dijktafels. Men spreekt dan ook van de dijktafelhoogte waaraan een dijkvak moet voldoen. De mate waarin de dijktafelhoogte het ontwerppeil te boven gaat, wordt waakhoogte genoemd. De minimale waakhoogte moet tenminste enige decimeters bedragen; meestal bedraagt ze in verband met de golfoploop aanzienlijk meer.

Vanwege zettingen in de ondergrond moet bij de aanleg of de verbetering van een dijk een bepaalde overhoogte worden aangehouden. Deze zettingen kunnen vooraf min of meer nauwkeurig worden bepaald na het uitvoeren van een grondmechanisch onderzoek. Daartoe moeten onder meer grondboringen worden verricht en grondmonsters in het laboratorium onderzocht. Ook moet rekening worden

gehouden met inklinken van de vers aan-gebrachte dijkspiecie. De aanleghoogte be-draagt dus altijd meer dan de dijktafelhoogte, met een minimumverschil van 50 cm.

De kruinhoogte van een eenmaal aangelegde dijk moet periodiek worden gecontroleerd. Na afloop van de tijdsperiode waarover de relatieve bodemdaling in rekening is gebracht, zal de dijktafelhoogte opnieuw moeten worden gezien en eventueel zal alsdan een noodzake-lijke verdere dijkverhoging moeten plaats-vinden.

In de Deltawet is vastgelegd dat de hoofd- en nevenafsluitdammen met toebehoren in de *zeegaten zullen worden aangelegd door en voor rekening van het Rijk en dat de betref-fende beheerders de versterking van de bestaande aan hun zorgen toevertrouwde hoogwaterkeringen zullen regelen. Voor zoveel dit laatste betreft zal het Rijk een bijdrage verlenen van 100% in de directe kosten van uitvoering van de kust- en dijk-versterkingswerken.*

In de procedure voor de vaststelling van de plannen maakt de wet een onderscheid in geografische ligging van de werken. De plannen voor de versterking van de hoog-waterkering langs de Noordzeekust tussen de Westerschelde en de Rotterdamsche Water-weg, zeewaarts van de hoofdafsluitdammen, worden bij Koninklijk Besluit vastgesteld. De voor werken aan waterkeringen in de Water-staatswet 1900 voorgeschreven goedkeuring door Gedeputeerde Staten komt daarbij te vervallen. Wel moet vooraf door de minister van Verkeer en Waterstaat overleg worden gepleegd met het college van Gedeputeerde Staten van de provincie waarin het kust-versterkingswerk is gelegen.

De plannen voor de versterking van de hoog-waterkering langs de overige kustgedeelten en langs de benedenrivieren worden door de minister van Verkeer en Waterstaat vastge-steld, na overleg met de beheerders van die waterkeringen. Artikel 33 van de Waterstaats-wet 1900 blijft van kracht, zodat voor deze werken de goedkeuring vereist is van Gedepu-teerde Staten van de provincie waarin het werk is gelegen. In onderling overleg wordt de gedragslijn aangehouden, dat eerst inge-volge de Deltawet de vaststelling van het plan geschiedt en dat daarna de goedkeuring krachtens de Waterstaatswet 1900 wordt gegeven.

In de praktijk komt het erop neer, dat de tech-nische dienst van de beheerder van de te versterken hoogwaterkering overleg pleegt met de diensten van de Provinciale en de Rijkswaterstaat. Na verkregen overeen-

stemming zenden de beheerders de plannen in, zowel ter vaststelling door de minister en ter verkrijging van de bijdrage van het Rijk in de kosten van uitvoering van het werk, als ter goedkeuring door Gedeputeerde Staten. Bij de versterking van hoogwaterkeringen langs de benedenrivieren in het zuidwesten van het land komt het nogal eens voor, dat kleine havens of haven- en uitwateringsgeulen een doelmatig tracé van de waterkering in de weg staan. *In overleg met de verschillende belanghebbenden wordt dan nagegaan of het mogelijk is de haven of geul in te korten of af te sluiten. Blijkt die mogelijkheid aanwezig, dan wordt de wettelijke procedure ingezet om tot de inkorting of afsluiting te komen. In die gevallen moeten door de dijkbeheerder onder meer maatregelen worden genomen tot rege-ling van de waterbeheersing in het afgesloten gebied.*

Ook komt het voor dat het aanbeveling ver-dient om niet het bestaande tracé van de rivierdijk te handhaven maar een nieuw tracé te kiezen.

Bij de versterking van hoogwaterkeringen zijn vele belangen betrokken. Dikwijls staan er woningen op of langs de dijken. Soms zijn *er buitendijkse industrieën aanwezig, of ligt er een beschermd natuurgebied. Voor elk riviervak afzonderlijk wordt nagegaan welke bebouwing verwijderd moet worden, welke huizen of bedrijfsgebouwen aangepast kunnen worden en in hoeverre en op welke wijze natuurterreinen ontzien kunnen worden. Er is veel overleg nodig, zowel met de gemeente-besturen, onder meer in verband met de beschikbaarstelling van vervangende woon-ruimte, als met het bedrijfsleven en de milieu-deskundigen.*

Vanwege de ingewikkeldheid van de proble-matiek laten sommige dijkbeherende water-schappen de dijkversterkingsplannen op-stellen door een ingenieursbureau. Deze adviseurs plegen dan in hoofdzaak het nodige overleg, waarbij onder meer de Rijkswater-staat als bron van informatie fungeert. Ten slotte moet, om de dijkversterking te kunnen realiseren, dikwijls op uitgebreide schaal worden overgegaan tot de aankoop van gronden. Lange-termijnplanning is ook dan noodzakelijk, want de versterking van hoogwaterkeringen is een zaak van lang-durige voorbereiding.

Het ligt in de bedoeling, zowel in dit als in een aantal volgende artikelen enige verster-kingswerken aan hoogwaterkeringen in het benedenrivierengebied nader te beschrijven. We beginnen met de aanleg van een nieuwe

rivierdijk te Ridderkerk, op het eiland IJsselmonde.

Bij de stormvloed van 1 februari 1953 is de hoogwaterkerende ringdijk langs de zuidzijde van het eiland IJsselmonde op verschillende plaatsen bezweken. Van enkele buitenpolders zijn de kaden doorgebroken. Andere kaden en ook binnendijken liepen over. Vele buitenpolders en binnen de hoofdwaterkering gelegen gedeelten van het poldergebied, in hoofdzaak in het zuiden en midden van het eiland, zijn dientengevolge geïnundeerd geweest of hebben dras gestaan. De herstelwerkzaamheden aan de kaden en dijken zijn heel spoedig ter hand genomen en met grote voortvarendheid voortgezet. Het eiland was voor het grootste deel al in februari 1953 en helemaal in maart 1953 van overstromingswater bevrijd.

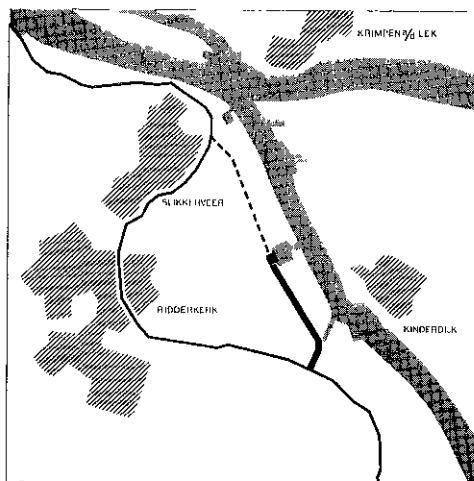


Voor zoveel het de ringdijk betreft droegen de herstelwerkzaamheden aanvankelijk een provisorisch karakter. Het ging er om de zwakke plaatsen zo snel mogelijk te herstellen. De tijd ontbrak om de meestal noodzakelijke aankoop van gronden en de veelal tevens nodige afbraak van bebouwing uit te voeren. Bovendien waren er onvoldoende gegevens beschikbaar over de hoogte van de te verwachten stormvloedstanden. Er zijn toen, in afwachting van de definitieve dijkversterking, in hoofdzaak langs de noordrand van IJsselmonde op sommige te laag gelegen dijkgedeelten opkistingen aangebracht. Daartoe werd de dijkkruin tussen twee eenvoudige damwandjes met klei verhoogd, zodat een kistdam op de eigenlijke kruin ontstond. Na publikatie van de rapporten van de Delta-commissie en het bekend worden van de

Fig. 1 Overzicht van de afsluiting van de haven van Ridderkerk

Fig. 2 Tracé van de bestaande en de toekomstige hoogwaterkering op IJsselmonde

Aanleg van de nieuwe rivierdijk te Ridderkerk; situatie nabij Slikkerveer



resultaten van voortgezette studies zijn de bepalende gegevens beschikbaar gekomen voor het opstellen van plannen om de hoogwaterkerende ringdijk van IJsselmonde naar Deltanormen te versterken, uitgaande van het voor elk afzonderlijk riviervak vastgestelde ontwerppeil.

In de loop der jaren zijn inmiddels grote gedeelten van de hoofdwaterkering van IJsselmonde naar Deltanormen versterkt. Er moeten echter eveneens nog grote gedeelten versterkt worden. Het Waterschap IJsselmonde heeft voor de versterking van de ringdijk een meerjarenplan opgesteld, met als uitgangspunt, dat de hoofdwaterkering in 1985 geheel voltooid moet zijn.

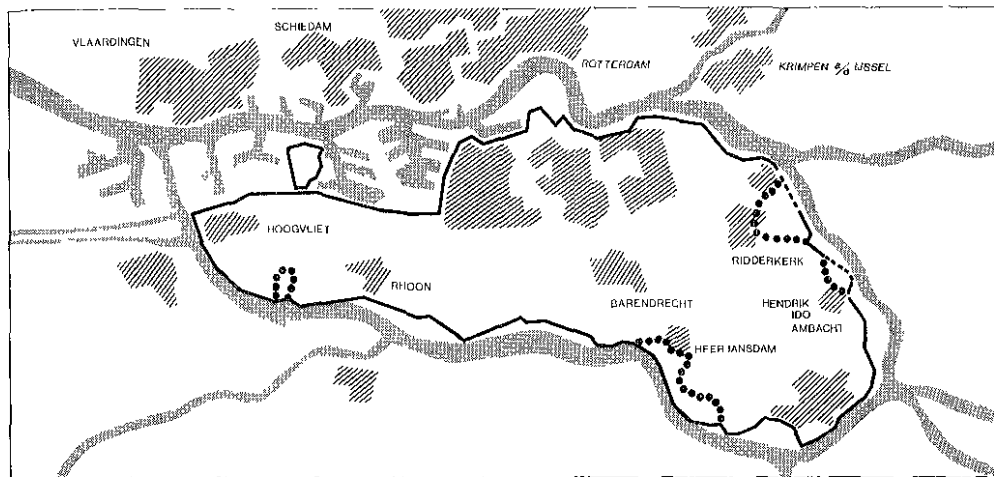
Op IJsselmonde liggen de zaken niet zo eenvoudig. Vooral langs de noord- en oostzijde is er veel dijkbebauwing. Uitgestrekte be-

woningsconcentraties als Rotterdam-Zuid, Ridderkerk en Zwiindrecht grenzen aan de hoofdwaterkering. Bovendien is er vooral langs de noord- en ooststrand buitendijks, en soms ook binnendijks, veel industriële bedrijvigheid. Dit alles maakt het nodig dat voor de opstelling van dijkversterkingsplannen heel veel en uitgebreid overleg moet worden gepleegd. Ook vergt de aankoop van gronden en de afbraak van bebouwing veel tijd. Tijdige planning van alle werkzaamheden, die aan de eigenlijke dijkversterking voorafgaan, is een vereiste, mede in verband met de zorg voor de vervangende woonruimte voor hen wier woningen moeten worden afgebroken.

Hoewel er bij de opstelling van een tijd-schema van wordt uitgegaan dat de volgorde van de versterking van de verschillende dijk-

de gemeente Ridderkerk heeft een lange tijd van voorbereiding gevegd. Wijziging van de inzichten omtrent hetgeen voor de streek de meest wenselijke oplossing is, heeft hier een rol gespeeld. Men was het er wel spoedig over eens dat niet de bestaande, met een wijde boog diep landwaarts lopende waterkering versterkt moest worden, maar dat een nieuwe waterkering moest worden aangelegd, ongeveer evenwijdig aan de rivier de Noord. Het heeft echter verschillende jaren geduurd alvorens er een gemeenschappelijke mening was gevormd over de wenselijkheid of noodzaak ten behoeve van de scheepvaart een keersluis in de nieuwe waterkering aan te brengen ter plaatse van de kruising met de haven van Ridderkerk.

Ten slotte is echter besloten om geen sluis te bouwen maar in de mond van de haven



vakken wordt bepaald naar de voor elk tijdvak vast te stellen noodzaak, blijkt het in de praktijk bijzonder moeilijk om de vooropgestelde prioriteiten te handhaven. Voor sommige dijkvakken blijkt de voorbereidings-tijd naderhand te kort geraamd te zijn, omdat, om een voorbeeld te noemen, in afwijking van de planning het grondmechanisch onderzoek veel uitgebreider moet worden verricht dan aanvankelijk was gedacht, of omdat het overleg met de plaatselijke autoriteiten en belanghebbenden vanwege de ingewikkeldheid der problemen veel langer duurt dan was verwacht. Voor andere dijkvakken loopt het allemaal wat vlotter en daar wordt het dijkversterkingswerk dan eerder uitgevoerd dan men verwachtte.

De versterking van de hoofdwaterkering in

een afsluitdam te leggen. De hoofdwaterkering zal daardoor in de toekomst ononderbroken doorlopen ongeveer evenwijdig langs de linkeroever van de rivier de Noord.

Het tracé van de nieuwe rivierdijk brengt enige buitenpolders en buitengronden binnen de hoofdwaterkering van IJsselmonde; de haven van Ridderkerk wordt erdoor afgesloten van het scheepvaartverkeer op de rivier de Noord.

Voor de afdamming van de haven en de indijking van enige terreinen is op grond van de uit 1904 daterende wet op de droogmakerijen en indijkingen aan het Waterschap IJsselmonde een concessie verleend. In deze concessie is beschreven hoe de afsluiting van de haven tot stand mag worden gebracht, en welke aanvullende werken moeten worden uitgevoerd.

In samenwerking tussen gemeente en waterschap zullen ten behoeve van de waterhuishouding in het binnen de hoofdwaterkering gebrachte gebied enige voorzieningen worden getroffen.

De in de nabije toekomst van het buitenwater afgesloten haven, waarop enige polders lozen, zal als boezemwater worden ingericht. De waterbeheersing van deze boezem zal worden verzorgd door een bemalingsinstallatie, die zal worden ondergebracht in een rioolwaterzuiveringsinrichting.

Deze effectieve combinatie kon tot stand komen omdat de gemeente Ridderkerk juist haar verouderde zuiveringsinrichting wilde vervangen door een moderne installatie. De nieuwe rioolwaterzuiveringsinrichting, waarvan de bouw inmiddels door de gemeente is ter hand genomen, is geprojecteerd aan de mond van de af te sluiten haven nabij de nieuwe rivierdijk. De bediening van de bemalingsinstallatie zal kunnen geschieden door personeel van de zuiveringsinstallatie.

Ten behoeve van de scheepvaart zal buiten de nieuwe hoofdwaterkering vervangende havenaccommodatie worden gemaakt. Daar toe wordt buitendijks een nieuwe haven voor de beroepsvaart aangelegd, bestaande uit een havenkom met een los- en laadsteiger en aanliggend haven terrein. De nieuwe haven wordt vanaf Ridderkerk voor het wegverkeer toegankelijk gemaakt. Een deel van de nieuwe haven zal worden ingericht als ligplaats voor een beperkt aantal recreatievaartuigen.

De nieuwe rivierdijk bestaat uit een opgespoten zandlichaam, afgedekt met klei. De kleibekleding is aan de rivierzijde en op de kruin 1 m dik en aan de landzijde 70 cm. De kruinbreedte bedraagt 3 m; de taluds zijn onder een helling van 1 : 3 aangebracht. Ten behoeve van de dijk aanleg is vooraf een uitgebreid grondmechanisch onderzoek verricht. Uit dit onderzoek bleek dat vooral de ondergrond van het dijkvak ten zuiden van de haven een minder goede samenstelling bezat, en dat daar op grote zakking moest worden gerekend. Bij de bepaling van de aanleg hoogte van dit dijkvak is met deze zetting van de ondergrond rekening gehouden. Ten behoeve van de stabiliteit van het dijkvak gedurende de periode van aanleg zijn brede zijbermen langs de dijk aangebracht. Na voltooiing van de gehele rivierdijk zal op de binnenberm een onderhoudsweg worden aangelegd.

In het Deltaplan wordt er van uitgegaan dat het water in de Nieuwe Maas bij extreme omstandigheden door stormen hoger wordt opgestuwd dan in de zuidelijker gelegen

Oude Maas. Voor de rivier de Noord, die de hiervoor genoemde rivieren verbindt, moet daarom rekening worden gehouden met stormvloedstanden die van het zuiden naar het noorden in hoogte toenemen. Voor het dijkvak ten zuiden van de haven van Ridderkerk is daarom uitgegaan van een ontwerp peil van N.A.P. + 3,85 m en voor het noordelijke dijkvak van een ontwerp peil van N.A.P. + 4,05 m. Rekening houdend met een tijdsperiode van 50 jaar voor ongewijzigde handhaving van de dijktafelhoogte, zijn de dijktafelhoogte en de aanleg hoogte als volgt bepaald:

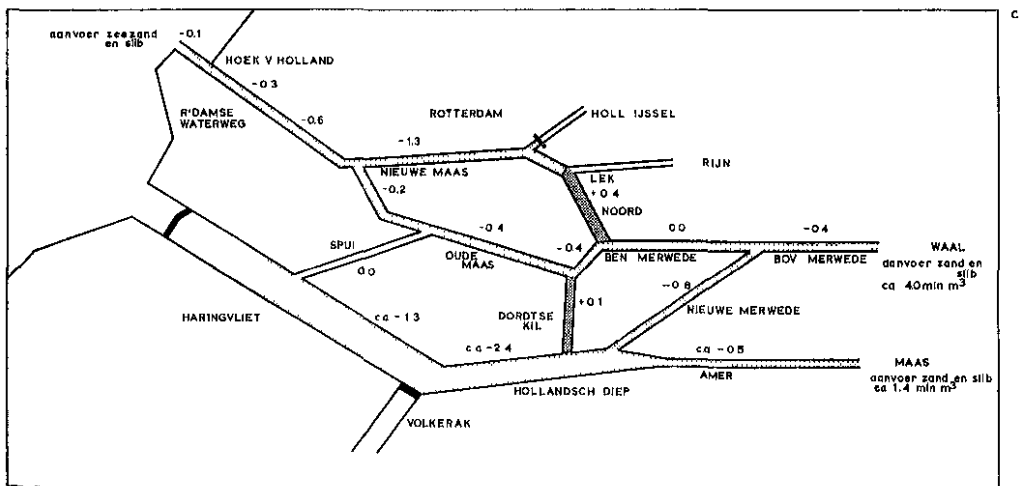
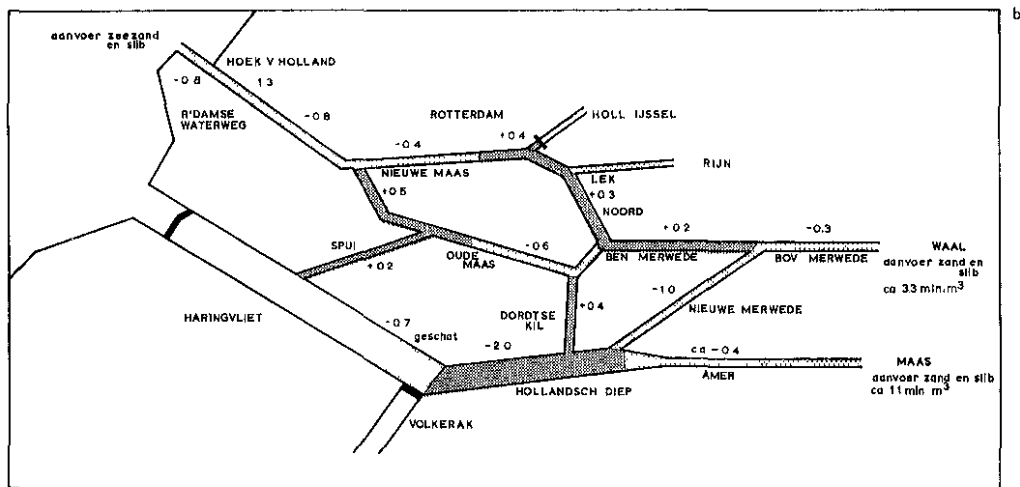
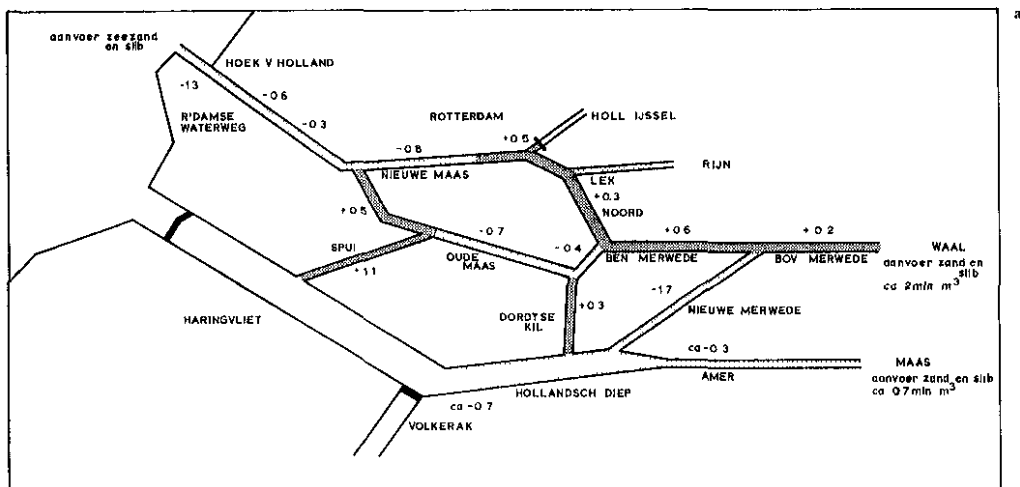
|                        | haven<br>noordzijde | haven<br>zuidzijde |
|------------------------|---------------------|--------------------|
| ontwerp peil           | N.A.P. + 4,05 m     | N.A.P. + 3,85 m    |
| golfoploop             | 0,65 m              | 0,65 m             |
| bodemdaling            | 0,10 m              | 0,10 m             |
| <i>dijktafelhoogte</i> | N.A.P. + 4,80 m     | N.A.P. + 4,60 m    |
| zetting ondergrond     | 0,60 m              | 1,40 m             |
| <i>aanleg hoogte</i>   | N.A.P. + 5,40 m     | N.A.P. + 6,00 m    |

De aanleg van de nieuwe rivierdijk is thans in volle uitvoering. Ten zuiden van de haven is de hoofdwaterkering reeds voltooid. Ten noorden van de haven is de dijk aanleg bijna voltooid. Spoedig zal een begin worden gemaakt met de havenaanleg buitendijks. Wanneer de nieuwe haven is voltooid, zal in de oude havenmond de afsluitdam worden aangelegd. Binnen enkele jaren kan de versterking van de hoogwaterkering rond het eiland IJsselmonde ongeveer 2,5 km gevorderd zijn. Een toevallig maar plezierig gevolg van de dijk aanleg is de totstandkoming van een mooi stukje natuurgebied. Ten behoeve van de dijk aanleg moest namelijk klei aan het voorland nabij de rivier worden ontleend. De aldus ontstane kleiput is nu op aandringen van de plaatselijke gemeenschap niet aangevuld met baggerspecie, zoals aanvankelijk in de bedoeling lag, maar met medewerking van de daarbij betrokken instanties als ondiep meer ingericht. Te zamen met de rivierwaarts gelegen gronden vormt het meer een landschappelijk fraai geheel. De verwachting is dat het meer ook natuurwetenschappelijk in belang zal toenemen.

## Zandverplaatsingen in de rivieren van het noordelijk Deltabekken na de afsluiting van het Haringvliet

In Bericht 60 (mei 1972) is een overzicht gegeven van de natuurlijke zandverplaatsingen in de rivieren van het noordelijk Deltabekken gedurende het eerste halfjaar na de afsluiting van het Haringvliet in november 1970. In dat artikel werden de veranderingen van de getij-volumes van de rivieren vermeld, zoals die zich ontwikkelden onder de invloed van de gemiddelde omstandigheden van getij en rivierafvoer en het daarbij behorende spui-programma van de Haringvlietssluisen. Bij de veranderde getijvolumes bleek zich een nieuw evenwichtsprofiel te gaan instellen. Het gedrag van de rivieren gedurende het eerste halfjaar na de afsluiting van het Haringvliet kwam in grote lijnen gezien goed overeen met de aanzandings- en erosie-processen zoals die in het rapport van de Deltacommissie waren voorspeld. Het tempo waarin deze processen zich voltrokken kon toen nog niet beoordeeld worden; daarvoor was een enigszins langere ervaring nodig. Nu de stelselmatige verwerking van alle verrichte lodingen van de rivieren van het noordelijk bekken gedurende de eerste drie jaren na de afsluiting van het Haringvliet achter de rug is, is het mogelijk een overzicht te geven van de bodemveranderingen van de betrokken rivieren gedurende de periode van najaar 1970 tot najaar 1973. Voor de verschillende riviertakken zijn de inhouden beneden N.A.P. berekend uit lodingen. De inhoudsverschillen tussen twee opeenvolgende lodingen geven de werkelijk opgetreden bodemveranderingen aan. Echter, voor het gebied van de Rotterdamse Waterweg geven deze verschillen geen juist beeld van de natuurlijke inhoudsveranderingen, omdat hier plaatselijk veel zuigwerk verricht

is; in de Nieuwe Maas is ter bestrijding van de zoutpenetratie tot bodemverhoging overgegaan, zodat ook daar de werkelijk opgetreden inhoudsverandering sterk afwijkt van de natuurlijke inhoudsverandering. Voor het verkrijgen van inzicht in het natuurlijk gedrag van de rivieren moeten deze gezogen en gestorte hoeveelheden materiaal vanzelfsprekend worden geëlimineerd. Bij het opmaken van de zandbalans over het eerste halfjaar na de afsluiting van het Haringvliet is dat dan ook gedaan. Voor het maken van een sluitende zandbalans van het gehele noordelijke bekken zou enerzijds bekend moeten zijn hoe groot de gemiddelde jaarlijkse aanvoer van zand en slib is van de rivieren Waal, Maas en Lek, en anderzijds hoeveel materiaal vanuit zee via de mond van de Rotterdamse Waterweg wordt aangevoerd. De zand- en slibaanvoer van de Waal is op grond van metingen van het zand- en slibtransport op de Boven- en Nieuwe Merwede en vooral op grond van de bestudering van de lodingen sinds 1920 vrij nauwkeurig bekend. Jaarlijks voert de Waal gemiddeld 4 miljoen  $m^3$  materiaal aan, en wel 0,80 miljoen  $m^3$  zand en 3,20 miljoen  $m^3$  slib. De aanvoer van zand en slib van de Maas bedraagt jaarlijks gemiddeld 1,4 miljoen  $m^3$ . De aanvoer van zand en slib via de Lek is minder goed bekend. Op grond van de schaarse gegevens wordt die geschat op 0,1 tot 0,5 miljoen  $m^3$ . Nu de Rijnkanalisatie in werking is getreden en een bodemverhoging is uitgevoerd op het traject km 995 – Hollandse IJssel – tot km 1004 van de Nieuwe Maas, is dit bedrag nog moeilijker te bepalen. De aanvoer van zand en slib uit zee via de mond van de Rotterdamse Waterweg is sterk

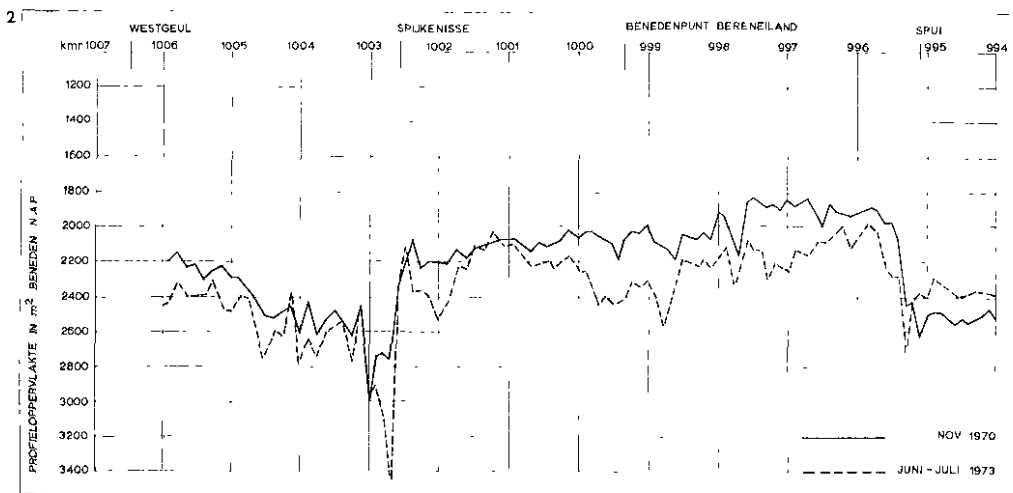


1965-1973

Fig. 1. Globale zandbalans over de perioden

- 2 november 1970-1 mei 1971
- 1 mei 1971-1 maart 1972
- 1 maart 1972-1 maart 1973

Fig. 2. Verandering van het profielloppervlak van de Oude Maas tussen 1970 en 1973



afhankelijk van het al of niet optreden van langdurige westerstormen, bij de samenstelling van de achtereenvolgende zandbalansen over de perioden november 1970 - mei 1971 - maart 1972 - maart 1973 kon dit bedrag slechts als sluitpost van de zandbalans worden berekend. Daarbij is het nog onbekende bedrag van de zandafzetting in de havenbekkens van het gebied buiten beschouwing gelaten, zodat de werkelijke aanvoer van zand en slib gedurende de drie perioden nog aanzienlijk groter zal zijn geweest dan alleen op grond van de bodemveranderingen der rivieren is berekend. In de figuren 1a, b en c zijn de zandbalansen over de drie perioden weergegeven voor de rivieren van het noordelijk bekken. Tijdens de tweede en de derde periode is de aanvoer van zeezand en -slib door het veelvuldig op-

treden van langdurige westerstormen aanzienlijk groter geweest dan gedurende de eerste periode.

Het zand en slib van de Waal is gedurende de eerste periode in hoofdzaak afgezet op de Nieuwe Merwede; gedurende de tweede en derde periode is het zand en slib van de Waal en de Maas voor een groot deel ook verder getransporteerd naar het gebied van het Hollands Diep, en vermoedelijk ook nog voor een klein deel naar het Haringvliet. De grotere rivierafvoer zal hierbij een rol hebben gespeeld, en vermoedelijk ook het effect van de aanvankelijk sterk verhoogde bodem van de Nieuwe Merwede. Vroeger, voor de afsluiting van het Haringvliet, werd het slib afgezet tot ver in het mondingsgebied van het Haringvliet.

De rivieren Noord en Kil zijn evenals gedurende de eerste periode ook gedurende de tweede en derde periode uitgeschuurd. Het Spui blijkt zich snel aan de veranderde waterbeweging te hebben aangepast: na de forse uitschuring gedurende de eerste periode is de inhoud vrijwel stabiel gebleven. De benedenmond van de Oude Maas is gedurende de eerste en tweede periode vrij sterk uitgeschuurd; de grootste uitschuringen treden daar op bij Bovenrijnafvoeren van 1500 tot 2000 m³/sec. De opzanding gedurende de derde periode is vermoedelijk in hoofdzaak het gevolg geweest van de grote aanvoer van zand en slib uit zee tijdens deze periode; variaties in de rivierafvoer speelden daarbij natuurlijk ook een rol. Dit zand en slib is niet alleen ver rivierwaarts op de Nieuwe Maas afgezet, maar is tevens voor een deel in de

Fig. 3 Profielverandering van de Noord tussen 1970 en 1973

Fig. 4. Diepte en profieloppervlak van de Noord, 1965-1973

benedenmond van de Oude Maas tot bezinking gekomen.

Met uitzondering van het traject Rotterdamse Waterweg-Nieuwe Maas en het traject Hollands Diep-Haringvliet is er op de rivieren van het noordelijk Deltabekken weinig materiaal gezogen of gestort.

De werkelijke inhoudsveranderingen zijn daarom in de meeste gevallen vrijwel gelijk aan de natuurlijke inhoudsveranderingen. De werkelijk opgetreden profielveranderingen gedurende de eerste jaren na de afsluiting van het Haringvliet geven dan ook voor de meeste rivieren de essentiële ontwikkeling weer. Uit metingen en lodingen is voor elk van deze rivieren de ontwikkeling bepaald van de volgende grootheden. Ten eerste het profieloppervlak beneden N.A.P. ter plaatse van alle gelode raaien van de rivier volgens

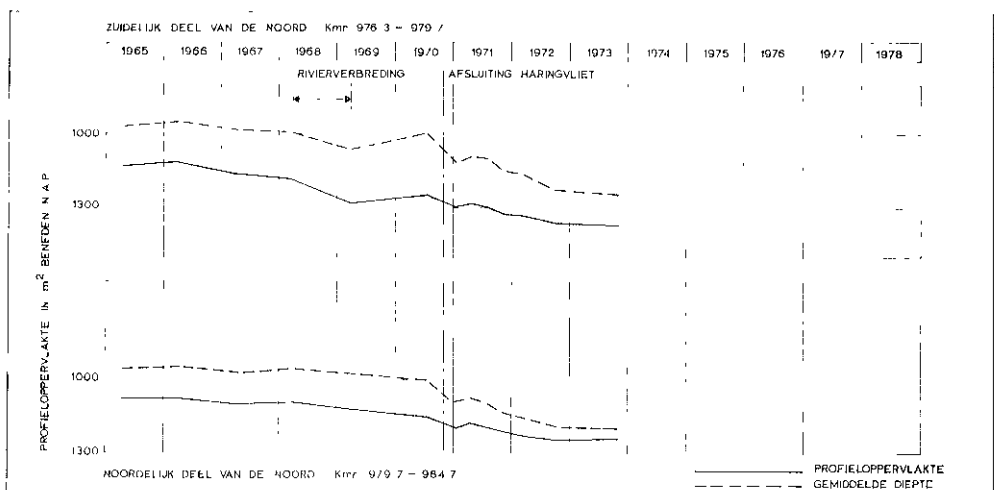
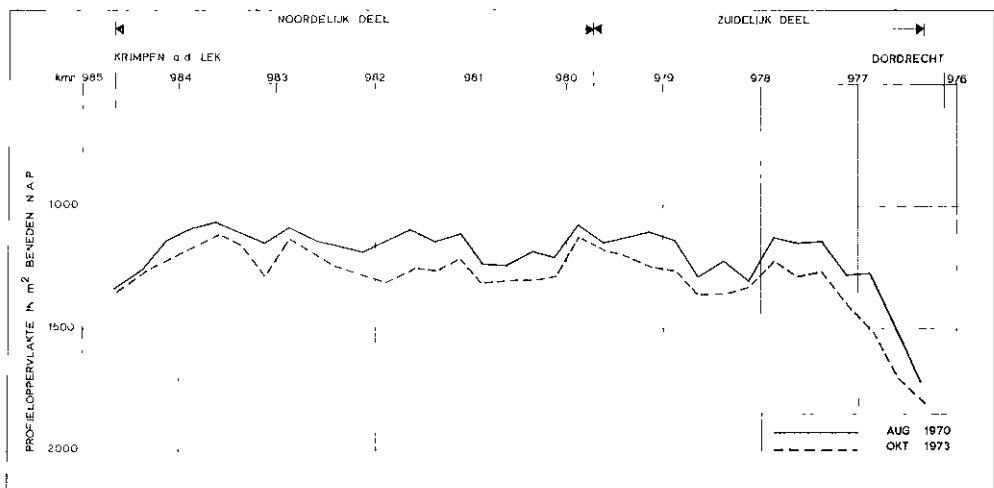
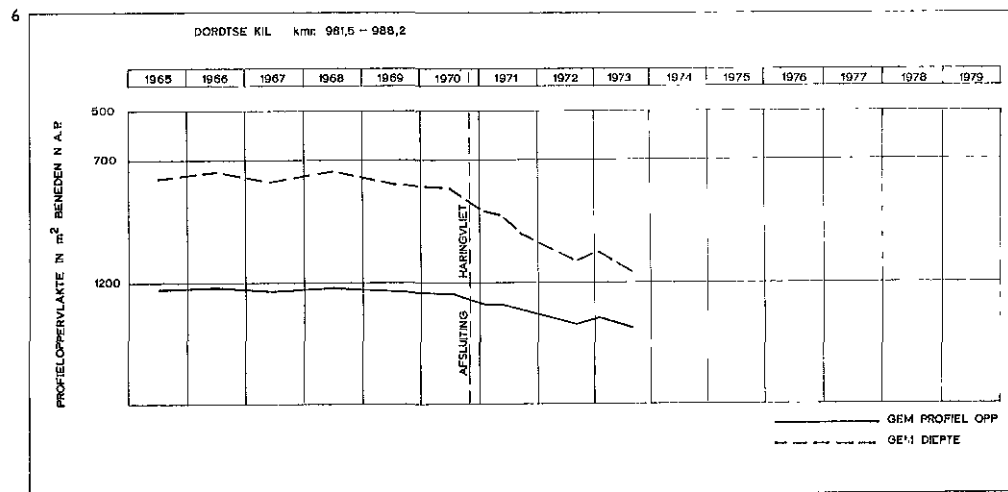
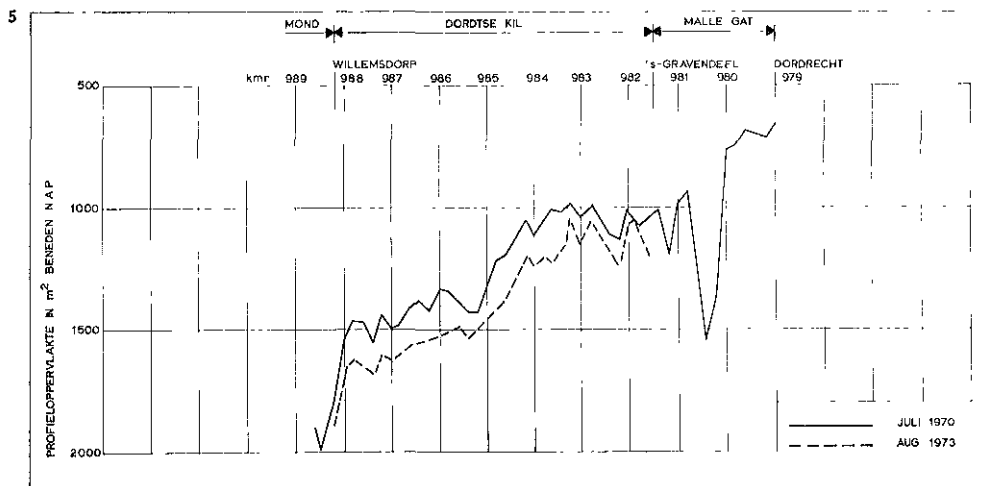


Fig. 5. Profielverandering van Dordtse Kil en Mallegat tussen 1970 en 1973

Fig. 6. Diepte en profieloppervlak van de Dordtse Kil, 1965-1973

de toestand in het najaar van 1970 en het najaar van 1973. Voorts het gemiddelde profieloppervlak van een rivier of riviervak over de periode 1965-1973. Dit om de discontinuïteit in het gedrag van de rivieren als gevolg van de afsluiting van het Haringvliet te kunnen vaststellen.

Tenslotte is de ontwikkeling bepaald van de gemiddelde diepte van de rivier of het riviervak, eveneens over de periode 1965-1973. In dit artikel wordt volstaan met het geven van de ontwikkeling van de genoemde grootheden voor een aantal rivieren. Het getijvolume van het benedendeel van de *Oude Maas*, voorbij het splitsingspunt met het Spui, is bij gemiddelde Bovenrijnafvoer en gemiddeld getij toegenomen van 46 tot 58 miljoen m<sup>3</sup>, een toename met 25%. Het profieloppervlak is tussen najaar 1970 en



najaar 1973 7 tot 8% groter geworden. Volledige aanpassing van het profiel aan het vergrote getijvolume zou 8 à 10 jaar in beslag nemen. Langdurig optredende westerstormen kunnen dit proces echter vertragen; via de mond van de Rotterdamse Waterweg kan er dan weer zand en slib worden afgezet. Boven het splitsingspunt met het Spui vond op de Oude Maas aanzanding plaats.

Het *Spui* kreeg in de bovenmond een aanzienlijk groter getijvolume. Mede door het karakter van deze rivier – smal met veel bochten – is de aanpassing van het profiel snel tot stand gekomen.

De *Noord* kreeg een 25% groter getijvolume. In drie jaar tijds is het profieloppervlak daar met 8 tot 9% toegenomen. Het volledige aanpassingsproces zou 10 tot 15 jaar kunnen duren.

De *Dordtse Kil* heeft relatief gezien de grootste bodemveranderingen ondergaan. Het gemiddelde profieloppervlak is toegenomen van 1250 m<sup>2</sup> tot 1380 m<sup>2</sup>, dus met 10%. Het gemiddeld optredend getijvolume is toegenomen met 25%. Deze rivier zal in 1974 en volgende jaren ter wille van de scheepvaart een aanzienlijke verruiming ondergaan, mede in verband met de nieuwe scheepvaartverbinding Dordtse Kil – Krabbegeul – Oude Maas. Het hierop aansluitende gedeelte van de Oude Maas is al eerder kunstmatig verulmd.

De *Nieuwe Merwede* kreeg gedurende het eerste halfjaar na de afsluiting van het Haringvliet veel zand en vooral slib van de Waal, dat zich voornamelijk in het middendeel van de rivier afzette. Later zijn de grootste afzettingen in het benedendeel opgetreden.

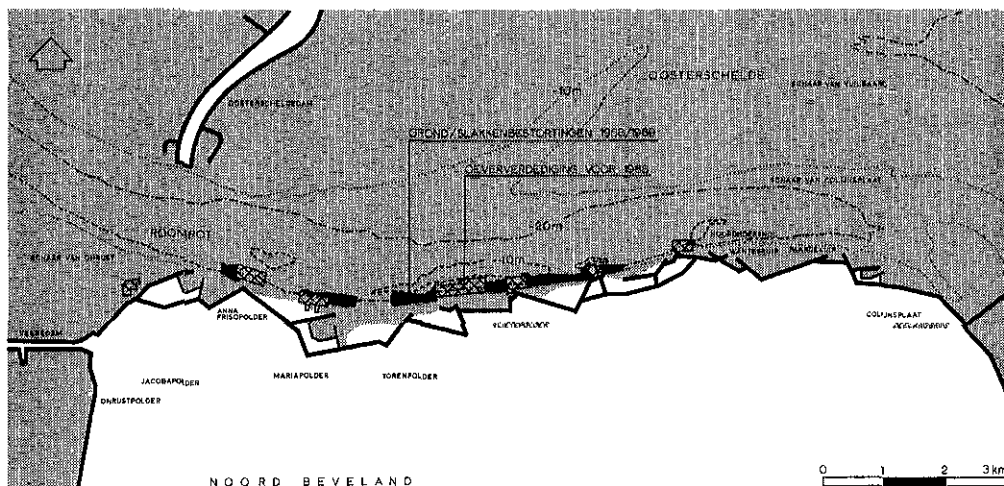
Het lijkt logisch te veronderstellen dat het proces van aanslibbing en opzanding zich op deze wijze in benedenwaartse richting verder zal ontwikkelen. Het gemiddelde profieloppervlak is afgenomen met 8%, van 2165 m<sup>2</sup> tot 1995 m<sup>2</sup>. De totale hoeveelheid doorstromend water is gemiddeld over de rivier afgenomen met 25%. Hoge rivierafvoeren, die in de beschouwde periode echter nauwelijks zijn voorgekomen, zullen dit aanslibbingsproces tijdelijk kunnen verstoren. Er kan dan alleen zand worden afgezet, terwijl het slib tot verder benedenstrooms zal worden meegenomen. Na langdurige perioden van lage rivierafvoeren, zoals de periode 1970–1973 in hoofdzaak is geweest, zal het inmiddels afgezette slib echter moeilijk meer verwijderd kunnen worden. Bij snel op elkaar volgende perioden van lage en hoge rivierafvoeren zou dat wel kunnen. In de benedenmond van de Nieuwe Merwede heeft zuigwerk plaatsgevonden, waardoor de afzetting van zand en slib daar niet meer waarneembaar is in de ontwikkeling van het werkelijke profieloppervlak.

## Ontwikkeling van de Noordbevelandse oever

De topografie van Noord-Bevelands noordkust is gedurende de laatste vijftig jaar, althans wat het westelijk gedeelte betreft, drastisch gewijzigd, grotendeels als gevolg van de uitvoering der Deltawerken. Allereerst werd in 1953 het oeverwerk voor de Onrustpolder zoewaarts uitgebreid, nadat in 1951 in die omgeving een kleine zettingsvloeiing van 56 000 m<sup>3</sup> was opgetreden. Vervolgens werd, in de periode 1958–1961 de Veerse Gatdam aangelegd, waardoor de eb- en vloedbeweging door het Veerse Gat ophield invloed uit te oefenen op de langs Walcheren en Noord-Beveland trekkende stromen. Een vergelijking van de peilkaarten van 1962 en 1971 laat enige veranderingen zien in de bodemfiguratie. De geulen hebben hun bedding enigszins verlegd, waardoor het oeverwerk bij de Onrustpolder nog meer

geprononceerd begon uit te steken. In de Schaar van Onrust werd, tegenover de Onrustpolder, aangroeiing van het onderzees plateau waargenomen. De dieptelijn van N.A.P. – 10 m trok aan de plaatszijde ongeveer 90 m landwaarts. De turbulentie rond het oeverwerk werd er door deze ontwikkelingen niet minder op. Vooral aan de westkant resulteerde dit in achterultgang van met name

Fig. 1. Situatie van de Noordbevelandse oever in 1974



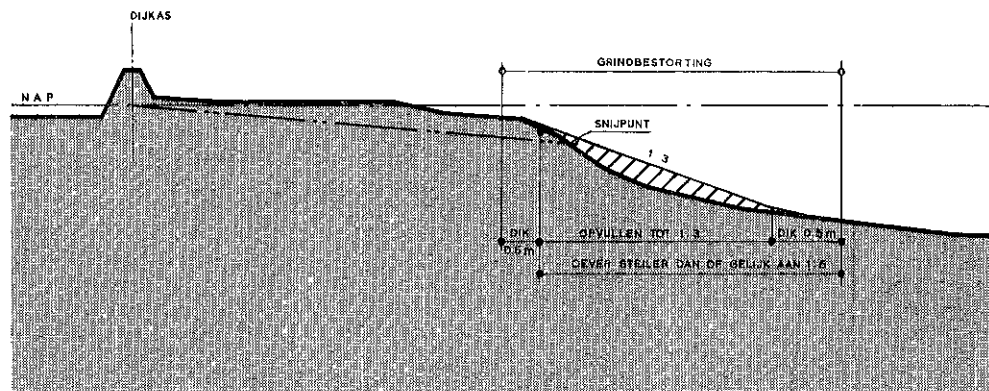
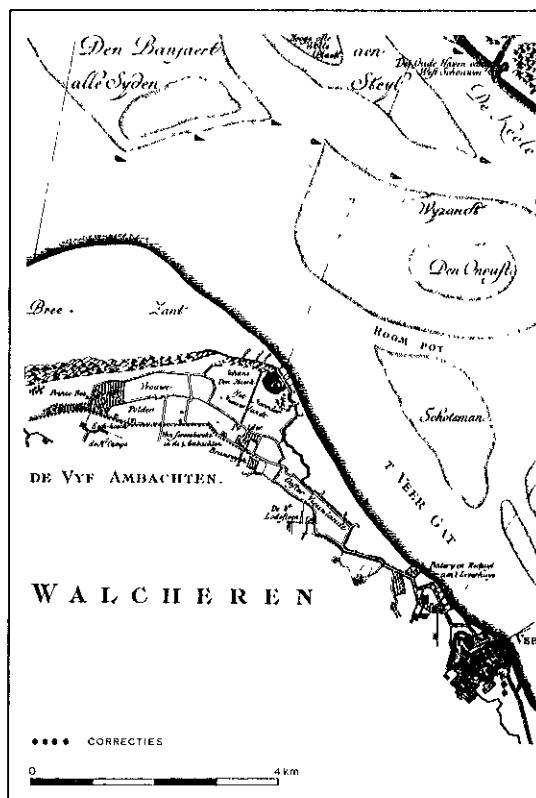


Fig. 2. Dwarsprofiel van de grindbestortingen langs de Noordbevelandse oever

het bovenste gedeelte van de onderwater-oever. De kortste afstand tussen de laagwaterlijn en de hoogwaterkering bedraagt daar thans ongeveer 150 m. Even ten oosten van dit oeverwerk zou volgens het Deltaplan de Oosterscheldedam aansluiten op de oever van Noord-Beveland. Een aantal onderzeese werken is, ter voorbereiding van de aanleg van de dam, in deze omgeving inmiddels al uitgevoerd. In de sluitgaten zijn bodembeschermingen aangebracht, en de pylonen voor de ophanging van een serie kabelbanen zijn ingeheid. Langs de noordkust van Noord-Beveland is ten behoeve of als gevolg van de Deltawerken een drietal havens aangelegd. Allereerst werd, in 1961 al, een nieuwe vissershaven in gebruik genomen, gelegen naast de gemeentehaven van Colijnsplaat. In 1968 en 1969 werd de werkhaven 'Sophiapolder' voor de Deltadienst aangelegd. In samenhang met dat werk werd toen tevens in oostelijke richting een duinregel opgespoten ter versterking van de summiere zandrug die tegen de zeedijk van de Mariapolder en van de Torenepolder lag. Ten slotte werd, in 1971 en 1972, de dam-aanzet gerealiseerd aan de noordzijde van de Onrust- en Jacobapolder; aan de binnenzijde daarvan werd opnieuw een werkhaven gemaakt. De twee eerstgenoemde havens hebben naar het zich laat aanzien tot heden geen invloed van betekenis gehad op de gedragingen van de Noordbevelandse oevers. De havendammen en -plateaus hebben plaatselijk wel een extra veiligheid gegeven aan de hoogwaterkeringen. Evenzo functioneerden de damaanzet en de werkhaven aan de Jacobapolder als extra bescherming van de dijken der achterliggende polders; als voor-



Map of the Anna Friso Polder showing four water storage areas:

- VAL: 47,000 m³
- VAL: 27,000 m³
- ONTGRONDING: 63,000 m³
- ONTGRONDING: 134,000 m³

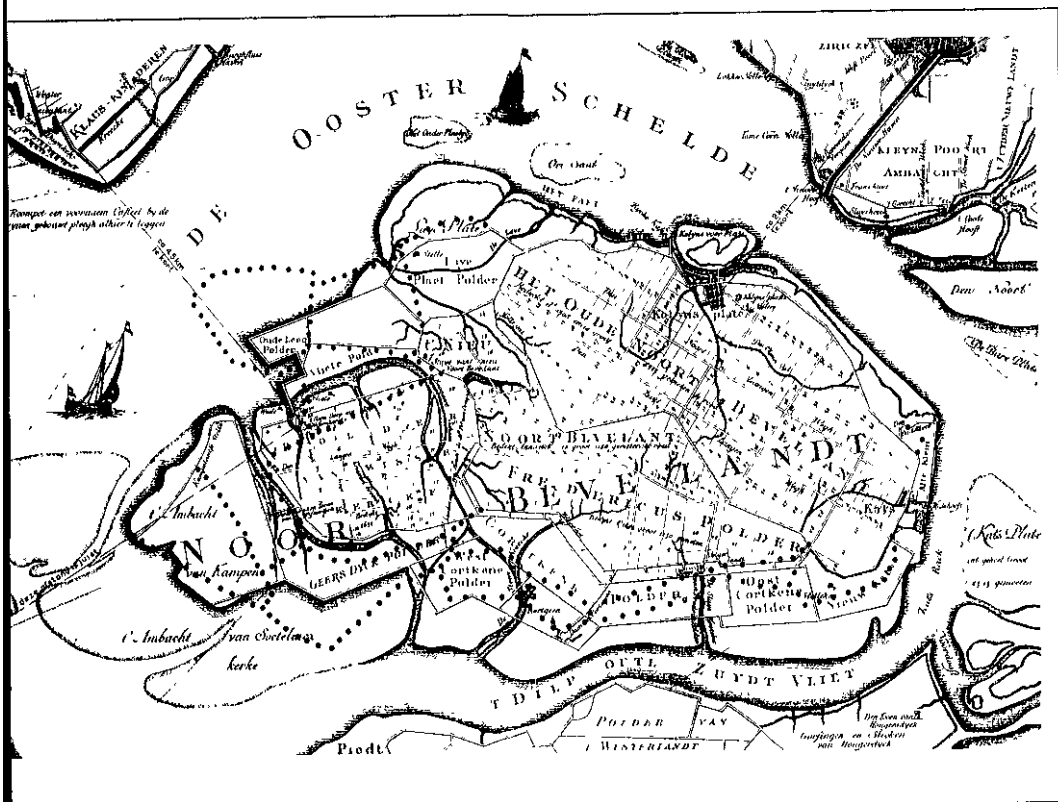
Contour lines are labeled with elevations: 350, 250, 225, 200, and 175.

Scale bar: 0 to 300 m.

Labels: JACOBIA-POLDER, ANNA FRISO POLDER.

Fig. 3. Omvang en plaats van de meest recente vallen en ontgrondingen

Fig. 4. Kaart van N. I. Visscher, 17e eeuw



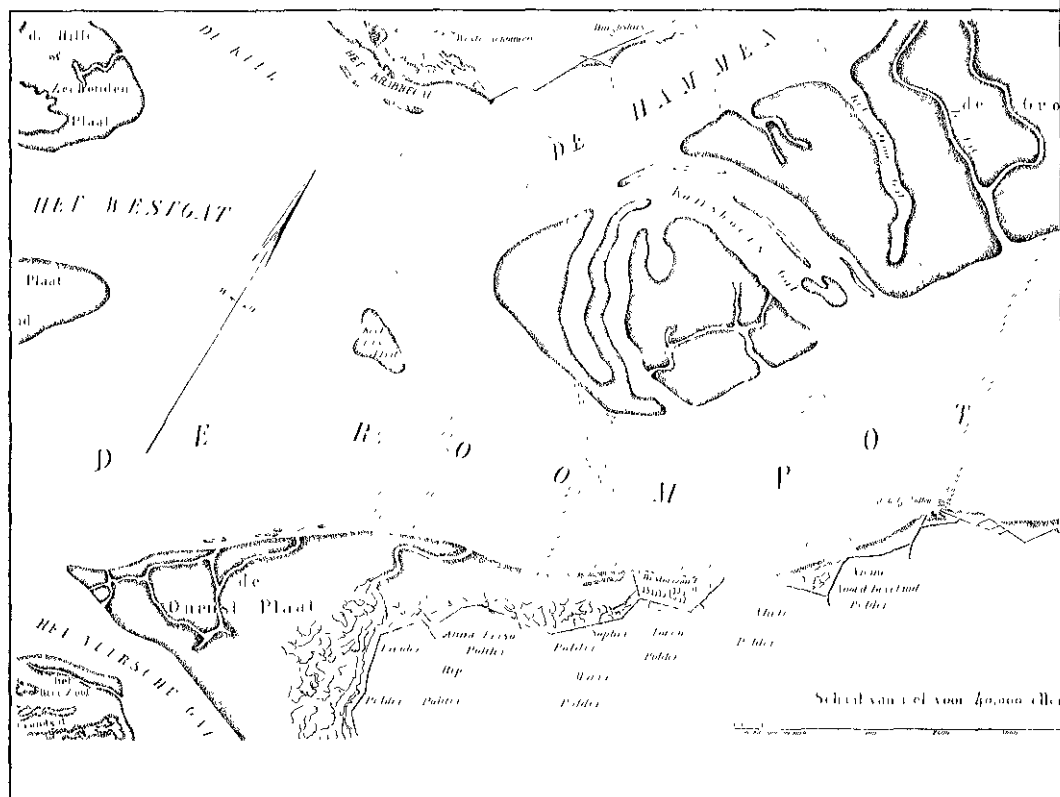
gevolge van de afsluiting van het Volkerak in dit gebied met 5 tot 10% zouden toenemen. Dit zou de kans op het optreden van oevervallen vergroten. Een versterkte stroomaanval werd vooral verwacht in het gebied ten westen van het punt waar de ebstream van de Vuilbaard uitmondt in de Roompot. Ter bescherming is toen een uitgebreide bestorting aangebracht van grind en fosforslakken. Zie voor een meer gedetailleerde beschrijving van deze werken Bericht 43 (februari 1968).

## Grondgesteldheid

Een globale indruk van de geologische opbouw van de Noordbevelandse oever kan men ontleenen aan de vergelijking van een aantal detailkaarten uit het verleden. Geschiedte objecten voor vergelijking zijn de 17e eeuwse

kaart van N. I. Visscher en de vroeg negentiende eeuwse van W. van Wijngaarden en A. Decker. Op Visschers kaart zijn de meeste afstanden verkeerd ingetekend. Niettemin kan deze kaart dienen om een algemene indruk te krijgen, hoe de kust van Noord-Beveland er omstreeks 1650 bijlag. Waar nu de noordwestelijke polders liggen, ziet men een platen- en schorrengebied. De kaart van Wijngaarden en Decker – 1820 – is nauwkeuriger. Men krijgt een goed beeld van de oever, de voorliggende geul en het platengebied van de Oosterschelde. Aan de noordoostzijde was Noord-Beveland toen al danig afgebrokkeld; aan de westzijde had de Onrustplaat nog een bolle oeverlijn. De noordwestelijke helft van Noord-Beveland was in 1820 een verzand gebied waarvan het middengedeelte echter al aan het afnemen was. De noordoostelijke

Fig. 5. Kaart van W. van Wijn-  
gaarden en A. Decker, 19e eeuw





uit jong zeezand opgebouwd. In de 16e eeuw strekte deze zandplaat zich uit tot enkele honderden meters ten noorden van de voormalige Al te Kleinpolder. De noordwestelijke dijk van dat poldertje was trouwens voor 1530 een deel van de oorspronkelijke zeevering van Oud Noord-Beveland. De grens van dat oude eiland liep vanaf de Al te Kleinpolder sterk zuidwestwaarts weg. Ten oosten daarvan is later het gebied van de Leendert Abrahamspolder ontstaan, dat voor 1530 nog grotendeels water was. Omstreeks 1650 resteerde daarvan alleen het Katse Rack als een vrij brede geul, en in 1750 was ook die al voor een groot deel verzand, zodat de op- en aanwas in 1853 rijp was voor bedijking. Het is duidelijk dat de ondergrond van de Leendert Abrahamspolder uit jong afgezet materiaal bestaat.

De theorie over zettingsvloeiingen zegt, dat vallen kunnen optreden in jong zeezand, wanneer dat zandpakket aan erosie door de getijbeweging bloot staat. Het grootste deel van de noord- en oostkust van Noord-Beveland moet dus worden beschouwd als een vallengevoelige oever.

Sinds 1880 hebben er 150 vallen en afschuivingen plaatsgevonden; de gegevens zijn in onderstaande tabel gesystematiseerd. De meest recente vallen en ontgrondingen hebben zich, zoals ook al blijkt uit de tabel, voorgedaan in de omgeving van de Jacobaspolder. In het voorjaar van 1972 vond er een oeverval van 120 000 m<sup>3</sup> plaats langs de westflank van het oeverwerk; daarop volgde een aantal onderzeese vallen in december 1973, bij welke gelegenheid aan de westzijde van de havenmond ruim 47 000 m<sup>3</sup> zand verdween, en ten oosten van de oostelijke

havenmond ruim 27 000 m<sup>3</sup>. Ongeveer tegelijkertijd verdween op de oeverwerken van de aangrenzende Anna Frisopolder een kleine 200 000 m<sup>3</sup> zand dat eerder op de werken was afgezet in de trog voor het oeverwerk. Verwacht wordt dat de door deze verschuiving verondiepte put spoedig zijn oorspronkelijke diepte terug zal krijgen.

### Waterbeweging

De reeds uitgevoerde Deltawerken hebben in de afgelopen 25 jaar ook de getijstromen rond het eiland Noord-Beveland aanzienlijk gewijzigd. De grootste invloed had natuurlijk de plotselinge afsluiting van het Veerse Gat op 27 april 1961, waardoor de getijbeweging wegviel langs de westelijke en zuidelijke oever van het eiland – of, sedert de aanleg van de Zandkreekdijk eigenlijk schiereiland – Noord-Beveland. Langs de noordelijke en oostelijke oever veranderde de getijbeweging niet noemenswaardig, zo blijkt uit vergelijking van de stroommetingen in de periode 1959–1969. In die periode is, als onderdeel van een algemeen getij-onderzoek in het Oosterscheldebekken, in onder andere de Roompot een uitgebreid meetprogramma uitgevoerd, waarbij in een groot aantal meetpunten stroomsnelheids- en -richtingsmetingen werden verricht.

Er is naar gestreefd, de metingen in punten van dezelfde raai zoveel mogelijk tegelijkertijd uit te voeren, waardoor een duidelijk beeld van de snelheidsverdeling in een raai is verkregen. Het gemiddelde snelheidsverloop in elk meetpunt werd getekend als functie van de tijd, en het beeld van de stromingen werd opgebouwd uit vergelijking van de ver-

**Tabel.** Vallen en afschuivingen sinds 1880

| polder                     | aantal | in de periode | max. verplaatste<br>grondmassa<br>in m <sup>3</sup> x 1000 | globale diepte-<br>grens van de<br>val t.o.v. N.A.P. |
|----------------------------|--------|---------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Onrustpolder               | 5      | 1898–1951     | 70                                                         | – 11 m                                               |
| Jacobapolder               | 15     | 1886–1973     | 47                                                         | – 11 m                                               |
| Anna Frisopolder           | 31     | 1881–1968     | 450                                                        | – 20 m                                               |
| Mariapolder                | 6      | 1880–1922     | 610                                                        | – 16 m                                               |
| Torenspolder               | 7      | 1886–1944     | 840                                                        | – 22 m                                               |
| Vlietpolder                | 7      | 1886–1956     | 935                                                        | – 24 m                                               |
| Nieuw Noord-Bevelandpolder | 11     | 1883–1938     | 400                                                        | – 22 m                                               |
| Oud Noord-Bevelandpolder   | 24     | 1881–1960     | 450                                                        | – 22 m                                               |
| v.m. Al te Kleinpolder     | 12     | 1882–1938     | 550                                                        | – 21 m                                               |
| Leendert Abrahamspolder    | 32     | 1887–1966     | 1158                                                       | – 24 m                                               |

schillende snelheidskrommen. Om de van dag tot dag wisselende tij-omstandigheden uit het beeld te elimineren werden alle gemeten snelheden herleid tot de waarde die ze zouden hebben bij gemiddelde getij-omstandigheden. Er werd zo, behalve een goed overzicht van de onderlinge grootteverhouding der snelheden in de verschillende meetpunten, ook een duidelijk beeld verkregen van de variatie in stroomrichting.

Na de afsluiting van het Volkerak – 28 april 1969 – en wederom na de voltooiing van het damvak Geul in de Oosterschelde – juli 1972 – is een vervolgonderzoek ingesteld naar de veranderingen in de stroomsnelheden en -richtingen in de Roompot ter plaatse van meetpunt A (Vlietepolder). In verband met de van dit punt beschikbare gegevens konden alleen veranderingen worden onderzocht bij 'normale' getijbeweging. Dat wil zeggen bij verticale getijden waarvan de halftijstanden niet meer dan 30 cm afwijken van het tien-jaarlijks gemiddelde. Om de opgetreden snelheidsveranderingen te kunnen vaststellen is een vergelijking getrokken tussen een aantal stroomsnelheidsmetingen uit de jaren 1959–1966 enerzijds en uit de periode na de afsluitingen van respectievelijk het Volkerak en de Geul anderzijds. Steeds werden de maximale vloed- en ebsnelheden uitgezet tegen de bijbehorende verticale-getijstanden te Burghsluis. Het blijkt gerechtvaardigd de relatie tussen stroomsnelheid en getijverschil voor te stellen als een rechte lijn. Uit metingen en berekeningen blijkt dat de maximale ebsnelheden tijdens springtij na de afsluitingen met ongeveer 8% zijn toegenomen. De maximale vloodsnelheden zijn echter niet noemenswaard veranderd.

Voorts zijn alle metingen in punt A per half uur gemiddeld, en herleid tot de waarde bij gemiddeld getij. Zet men deze snelheden uit tegen de tijd, dan blijkt dat de stroom-snelheidskromme na de afsluiting van Volkerak en Geul ongeveer 15 minuten in fase is verschoven, en wel zo dat de tijdstippen van de kenteringen en de maximale snelheden ten opzichte van 1968 zijn vervroegd.

Ook in twee andere punten, voor de Leendert Abrahamspolder (B) en voor de Jacobapolder (C) is een onderzoek ingesteld naar de verandering van de stroomsnelheden. In meetpunt C is in 1968, 1971 en 1972 slechts tweemaal per jaar een volledig getij gemeten; in meetpunt B gebeurde dit in 1968 viermaal en in 1974 twee maal. Gezien dit geringe aantal metingen per jaar geven de snelheidskrommen die uit deze metingen zijn afgeleid, slechts een globaal inzicht in de snelheidsverande-

ringen in de punten B en C. In B zijn de stroomsnelheden niet noemenswaard veranderd. In C daarentegen zijn zowel de vloed- als de ebsnelheden na de afsluiting van het Volkerak en de Geul duidelijk toegenomen. De grootte van de verandering is door het geringe aantal metingen moeilijk vast te stellen. Ook de in 1973 uitgevoerde stroommetingen in de Roompot nabij het damtracé – meetpunten D en E – geven geen uitsluitend omtrent het percentage van de veranderingen, omdat er geen vergelijkbare gegevens zijn van vóór 1968. Bovendien is het stroombeeld daar tengevolge van de aanleg van de dam-aanzet sedert 1973 veranderd. Voor beide meetpunten geldt dat er bij normale getij-omstandigheden een redelijk rechtlijnig verband bestaat tussen getijdaling en maximale ebsnelheid en tussen getijrijzing en maximale vloodsnelheid. Met behulp van frequentiekrommen van de getijdalings- en -rijzingen, samengesteld uit de getijregistraties bij Vlietepolder in de periode 1966–1971, kunnen de frequenties van de maximale snelheden ter plaatse van de punten D en E worden bepaald. In meetpunt D in de Schaar van Onrust, blijken bij 50% van het aantal getijden maximale ebsnelheden voor te komen van meer dan 97 cm/sec en maximale vloodsnelheden van meer dan 1,42 cm/sec. De maximale vloodstroom overheerst daar dus sterk. In meetpunt E treden in 50% der gevallen maximale ebsnelheden op van meer dan 1,65 cm/sec, en maximale vloodsnelheden van meer dan 1,40 cm/sec.

Tijdens de maximale ebstroom treden in meetpunt E, vooral bij springtij, sterke wervelingen op, die er de oorzaak van zijn dat de daar aanwezige trog in stand blijft. Tegelijkertijd komen langs de oever randneren voor, waarin een gedeelte van het opgewoelde zand bezinkt.

## Vorderingen

### A. De werken van het Deltaplan

#### Volkerak

#### Derde schutsluis, Inlaatsluis en jachtensluis

Het betonwerk van de derde sluis is voltooid. Op 26 augustus is begonnen met het inlaten van water in de bouwput. Op dezelfde dag heeft de minister van Verkeer en Waterstaat een bezoek gebracht aan de werken.

In november 1974 zal worden begonnen met het aanvullen van het sluissterrein. Het daartoe benodigde zand wordt ontleend aan de werken voor de uitbreiding van de noordelijke voorhaven.

In de verslagperiode is voortgegaan met de opbouw van de pijlers en de keerwanden van de inlaatsluis.

Het landhoofd en de keerwanden van de jachtensluis aan de Volkerakzijde zijn gereed. Begonnen is met het maken van de laatste deurskasmoot aan de Hollands-Diepzijde.

De voorgespannen liggers van

8 velden aan de overbrugging van de sluisen zijn aangebracht. De totale overbrugging bestaat uit 10 velden. De liggers voor de laatste 2 velden worden aangebracht zodra het landhoofd aan de Volkerakzijde gereed is. Wanneer alle liggers zijn aangebracht worden de stroken tussen de liggers aangevuld met beton.

Van 3 velden is inmiddels de dwarsvoorspanning van het dek aangebracht.

#### Verkeerskokers op het Hellegatsplein

Na de bouwvakantie is begonnen met de tweede storten van het noordelijk kunstwerk. Van het zuidelijk kunstwerk zijn inmiddels 5 van dergelijke storten gereed.

Begonnen is met de bouw van de vleugels van beide kunstwerken, terwijl tevens een aanvang is gemaakt met de uitvoering van de derde koker.

#### Geleidedammen, voorhavens, toeleidingsgeulen en stortbedden voor de Inlaatsluis en de jachtensluis

Uit de toeleidingsgeulen en uit de voorhavens is in totaal 1 150 000 m<sup>3</sup> specie gebaggerd. Het zinkwerk voor de bouw van de geleidedammen, voorzover gelegen buiten de ringdijk van de bouwput voor de sluisen-

bouw, is gereed. De oostelijke dam aan de buitenzijde van de zuidelijke ringdijk van de bouwput voor de sluisenbouw is grotendeels gereed. In de verslagperiode is voortgegaan met de aanleg van de glooiing van de westelijke dam aan de buitenzijde van de zuidelijke ringdijk boven N A P. + 0,75 m.

#### Brouwerhavensche Gat

#### Bouwput voor de doorlaatsluis

De laatste week van juni is de aannemer van het werk, Aannemingsmaatschappij Van Oord Utrecht N.V., begonnen met het aanbrengen van de westelijke ringdijk om de bouwput. De ringdijk moet ter plaatse tijdelijk de waterkerende functie van de Brouwersdam overnemen, omdat die voor de aanleg van de doorlaatsluis tot een diepte van N.A.P. - 13 m moet worden doorgraven.

Het zand voor de ringdijk wordt met de profielperszuiger 'Westerschelde' gewonnen in het Grevelingenmeer. De zuiger maakt daar meteen een gedeelte van de toeleidingsgeul voor de sluis. Het zand wordt door drijvende en vaste leidingen over de dam getransporteerd en in het werk gebracht. Bij de kruising met de verkeerswegen op de binnenberm van de dam is de leiding onder de wegen doorgeleid. Waar hij de recreatiweg op de buitenberm kruist is de leiding op de berm aangebracht en is de weg over de leiding heen gelegd. Een damwand van gewapend beton in de teen van de dijk is aangebracht, evenals de steenkorven daarlangs.

Op het werkterrein nabij de haven Middelplaat is een 110-ton asfaltmolen opgesteld. In deze molen is gietasfalt voor de slab en voor het penetreren van de steenglooiing boven de damwand gemaakt. Tevens is een deel van de asfaltbetonkleding aangebracht.

Bij het gedeelte van de ringdijk dat later, na het voltooiën van

de doorlaatsluis, moet worden doorgebaggerd, worden in plaats van draadkorven en slab, kraagstukken aangebracht. Deze kraagstukken worden tijdens laag water in het werk gemaakt.

### Oosterschelde

De samenstelling van wapeningsnetten voor de steenasfaltmatten in de fabriek op het werkterrein van de haven Schelphoek is in de afgelopen periode zonder stagnaties voortgezet. De wapeningsnetten zijn bestemd voor de randbe-

zinking in het sluitgat Hammen. De randbezinking ten oosten van de in dit sluitgat geplaatste pylonen is in de verslagperiode gereedgekomen. Door het asfaltschip 'Jan Heymans' werden 44 steenasfaltmatten, elk 155 m lang, vervaardigd en afgezonken. Daarna werd het schip verhaald en is begonnen met het aanbrengen van de randbezinking ten westen van de pylonen.

In de Roompot ging men verder met het leggen van betonblokkenmatten. In deze periode werden totaal 40 stukken van 200 x 30 m afgezonken. Een gedeelte ervan werd met staalslakken of grind afgestort. Vanaf 1 februari 1974, het begin van het leggen van deze vaste ballaststukken, tot aan het einde van deze periode werd

totaal 552 000 m<sup>2</sup> gelegd. De werkzaamheden aan de bouw van de kabelbanen zijn vanwege de politieke ontwikkelingen rond de Oosterschelde stilgelegd.

In de werkhaven Neeltje-Jans werd stortsteen 60-300 kg aangevoerd en in depot gelost. In de werkhaven Schelphoek werd steenslag 20/40 mm aangevoerd, bestemd voor de vervaardiging van steenasfaltmatten. Deze steenslag werd deels rechtstreeks uit aanvoer overgeslagen in elevatorbakken en deels in depot gelost. In de werkhaven Noordland werden grind en staalslakken aangevoerd en verwerkt op de bodembescherming van de Roompot. In deze haven werden ook fosforslakken aangevoerd en in depot gelost

Foto: De werken in het Volkerak, september 1974



