

deltawerken

mei 1967 nummer 40



deltawerken

REDACTIE: DELTADIENST
VAN HOGENHOUCKLAAN 60,
'S-GRAVENHAGE

ABONNEMENTEN,
VERKOOP LOSSE NUMMERS:
STAATSUITGEVERIJ, CHR. PLANTIJNSTRAAT - 'S-GRAVENHAGE

De prijs bedraagt f7,- per jaar of f2,- per nummer

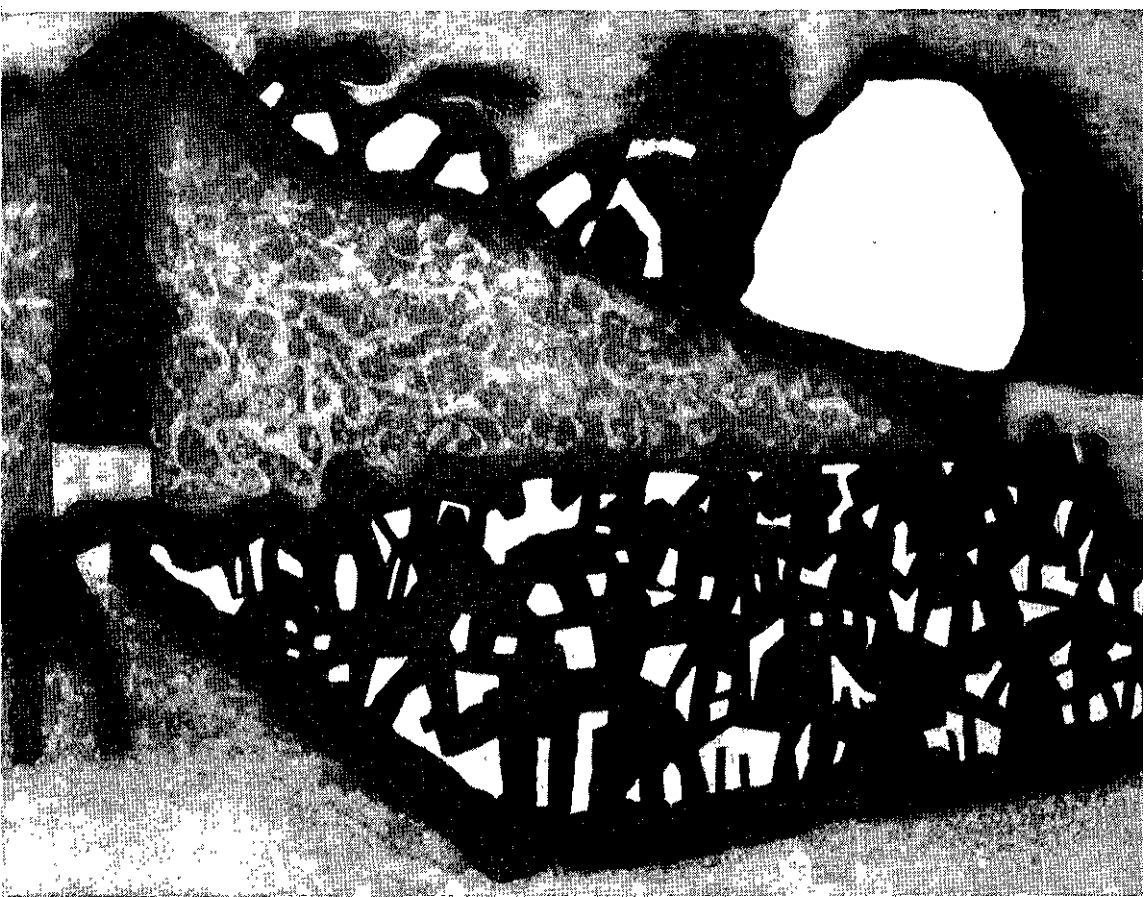
A. De werken van het Deltaplan

- 507 Onderzoek naar de verschillende methoden van bodembescherming
- 518 De verhouding van getijvolume en doorstromingsprofiel in de zeegaten
- 525 De verdediging van het buitenbeloop van de op de uitwateringssluizen in het Haringvliet aansluitende damgedeelten
- 531 Verdichting van losgepakte zandlagen bij het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen in het Haringvliet
- 534 De bepaling van de grootte van wateroverdrukken onder een gesloten asfaltmastiekmat
- 541 De damvakken op de Middelpaalt en de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat
- 547 De ontgraving van het bouwdok voor de doorlaatcaissons ten behoeve van de Volkerakafsluiting

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland

- 551 De verzwaring en verhoging van de zeewaterkering ten noorden van de Eendragtspolder op Texel
- 553 **Vorderingen**

Rijswerkers, ets en aquatint van H. van Kruiningen



Het is vanaf de aanvang van het Deltaplan duidelijk geweest dat de grote afsluitingen waarin het plan voorzag, niet tot stand zouden kunnen worden gebracht uitsluitend met behulp van de bestaande werkmethoden. Bij de oprichting van de Deltadienst is dan ook onmiddellijk een afdeling gevormd voor de ontwikkeling van nieuwe materialen en werkmethoden, die zich alleen bezighield met het zoeken naar nieuwe mogelijkheden. Bij de uitvoering van de verschillende werken werd elke gelegenheid benut die mogelijkheden op hun verdienste voor de praktijk te onderzoeken. Vooral bij de afsluiting van de Grevelingen is op grote schaal met nog onvoldoende bekende methoden en materialen geëxperimenteerd. Voor het eerst werd daar een gat geleidelijk gesloten met behulp van een kabelbaan, waarbij ook verschillende nieuwe materialen op hun geschiktheid voor dit type sluiting werden beproefd. Nieuwe wijzen van bodembescherming werden aan experimenteel onderzoek op grote schaal onderworpen.

Welke methode van afsluiting men ook kiest, het ontwerpen van een doelmatige bodembescherming zal bij de beweeglijke zandbodem in onze zeegaten steeds een essentiële voorwaarde zijn voor het welslagen van de sluitingsoperatie. Bij de opbouw van een afsluitdam uit steen of ander stortmateriaal moet men er om de stabiliteit te verzekeren niet alleen zeker van zijn dat de bodem onder de dam niet door stroom wordt aangetast, doch ook moet er voor worden gezorgd dat de bodem aan beide zijden van de dam over voldoende breedte wordt beschermd tegen uitschuring. Door de over de dam trekkende getijstromen immers zullen bij een onbeschermd bodem aan weerszijden van de dam ontgrondingen optreden, die in geval ze te dicht bij de dam voorkomen, eveneens stabiliteitsverliezen kunnen veroorzaken.

Vanwege het grote belang van de bodembescherming bij de sluitingsoperaties is in de zomer van 1963 een commissie in het leven geroepen, met als belangrijkste taak het inventariseren van alle tot dusver bekende methoden van bodembescherming. Op grond van een uitgebreide studie zou men moeten komen tot een aanbeveling van constructies welke volgens de bestaande inzichten technisch en economisch verantwoord moeten worden geacht voor het gebruik bij de grote afsluitingen in het Volkerak, het Haringvliet, het Brouwerhavensche Gat en de Oosterschelde.

Behalve een aantal afdelingen van de Deltadienst waren enige bedrijven en instellingen in de commissie vertegenwoordigd, en wel het Rijkswegenlaboratorium om te adviseren

in alle zaken die asfalt betroffen, de firma Key en Kramer N.V. vanwege haar grote ervaring met koud asfalt, het Shell-laboratorium te Amsterdam als bevoegde instantie op het gebied van warm asfalt, de N.V. Bitumarin, die al in de Grevelingen heeft geëxperimenteerd met methoden voor het onder water leggen van een asfaltslab, de Vereniging van Kunst- en Oeverwerken als overkoepelende zinkwerkorganisatie en het Ministerie van Sociale Zaken, afdeling Arbeidsvoorziening, onder meer om licht te brengen in de sociale problemen van het rijkshoutbedrijf.

Werkwijze van de commissie 'Inventarisatie Bodembescherming'

Voor de beoordeling van de geschiktheid van een bodembeschermende constructie is het noodzakelijk de kenmerkende eigenschappen van zo'n constructie vast te stellen. Ze zijn te verdelen in materiaaleigenschappen als sterkte, buigbaarheid, bestandheid tegen uitwendige – bijvoorbeeld biologische – invloeden, en constructie-eigenschappen zoals weerstand van de constructie tegen stroom- en golfaanval.

De golfaanval is bij het onderzoek slechts zijdelings in de overwegingen betrokken, omdat deze factor bij de toepassing in sluitgaten in het algemeen slechts een ondergeschikte rol speelt.

Voor een aantal constructies is ter vergelijking ook de toepassing als talud- en oeverbescherming nagegaan. Dit bleek niet alleen wenselijk omdat men niet altijd een duidelijke scheiding kan maken tussen bodem- en oeververdediging, maar ook omdat van een aantal nieuwe materialen belangrijk meer bekend was als taludverdediging dan als bodembescherming.

Om doelgericht te kunnen werken werd een drietal werkgroepen gevormd, die elk een bepaald type bodembescherming als onderwerp van studie toegewezen kregen. Naast leden van de commissie namen in elk der drie werkgroepen ook andere, daartoe uitgenodigde, deskundigen zitting. Werkgroep A bestudeerde de rijkshouten, betonnen en rieten zinkstukken, werkgroep B de bodembeschermingsconstructies van kunststoffen en metalen, en werkgroep alle bodembeschermingsconstructies waarin asfalt is verwerkt.

Alleen bij uitzondering werden door de commissie nieuwe onderzoeken uitgevoerd of aan derden opgedragen. Wel werden gedurende het verloop van de studie door het Waterloopkundig Laboratorium bepaalde onderzoeken uitgevoerd, waarvan de ter beschikking gekomen resultaten in de verschillende afzonderlijke studies werden verwerkt.

Ter beoordeling van de geschiktheid van een materiaal of constructievorm hebben de werkgroepen steeds gelet op een viertal hoofdcriteria: de constructiekenmerken, het gedrag als bodembescherming, de wijze van werking en de kosten.

De constructiekenmerken kunnen velerlei zijn. Gelet werd op de zanddichtheid, zowel van elk stuk bodemverdediging afzonderlijk als van de naden die ontstaan wanneer men de verdedigingen naast elkaar neerlegt. De doorlatendheid voor lucht, gassen en water werd beoordeeld, alsook de geschiktheid om de bodemfiguratie en de veranderingen die daarin kunnen komen te volgen. Er is voorts gekeken naar de mechanische sterkten, zoals buig- en treksterkte, en het gedrag bij ankerbeschadiging; naar de weervastheid en bestendigheid onder water; naar de resistentie tegen biologische en chemische aantasting.

Gaat men het gedrag van een constructie of materiaal als bodembescherming na, dan let men op de stabiliteit met betrekking tot overtrekkende stroom, wervelingen en neren; op de hydraulische ruwheid, en de randeffecten met betrekking tot ruwheid, dikte en flexibiliteit van de verdediging.



Klassiek rijshouten zinkstuk

Onder het hoofd 'verwerking' komen de vragen aan de orde die de aanvoer van het materiaal en de verwerking ervan tot het eindprodukt betreffen. Vanwaar wordt het materiaal betrokken, is het steeds beschikbaar, kan het in voldoende mate worden aangevoerd? Is de fabricage van het produkt al dan niet arbeidsintensief, vraagt de opslag veel terrein of aandacht? Het is voorts van belang vast te stellen hoeveel en welk materieel nodig is bij de aanmaak van de bodemverdediging in kwestie en het afzinken ervan. Welke ervaringen zijn met de constructie opgedaan, hoe groot is het aantal werkbare dagen, en welke produktie kan worden bereikt?

Ten laatste blijft de belangrijke overweging: wat kost het produkt?

Studies der werkgroepen

Het resultaat van de studie van werkgroep A is – omdat riet en beton voor de grote sluitgaten niet in aanmerking komen – samengevat in een als deelrapport uitgebrachte verhandeling over het klassieke rijshouten zinkstuk. De constructiekenmerken en bodem-beschermende eigenschappen van het zinkstuk worden aan een nader onderzoek onderworpen, en er worden aanbevelingen gedaan tot verbetering van zwakke punten in de constructie.

Naast dit samenvattende deelrapport hebben commissieleden en geraadpleegde deskundigen een aantal bijzonderheden nader bezien en de resultaten van hun studies in bijlagerapporten vastgelegd. Zij behandelden onder meer het onderzoek naar het voorkomen van de paalworm en naar de paalwormbestandheid van rijsmateriaal onder verschillende omstandigheden, de aankoop en opslag van rijsmaterialen, de arbeidsvoorzieningen, het gebruik van kunstmatige zaten en mechanische steenstarters en het zinken op stroom.

Aandacht werd ook besteed aan de geschiktheid van azobé-matten ter vervanging van rijshout in waterbouwkundige constructies.

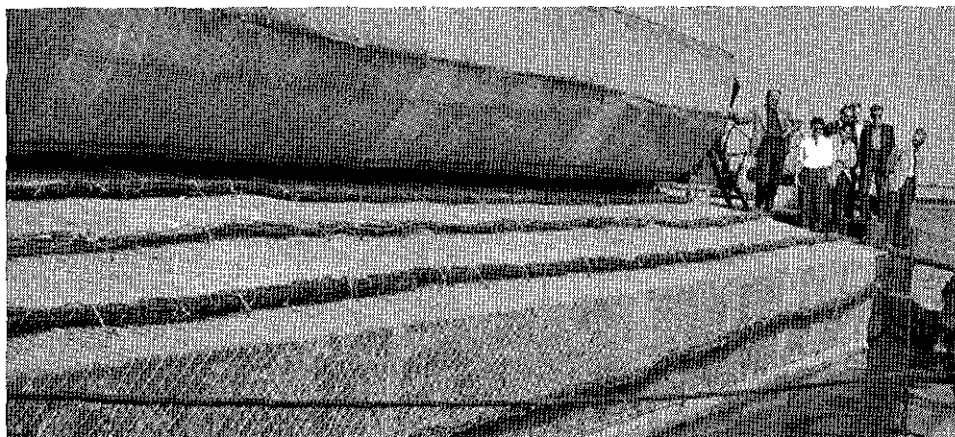
Werkgroep B heeft zich, nadat aluminium als ongeschikt van de lijst van toepasbare materialen was afgefallen, bij zijn onderzoek beperkt tot constructies waarin kunststoffen zijn verwerkt. De kunststoffen bestrijken een zeer groot terrein, dat slechts door

1. Stroomzinken te Hellevoetsluis, september 1960

2. Wiepenbindmachine

3 Een op een haspel gewonden kunststofmat wordt afgezonken in het Zuiderdiep





specialisten op dit gebied goed kan worden overzien. De werkgroep heeft een onderzoek ingesteld naar de toepassing van deze materialen in bodembeschermende constructies, en de resultaten daarvan in een tweetal deelrapporten vastgelegd. In deze rapporten wordt slechts oppervlakkig gesproken over de opbouw, vervaardiging en eigenschappen der betrokken materialen. Het ene deelrapport heeft betrekking op de kunststofweefsels, het andere op de kunststoffolies. Bij de weefsels zijn de kunststofdraden als monofilamenten of als samengestelde draden in twee loodrecht op elkaar staande richtingen geweven, waarbij tussen de draden openingen van verschillende afmeting aanwezig blijven. Het weefsel is dus waterdoorlatend. Kunststoffolies bestaan uit een ononderbroken, zeer dunne laag van kunststof; ze bevatten geen openingen en zijn derhalve niet waterdoorlatend. De belangrijkste onderzochte materialen zijn: nylon, polyvinylchloride, polyetheen en polypropyleen.

Werkgroep C heeft zich bij het onderzoek in het bijzonder met bitumineuze constructies beziggehouden, waarbij veel aandacht werd besteed aan de vraag hoe asfaltmastiek als bodembescherming is te verwerken. Daarbij heeft de werkgroep de beschikbare gegevens over het gedrag van asfaltmastiek in de Krammer bij de afsluiting van de Grevelingen nader geanalyseerd en heeft zij de resultaten van de bij de afsluiting van de Grevelingen genomen proeven met gebitumineerd zand als dambouw materiaal aan een nader onderzoek onderworpen. Ook de mogelijke toepassing van warm en koud zand-asfalt werd gezien, terwijl de gepenetreerde steenbestorting mede in de beschouwingen werd betrokken.

Bruikbaarheid

Uit de resultaten van de verschillende studies blijkt dat men de verschillende typen bodembescherming voor wat betreft hun toepasbaarheid in de grote sluitgaten in drie groepen kan verdelen: ongeschikte constructies, beperkt geschikte constructies en geschikte constructies. Constructies worden in het rapport van de commissie, die immers moest nagaan welke bodembeschermingen voor onmiddellijke toepassing in de grote sluitgaten in aanmerking komen, ongeschikt genoemd wanneer zij of te weinig ontwikkeld zijn dan dat hun waarde thans met voldoende zekerheid kan worden vastgesteld, terwijl er weinig kans is dat daarin op de termijn waarbinnen over het gebruik voor de Delta-

werken beslist zal worden verandering komt, of krachtens huidige inzichten beslist niet geschikt zijn om bij een stroomaanval van enige betekenis een afdoende verdediging te waarborgen. Tot deze groep behoren onder meer zinkstukken van beton, riet, of azobé; kunststofweefsels of -folies, enkelvoudig toegepast zonder bestorting of randverzwaring, aluminiummatten, stortsteenafsluit en warm en koud zandafsluit.

Constructies zijn beperkt geschikt genoemd wanneer mag worden aangenomen dat zij in staat zijn een niet te zware stroomaanval goed te weerstaan. Tot deze groep behoren onder andere maten van zandafsluit gevulde nylon dubbelweefsels en kunststofweefsels of -folies met lichte bestorting. Dergelijke constructies zullen stroomsnelheden tot 1,5 m/sec in elk geval wel kunnen weerstaan. In gebieden waar door de aard van het stroombeeld een grote turbulentie en sterke wervels worden verwacht, moet toepassing worden ontraden.

Met asfaltmestiek onder water gepenetreerde steenbestortingen zijn tot nu weinig in de praktijk beproefd, doch op grond van proeven op beperkte schaal mag verwacht worden, dat deze combinatie goede toepassingsmogelijkheden biedt. De opbouw van deze bodembescherming kan velerlei vorm aannemen, van een mestieklag op een steenbestorting tot een filter met gestabiliseerde bovenlaag.

Hoewel de toepassing van gepenetreerde steenbestorting voorlopig als beperkt geschikt moet worden geclassificeerd, wordt het waarschijnlijk geacht, dat op grond van wat meer uitgebreide ervaring de classificatie in 'geschikt' zal kunnen worden veranderd.

Constructies die geschikt geacht worden zijn het rijshouten zinkstuk, de gegraadeerde steenbestorting met of zonder kunststofweefsel als onderlaag en de asfaltmestiekmast. Aan deze geschikt geachte constructies zullen in het hierna volgende nog enige samenvattende beschouwingen worden gewijfd.

Het rijshouten zinkstuk

Met het klassieke rijshouten zinkstuk is gedurende een groot aantal jaren uitgebreide ervaring opgedaan. De waarde ervan als bodembescherming is dientengevolge met redelijke nauwkeurigheid bekend. Het onderzoek heeft aangetoond dat ten aanzien van de zanddichtheid van deze constructie nog een vrij grote mate van onzekerheid bestaat. In de praktijk brengt men vaak een laag riet aan, waarvan men verwacht dat er een grotere zanddichtheid mee wordt bereikt.

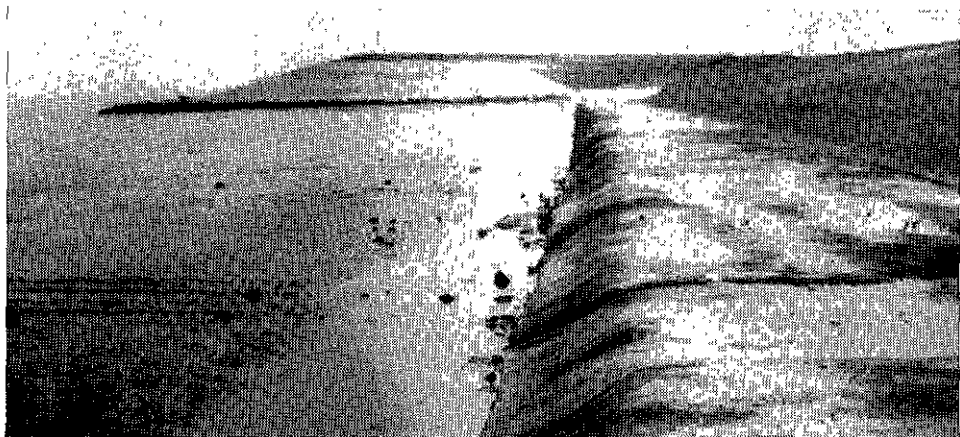
De toepassing van nieuwe werkmethoden zoals het zinken op stroom, het vervangen van het bind- en sjorringtouw door kunststof en het toepassen van een wiepenspinmachine en van kunstmatige zaden, hebben de prijs van deze constructies verlaagd en de betrouwbaarheid ervan belangrijk verhoogd.

Indien de opvolgende zinkstukken van een bezinkveld met een open naad worden gelegd, zullen ter plaatse van deze naden bijzondere maatregelen noodzakelijk zijn; een bestorting zonder meer wordt daartoe onvoldoende geacht. Het verdient daarom de voorkeur op elkaar aansluitende zinkstukken zo neer te leggen dat ze elkaar overlappen. De buitenste stukken van een bezinkveld bij een afsluitdam zullen in ieder geval met een overlap moeten worden gezonken.

Het rijshouten zinkstuk kan over het gehele bezinkveld worden toegepast. De bestorting dient te worden aangepast aan de stroomaanval.

De gegraadeerde steenbestorting

Met een gegraadeerde steenbestorting bedoelt men een uit verschillende lagen van toenemende steengrootte opgebouwd steenpakket; men spreekt ook wel van filterconstructie.



Kraagstuk van asfaltmestiek

Hoe een dergelijke constructie moet worden opgebouwd kan in eerste benadering worden vastgesteld door uit te gaan van in de literatuur vermelde filtereisen voor waterleidingfilters.

Op basis van deze eisen gevormde filtersamenstellingen bleken – door de veel grotere korrelafmetingen van een steenpakket – bij laboratoriumproeven niet steeds geheel te voldoen.

In de gegradeerde steenbestortingen van een sluitgatdrempel kunnen, bijvoorbeeld bij een caissonsluiting, vrij grote horizontaal gerichte drukverhangen optreden op de grens van twee pakketten van opvolgende steenafmetingen; de constructie moet bestand zijn tegen de hierdoor opgewekte stroomsnelheden in het pakket.

In het algemeen zullen laboratoriumproeven noodzakelijk zijn om vast te stellen of een ontworpen filteropbouw de benodigde stabiliteit bezit.

Bij uitvoering in den droge is het niet moeilijk een goede opbouw te verwerklijken. In den natte is een economische uitvoeringsmethode slechts goed mogelijk bij volledige mechanisering, dus door toepassing van mechanische steenstarters. Ook dan kan een zekere onnauwkeurigheid van werken niet geheel vermeden worden; bij het bepalen van de dikte der verschillende lagen zal men hiermee rekening moeten houden.

Als bescherming van een zandbodem kan in principe overal een filter worden gebruikt, mits aan de rand, waar ontgroningen zullen optreden, bijzondere voorzieningen worden getroffen. De rand kan bijvoorbeeld worden opgesloten door een klassiek zinkstuk dat wel in staat is ontgroningen te volgen zonder zijn samenhang te verliezen.

Als een bijzondere vorm van de gegradeerde steenbestorting kan men de toepassing zien van een kunststofweefsel dat wordt afgedekt door een uit één of verscheidene lagen bestaande bestorting. Het kunststofweefsel vervangt dan de fijnere lagen van het filter.

Voor het aanbrengen van het kunststofweefsel op de zandbodem moet een voor dit doel geschikte werkwijze met speciaal daartoe ontwikkelde apparatuur, bijvoorbeeld een rol-ponton, worden toegepast.

Bij een caissonsluiting biedt het toepassen van een filterconstructie in een drempel in verband met mogelijke onderloopsheid zekere voordelen boven het klassieke zinkstuk.

De asfaltmastiekmat

Asfaltmastiek is een warm mengsel van zand, vulstof en bitumen. Ervaringen met dit type bodembescherming in de Grevelingen opgedaan, wettigen de verwachting dat met deze methode een aan hoge eisen beantwoordende bodembescherming kan worden verkregen.

Een asfaltmastiekmat wordt met een speciaal daarvoor geconstrueerde stortpijp op de zandbodem aangebracht in stroken van bijvoorbeeld 5 m.

Door de stroken overlappend te leggen wordt een geheel gesloten bodemverdediging verkregen, indien men er in slaagt de uitstroming van de asfaltmastiek ononderbroken te doen plaatsvinden.

De materiaaleigenschappen en verwerkingsmogelijkheden van asfaltmastiek onder water zijn bekend; op grond van theoretische beschouwingen kan voor een asfaltmastiekmat de benodigde laagdikte worden berekend en kunnen uitspraken over het te verwachten gedrag bij ontgrondingen worden gedaan.

Een asfaltmastiekmat mag niet door onder de mat optredende overdrukken worden opgelicht; daar het volumegewicht onder water ongeveer gelijk is aan 1, moet de mat dus een dikte hebben die tenminste gelijk is aan de waterhoogte waarin men deze overdruk kan uitdrukken. Indien de benodigde mastieklag in verband hiermee te dik en te duur wordt, kan het aanbeveling verdienen op een andere wijze, bijvoorbeeld door een steenbestorting op de mat, de overdruk op de onderzijde van de mat te compenseren. Men spreekt dan van een verzwaarde mastiekmat.

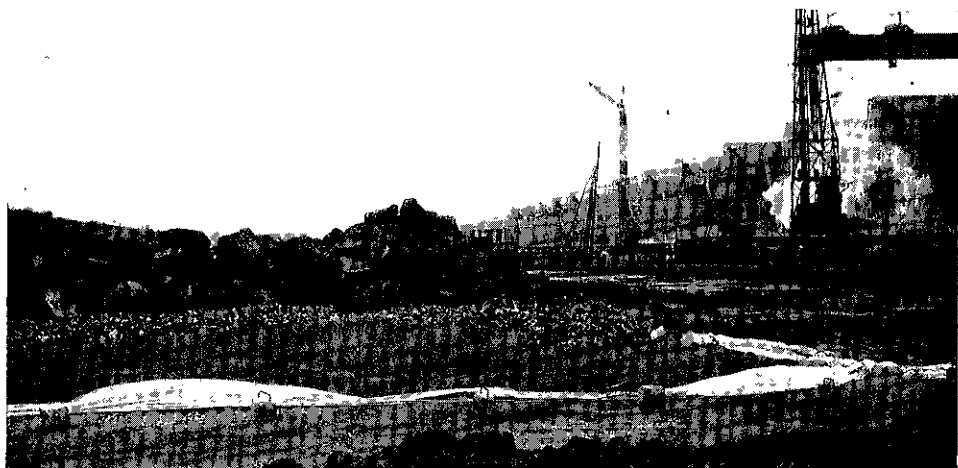
Een gladde asfaltmastiekmat geeft in het algemeen aanleiding tot grotere ontgrondingen en een steilere aanzethelling van het bovenstroomse talud van de ontgrondingskuil. Een asfaltmastiekmat moet in het algemeen dan ook niet worden aangewend langs de randen van het bezinkveld. Voor een algemene behandeling van deze kwestie wordt verwezen naar het artikel 'Ontgrondingen in Sluitgaten', Driemaandelijks Bericht nr. 38 (november 1966).

Indien men besluit bij de grote sluitgaten op grote schaal van deze vorm van bodembescherming gebruik te maken, verdient het aanbeveling een daartoe speciaal ingericht en uitgerust asfaltschip te doen bouwen, waarmee een grote productiecapaciteit kan worden verkregen, zodat een rendabele en uit technisch oogpunt verantwoorde uitvoeringswijze mogelijk wordt.

Toepasbaarheid onder verschillende omstandigheden

Met de opmerking dat de drie beschreven types van bodembescherming 'geschikt' zijn, is eigenlijk nog niet veel gezegd. In de praktijk is men pas gebaat bij een antwoord op de meer concrete vraag: hoe geschikt is die bodemverdediging onder die en die omstandigheden? De commissie heeft haar vergelijkend oordeel daar dan ook op gebaseerd.

Bij een sluiting wordt het stroombeeld in de eerste fase van de uitvoering bepaald door de drempelopbouw. De grootste gemiddelde snelheid op de drempel bedraagt dan ongeveer 2,5 m/sec. In de tweede fase van de sluiting kunnen de snelheden oplopen tot een grootste gemiddelde over het hele profiel van 5 m/sec. Het is mogelijk een rijshouten zinkstuk, en met name de steenbestorting erop, op deze stroomaanval te dimensioneren.



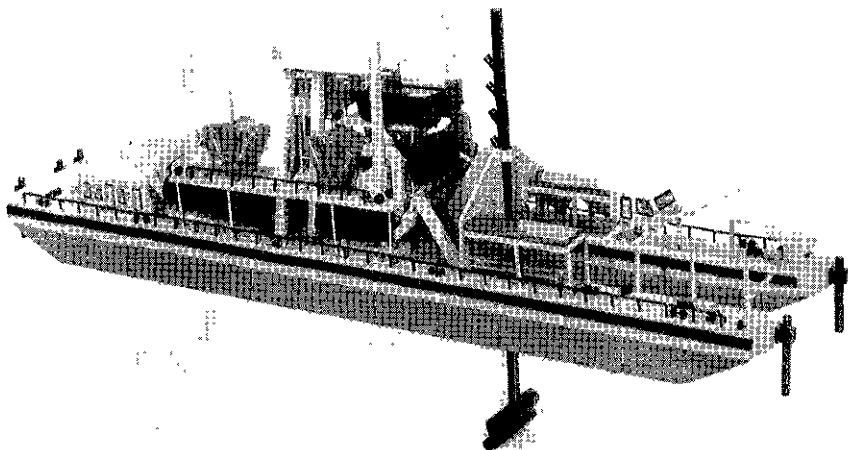
Opbouw van het filter voor de stortebedden van de uitwateringssluizen in het Haringvliet, najaar 1964

Bij een gegradeerde bestorting kan het bovenste deel van de opbouw op deze stroomaanval worden berekend. Waar, zoals bij de kap van een sluitgatdrempel voor caissons, sprake kan zijn van onderloopsheid, is een bestorting beter geschikt dan een rijshouten zinkstuk.

De asfaltmastiëkmatt is bij de geleidelijke sluiting van de Grevelingen bestand gebleken tegen de stroomaanval bij een maximale gemiddelde snelheid van 2,5 m/sec. Kleine openingen in de mat bleken daarbij niet hinderlijk te zijn. Er is geen reden om aan te nemen dat een asfaltmastiëkmatt zonder openingen en naden niet tegen stroomsnelheden van 5 m/sec bestand zou zijn. Bij die snelheid kan de overdruk onder een gesloten verdediging echter zo groot worden dat een asfaltmastiëkmatt van voldoende dikte om de opwaartse druk te weerstaan, dan te duur wordt.

Benedenstrooms van een drempel bevindt zich, aan het eind van de bodemneer, in het algemeen een gebied met sterk verhoogde turbulentie. Bij dijkkoppen zullen turbulenties voorkomen met een verticale as. Bodembeschermingen in gebieden met veel turbulentie zullen vooral een gesloten geheel moeten vormen. Dit houdt voor zinkstukken in dat de bestorting over het zinkveld regelmatig moet zijn, en dat met name de overlappings van een goede afstorting met voldoende zware stortsteen moeten worden voorzien. Bij een filter zal de bovenste laag geheel en al moeten bestaan uit stenen van een voldoende grootte, anders wordt de constructie aangetast. Een gesloten asfaltmastiëkmatt moet bij turbulentie bestand zijn tegen de drukschommelingen die worden opgeroepen door wervelstraten. In het algemeen zal slechts uit laboratoriumonderzoek kunnen blijken welke dikte de mat in een bepaald geval moet hebben. In geen geval mogen er naden tussen de gelegde banen voorkomen.

De onvermijdelijke ontgrondingen benedenstrooms van een bodembescherming zullen na een gladde asfaltmastiëkmatt dieper worden en steiler beginnen dan na welke andere van de drie bodemverdedigingen ook. De asfaltmastiëkmatt moet dan ook ongeschikt worden genoemd voor de beëindiging van een bodemverdediging, totdat middelen zijn gevonden deze mat aan het einde hydraulisch ruw te maken. De commissie beveelt een onderzoek in die richting aan. Een asfaltmastiëkmatt kan een ontgronding aan de rand goed volgen, mits het talud ervan niet te steil is.



Maquette van het asfaltchip

Aangezien een filterconstructie aan de rand van een ontgronding verzakt en uit elkaar valt, blijft van de drie beschouwde typen als enige mogelijkheid ter beëindiging van de bodemverdediging het klassieke rijshouten zinkstuk over. Juist aan de rand van de verdediging is een goed afgestorte overlapping der stukken van groot belang. Een zinkstuk kan de ontgronding in het algemeen goed volgen. De randconstructie moet zo zwaar worden bestort, dat ze niet kan worden opgetild. Wordt de aanzethelling van een ontgronding zo steil dat de bestorting van het stuk rolt, dan gaat het klapperen en wordt het vernietigd. Bijzondere stroomsnelheden of turbulenties aan het einde van de verdediging kunnen dit proces in gang zetten.

Bij de grote sluitgaten moet een bodemverdediging in staat zijn drie tot vijf jaar achtereen de zandbodem of een zandophoging onder water tegen uitschuring te beveiligen. Asfaltmestiek is onbeperkt houdbaar, en voldoet aan die eis dus ruim. Een goed geconstrueerd filter is ook onbeperkt houdbaar. Van een rijshouten stuk echter kan de treksterkte in enkele jaren geheel te niet gaan doordat het bindmateriaal verrot, of doordat de paalworm het rijshout antast. Niet dat daarmee de bodembeschermende werking van het stuk verloren gaat, maar als het, bijvoorbeeld doordat het op de rand van een ontgronding komt te liggen, op trek belast wordt, kan het in die toestand gemakkelijk vernield worden. De tot dusver gebruikte bindingen vergaan onder water binnen een half jaar; toepassing van kunststoffen biedt hier uitkomst. De aantasting van het rijshout door de paalworm wordt wellicht gereduceerd door bestorting met een laag grind.

Bij de sluitingen is men gebaat met een zo hoog mogelijk tempo van het aanbrengen van de bodemverdediging. Voor de beide grootste afdammingen van het Deltaplan zal in het werkseizoen in elk geval een gemiddelde weekproduktie van 10.000 m² moeten kunnen worden gehaald. Wil men deze hoeveelheid rijshouten zinkstuk per week leggen, dan is daarvoor een zekere voorbereiding nodig: het vereist betrekkelijk grote opslagterreinen voor rijshout, zinkstenen en stortsteen, en er moet in minstens één der bij het werk aangelegde werkhavens een overslagbedrijf gevestigd worden. Een aantal geschoolde rijswerkers moet tijdig worden aangetrokken. Filterconstructies kunnen in het vereiste

tempo worden aangebracht, wanneer gebruik kan worden gemaakt van genoeg mechanische steenstorters. Het aantal van zulke steenstorters dat thans in gebruik of in aanbouw is, moet voldoende worden geacht. Grote bodembeschermende asfaltmastiekmaten kunnen zoals gezegd alleen gelegd worden door een asfaltschip. Bij voorstudies is het mogelijk gebleken een schip te bouwen dat de vereiste capaciteit ruimschoots haalt na een naar verhouding zeer korte aanloopperiode. Veel voorbereiding eist de werkzaamheid van deze drijvende fabriek niet: de materialen worden afgeroepen en aangevoerd, het asfaltschip vaart naar de plaats waar de bodembescherming moet worden aangebracht, en begint de mat te leggen. Daarbij moet een systeem van plaatsbepaling toegepast worden dat uitsluit dat per ongeluk naden ontstaan tussen de gelegde stroken. Behalve een ligplaats voor bevoorradingsschepen zijn bij deze werkwijze geen voorzieningen zoals werkhavens of opslagterreinen nodig.

De vergelijking der prijzen valt als volgt uit: een vierkante meter op de bodem aangebracht rijshouten zinkstuk kostte in 1965, afhankelijk van de bestorting, 27 tot 40 gulden. Daarbij moet worden aangetekend dat 25 tot 35% van dit bedrag heengaat aan arbeidsloon. Bij voortgezette stijging van de lonen zal het zinkstuk in de komende jaren dus nog heel wat duurder worden.

Het beschermen van een vierkante meter bodem met een filterconstructie kost tussen de 50 en 75 gulden. De kosten van een vierkante meter asfaltmastiek bedragen bij een redelijk grote opdracht – in de orde van grootte van 100 000 m² per seizoen – 30 tot 40 gulden, bij gebruik van 200 tot 400 kg asfaltmastiek per m². Hierin is het loonbestanddeel laag, terwijl de prijs van asfaltbitumen een dalende lijn blijkt te volgen. In de naaste toekomst hoeft voor deze bodemverdediging geen prijsverhoging te worden verwacht. Bij de verwerking van elk der drie typen bodemverdediging is geschoold personeel nodig, hetzij rijswerkers, hetzij machinisten, molenbazen, kraandrijvers, elektriciëns en schippers. De commissie is tot de slotsom gekomen dat het werven van personeel in geen der gevallen uitzonderlijke moeilijkheden zal behoeven op te leveren. Voor de constructie van filters of het leggen van een asfaltmastiekmat kunnen de geschoolde arbeiders met hun normale vakkennis toe. Om tijdig rijswerkers op het werk te hebben, is het vooral van belang dat er voor een behoorlijk continue werkgelegenheid wordt gezorgd op dit gebied. Een rijswerker kan na een cursus van drie maanden en twee jaar praktijk volleerd genoemd worden. Tot nu toe hebben echter veel rijswerkers weer ander werk aangenomen als de vraag naar zinkwerk verminderde.

Hoe groot zijn nu de stagnatiekansen bij de verschillende werkprocessen? Werken in de zeegaten kan onmogelijk worden gemaakt door golven en door mist. Zowel het afzinken van een rijshouten stuk als het opbouwen van een filterconstructie vereist rustig weer. Volgens proeven die in het Scheepsbouwkundig Proefstation zijn genomen met een model van het asfaltschip zal dit schip nog kunnen werken bij wind- en deininggolven waarbij het voor bevoorradingsschepen al niet meer mogelijk is langsij te komen. Voor nauwkeurige plaatsbepaling ten opzichte van een eerder gelegde baan is een apparaat gebouwd voor radiografisch-elektronische besturing, dat het schip ook onder moeilijke omstandigheden precies op de juiste plaats zal brengen; dat althans is de verwachting, want praktische ervaring heeft men met deze apparatuur nog niet.

Bij minder dan 1000 m zicht kan geen filterconstructie meer worden gebouwd, of een zinkstuk afgezonken: de plaatsbepaling wordt dan te onzeker. Het asfaltschip zal, dank zij zijn bijzondere voorzieningen, wel doorwerken, maar de materiaalaanvoer zal dan stilstaan. Overigens zou de bovengenoemde radiografisch-elektronische apparatuur ook in de rand van een zinkstuk kunnen worden aangebracht, zodat de plaatsbepaling door slecht zicht niet meer wordt bemoeilijkt.

De verhouding van getijvolume en doorstromingsprofiel in de zeegaten

Met elk getij trekken grote hoeveelheden zeewater – in de orde van grootte van honderden miljoenen m^3 – de Nederlandse zeegaten in en uit.

De hoeveelheid water die een zeegat per getij binnenstroomt, heet het vloedvolume van dat zeegat; wat er bij eb uittrekt, wordt ebvolume genoemd. In de Rotterdamse Waterweg en het Haringvliet wordt de hoeveelheid terugstromend ebwater vergroot door het afvoerwater van de Rijn; in het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde is het ebvolume vrijwel gelijk aan het vloedvolume. Het totale getijvolume, dus vloed- en ebvolume, bepaalt in de zandige bodem van onze zuidwestelijke zeegaten de grootte en de vorm van het doorstroomprofiel.

De monden van de Oosterschelde en van het Brouwershavensche Gat zijn door het vrijwel ontbreken van opperwaterafvoer op zichzelf meer geschikt om deze verhouding te bepalen dan de monden van het Haringvliet en de Rotterdamse Waterweg, waar de opperwaterafvoer wel van betekenis is. Voor de mond van de Rotterdamse Waterweg staan echter aanzienlijk meer gegevens over het getijvolume en profiel ter beschikking; bovendien zijn daar de veranderingen in getijvolume en profiel als gevolg van baggerwerken en havenaanleg bestudeerd en is het verloop aan de hand van afvoermetingen en lodingen sinds 1870 te overzien. De eerste volledige stroommetingen waaruit het getijvolume in de monden van de Oosterschelde en het Brouwershavensche Gat kon worden berekend, dateren pas van 1934. Hydrografische kaarten met enigszins betrouwbare gegevens van de bodem van de zeegaten dateren van tussen 1830 en 1840; die van na 1870 zijn echter aanzienlijk nauwkeuriger.

Uit bestudering van de beschikbare gegevens is gebleken, dat de verhouding tussen getijvolume en profiel in de monden van alle zuidwestelijke zeegaten nagenoeg dezelfde is. Ze komt tot uitdrukking in de gemiddelde stroomsnelheid gedurende het gehele getij, die in alle genoemde monden ca. 55 cm/sec bedraagt. Dit blijkt ook het geval te zijn in de mond van de Waterweg bij de kop van het Noorderhoofd, en in de mond van het Haringvliet op 6 tot 7 km zeewaarts van de Haringvlietssluisen.

De gegevens waaruit deze conclusie volgde zullen thans nader worden beschouwd. Voor de mond van de Waterweg hadden de gebruikte gegevens geen betrekking op kilometeraai 1032,750, de kop van het Noorderhoofd, maar op kmr 1030, op 0,5 km beneden Hoek van Holland gelegen, waar over de lange periode van 1870 tot 1956 metingen verricht zijn.

Van de mond naar binnen toe blijkt de gemiddelde stroomsnelheid gedurende het gehele getij langzaam af te nemen, behalve in de mond van de Rotterdamse Waterweg, waar ze op 2,5 km rivierwaars van de kop van het Noorderhoofd tot ca. 70 cm/sec oploopt om daarna langzaam af te nemen. Een analoog verschijnsel doet zich voor in de mond van het Haringvliet. In beide rivieren is de opperwaterafvoer van invloed.

De mond van de Rotterdamse Waterweg

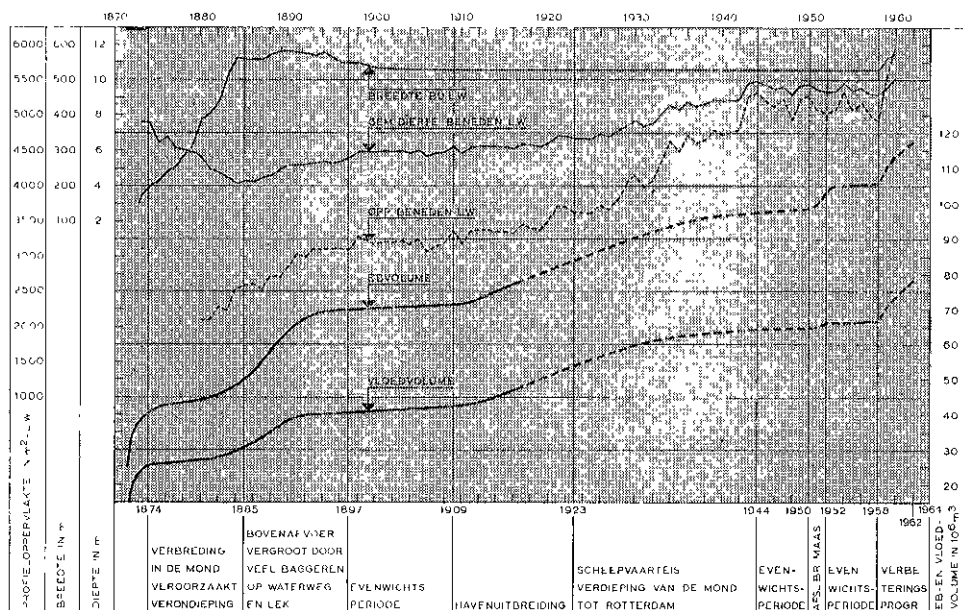
Op 26 november 1868 werd de verbinding van de Nieuwe Maas-Scheur met de zee middels een laatste doorgraving tot stand gebracht. Van 1868 tot 1874 schuurden de vloed- en ebstromen het smalle gegraven geultje uit, maar na 1874 werkte de natuur niet langer mee, zoals gehoopt was, en werd het geultje steeds smaller. Omvangrijke baggerwerken waren noodzakelijk om een goede scheepvaartweg te verkrijgen en te behouden. Deze baggerwerken konden worden uitgevoerd omdat in die tijd mechanisch werkende baggermolens ter beschikking kwamen.

Op de eerste bijgevoegde figuur wordt de ontwikkeling weergegeven in de jaren 1872 tot 1962 van de gemiddelde breedte en de gemiddelde diepte van het profiel van kmr 1030, van de oppervlakte van dit profiel beneden L.W., en van het eb- en vloedvolume ter plaatse in miljoenen m³. Het eb- en vloedvolume in de periode van 1870 tot 1917 werd bepaald aan de hand van stroommetingen met stokdrijvers in de jaren 1871, 1872, 1874, 1881, 1885, 1897, 1909 en 1917. Tussen 1874 en 1885 werd de vaargeul verbreed van 200 m tot 560 m; dit leidde tot een vermindering van de gemiddelde diepte, en wel van 7,50 m tot 4,20 m. Tussen 1885 en 1897 moest op de gehele Rotterdamse Waterweg zeer veel gebaggerd worden om bij de in 1885 bereikte breedte van 560 m bij kmr 1030 de voor de scheepvaart vereiste gemiddelde diepte van 5,50 tot 6 m beneden L.W. te bereiken. Het tijverskil te Rotterdam en te Krimpen aan de Lek nam in die periode sterk toe, van 129 tot 147 cm te Rotterdam en van 120 tot 140 cm te Krimpen. Het gelij drong ook verder de Lek op, terwijl de Rijnafvoer met ongeveer 10 miljoen m³ meer dan voorheen de Nieuwe Waterweg ging volgen. Het ebvolume nam toe van 49,5 miljoen m³ tot 70 miljoen m³ en het vloedvolume van 30,5 tot 41 miljoen m³.

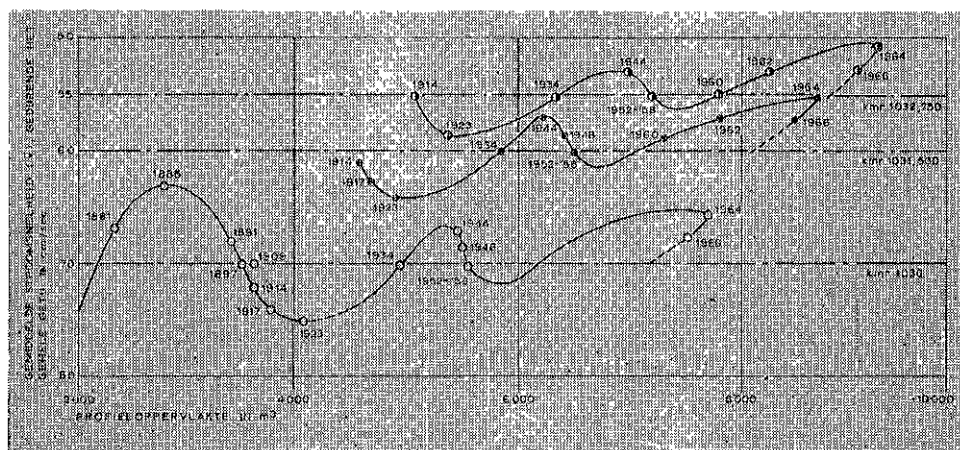
In de periode 1897–1909 bleek de situatie zowel voor de scheepvaart als uit hydraulisch oogpunt gunstiger te zijn geworden; noch de profieloppervlakte, noch het getijvolume ondergingen in de mond bij kmr 1030 gedurende deze periode nog enige verandering van betekenis. Wel moest in deze periode nog flink gebaggerd worden om de gunstige toestand te behouden, want van een evenwicht in zandtransport was bij kmr 1030 nog geen sprake; nog steeds werd er bij eb minder zand uit de Waterweg afgevoerd dan er bij vloed in kwam.

De periode 1909–1923 heeft zich vooral gekenmerkt door een sterke havenuitbreiding: het areaal nam toe van 160 ha tot 580 ha; dit leverde een extra komberging op van 6,3 miljoen m³. De verdere toeneming van het eb- en vloedvolume werd veroorzaakt door de versterking van het tijverskil door met name hoger op de rivier uitgevoerde baggerwerken. Ook van 1923 tot 1934 werd er veel baggerwerk uitgevoerd, tot ver boven Rotterdam. De scheepvaart eiste namelijk een grotere diepte van de rivier. De breedte in de mond bij kmr 1030 bleef constant op 535 m. Het tijverskil nam overal toe: te Krimpen aan de Lek van 154 tot 166 cm, te Schoonhoven van 125 tot 134 cm, te Vreeswijk van 42 tot 89 cm en te Culemborg van 16 tot 48 cm.

Tussen 1917 en 1934 zijn er maar weinig volledige oevermetingen op de Rotterdamse Waterweg uitgevoerd; het eb- en vloedvolume over die periode moesten berekend worden uit de meerdere komberging door havenaanleg en de toeneming van het tijverskil door baggerwerken. De afvoermetingen die in 1934 zijn gehouden bij een vrij sterke oostenwind werden herleid tot gemiddelde omstandigheden van wind en bovenafvoer. In het tijdsinterval 1934–1944 waren de veranderingen in het regime van de Waterweg kleiner dan in voorafgaande jaren. Wel speelde de verruiming van de Westgeul en de



1 Verloop van het profiel en het eb- en vloedsvolume bij kmr 1030 van de Rotterdamsche Waterweg in de periode 1872-1962



2. Profieloppervlakte en gemiddelde stroomsnelheid gedurende het gehele getij bij kmr 1030, 1031,500 en 1032,750 (kop van het Noorderhoofd)

verdieping van de Oude Maas in 1934 en 1935 nog een rol. De invloed van de afdamming van de Brielse Maas in juli 1950 blijkt uit een vergelijking van de afvoermetingen uit de periode van 1948 tot 1952 met die van 1956.

In de periode 1952–1958 was er ook wat het zandtransport betreft sprake van een zeker evenwicht: er ging bij eb ongeveer evenveel zand uit de Waterweg als er bij vloed binnenkwam. Dit bleek, behalve uit een studie omtrent de aan- en afvoer van zand, uit het feit dat de waterinhoud van het traject kmr 1013 tot 1032,750 stabiel gebleven was, terwijl er slechts geringe hoeveelheden zand werden gezogen.

Tussen 1958 en 1962 is het eb- en vloedvolume in de mond weer sterk gestegen, ten gevolge van de meerdere komberging door de aanleg van de Europoort- en Botlekhavens.

Het in figuur 1 grafisch weergegeven verloop van de vloed- en ebvolumina heeft betrekking op de gemiddelde waarden, *berekend uit een groot aantal stroommetingen bij verschillend getij en verschillende bovenafvoer.*

Het verloop van de gemiddelde stroomsnelheden gedurende het gehele getij in het dwarsprofiel bij kmr 1030 tussen 1880 en 1966 blijkt vrij dicht te schommelen rondom een gemiddelde waarde van 70 cm/sec, ondanks het feit, dat – zoals in het voorgaande gebleken is – in de gehele periode voortdurend grote veranderingen in het regime van de Waterweg zijn opgetreden. De gemiddelde stroomsnelheden gedurende het getij kunnen voor de verschillende perioden uit figuur 2 worden afgelezen. Als er veel baggerwerk in de mond was uitgevoerd werd het profiel bij kmr 1030 extra verruimd en nam de gemiddelde stroomsnelheid gedurende het gehele getij af; als er grote havens werden aangelegd langs de rivier en ook als het bovendeel van de rivier verdiept werd, nam het getijvolume in de mond toe, en dus ook de gemiddelde stroomsnelheid. In het eerste geval brachten de daarop volgende aanzandingen in de mond het profiel weer terug in de eerdergenoemde verhouding met het getijvolume; in het tweede geval veroorzaakten de daarop volgende uitschuringen in de mond een groter profiel, aangepast aan het grotere getijvolume in de mond.

Daar veelal verscheidene veranderingen tegelijk het regime van de rivier beïnvloedden, was het moeilijk na te gaan in welke mate de afzonderlijke werken, zoals baggeren in de mond, havenaanleg en baggeren hoger de rivier op, tot de regimeveranderingen hebben bijgedragen.

Tengevolge van de doorgraving op 31 augustus 1960 van de tijdelijke mond van de Europoort bij kmr 1030 was het profiel hier na 1960 niet langer geschikt voor bestudering van de verhouding tussen getijvolume en profieloppervlak. Met behulp van een kombergingsberekening werden de waarden van het getijvolume ter plaatse van kmr 1031,500 en kmr 1032,750, aan de kop van het Noorderhoofd, afgeleid uit die van kmr 1030. Deze waarden werden eveneens grafisch uitgezet tegen de bijbehorende profieloppervlakken. Door deze verspreid liggende punten kon op soortgelijke wijze als bij kmr 1030 een gemiddelde lijn worden getrokken.

De gegevens van 1958 tot 1966 ter plaatse van kmr 1031,500 werden op figuur 2 uitgezet ter completering van de gegevens uit de jaren tussen 1872 en 1958 ter plaatse van kmr 1030. De gemiddelde stroomsnelheid gedurende het getij bleek bij kmr 1031,500 ca. 60 cm/sec te bedragen en bij kmr 1032,750 ca. 55 cm/sec.

De zuidwestelijke zeegaten

Voor de mond van het Haringvliet zijn de gemiddelde stroomsnelheden ter plaatse van raai 1 – figuur 3 – voor het gehele getij bepaald uit waarnemingen in de jaren

1899, de Oosterschelde van 1933 komt overeen met het Brouwershavensche Gat van 1959. 1872 moet dan vergeleken worden met het profiel van het Brouwershavensche Gat in eenkomst in de vorm van het profiel (zie fig. 6); het profiel van de Oosterschelde van Het Brouwershavensche Gat en de Oosterschelde vertonen in de mond een grote overeenkomst.

gehele getij van ca. 60 cm/sec. punten weer op één lijn te liggen met een gemiddelde stroomsnelheid gedurende het en profieloppervlakte van de afzonderlijke getijgeulen grafisch uit, dan blijken deze in alle getijgeulen toch vrijwel overeen te komen. Zet men beide grootheden getijvolume gedurende het gehele getij vanzelfsprekend groter dan 55 cm/sec, maar de snelheid blijft breder dan de noordelijke geul. In deze geulen is de gemiddelde stroomsnelheid geharingvliet komen twee geulen voor: in alle gevallen is de zuidelijke getijgeul dieper en Zowel in de mond van de Oosterschelde als van het Brouwershavensche Gat en het vonden.

eveneens een gemiddelde stroomsnelheid van 55 cm/sec gedurende het gehele getij ge- Zoals gebieden is, werd voor de mond van de Rotterdamse Waterweg bij kmr 1032,750

voor de monden van deze zeegeaten heel dicht om de 55 cm/sec (zie fig. 5). (zie fig. 4); de gemiddelde stroomsnelheden gedurende het gehele getij schommelen getijvolume/profieloppervlakte voor de monden van de drie zeegeaten gelijk te zijn metingen en lodingen van 1934, grafisch tegen elkaar uit, dan blijkt de verhouding Westerschelde de grootheden getijvolume en profieloppervlakte, bekend uit de afvoer- Zet men voor de monden van het Brouwershavensche Gat, de Oosterschelde en de mate loemen en over een kleinere afstand.

overeen dat de gemiddelde stroomsnelheden van de mond naar binnen toe in mindere ebvolume aldaar kleiner dan in de mond van de Rotterdamse Waterweg. Daarmee stemt De hoeveelheid oppervlakte in de mond van het Haringvliet is ten opzichte van het totale cm/sec.

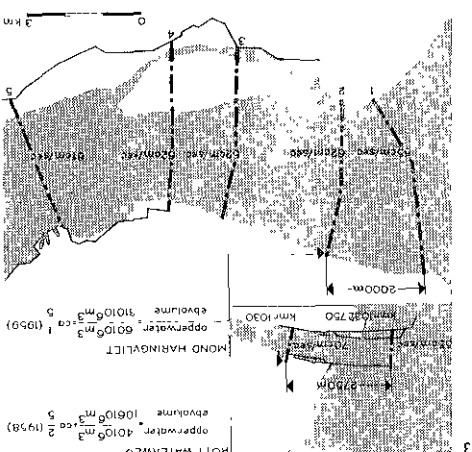
eveneens langzaam af, bij kmr 1016-1017 is de gemiddelde stroomsnelheid nog 65 de stroomsnelheden op tot ca. 70 cm/sec bij kmr 1030 en nemen ze hoger de rivier op Tiengemeten 50 cm/sec bedragen. Ter vergelijking: op de Rotterdamse Waterweg lopen de rivier op zij het slechts langzaam af te nemen, tot ze bij de westpunt van het eiland binnen toe lopen de gemiddelde stroomsnelheden op tot ca. 62 cm/sec, om daarna hoger 1933-34 en 1959, in beide gevallen blijken ze ca. 55 cm/sec te bedragen. Meer naar

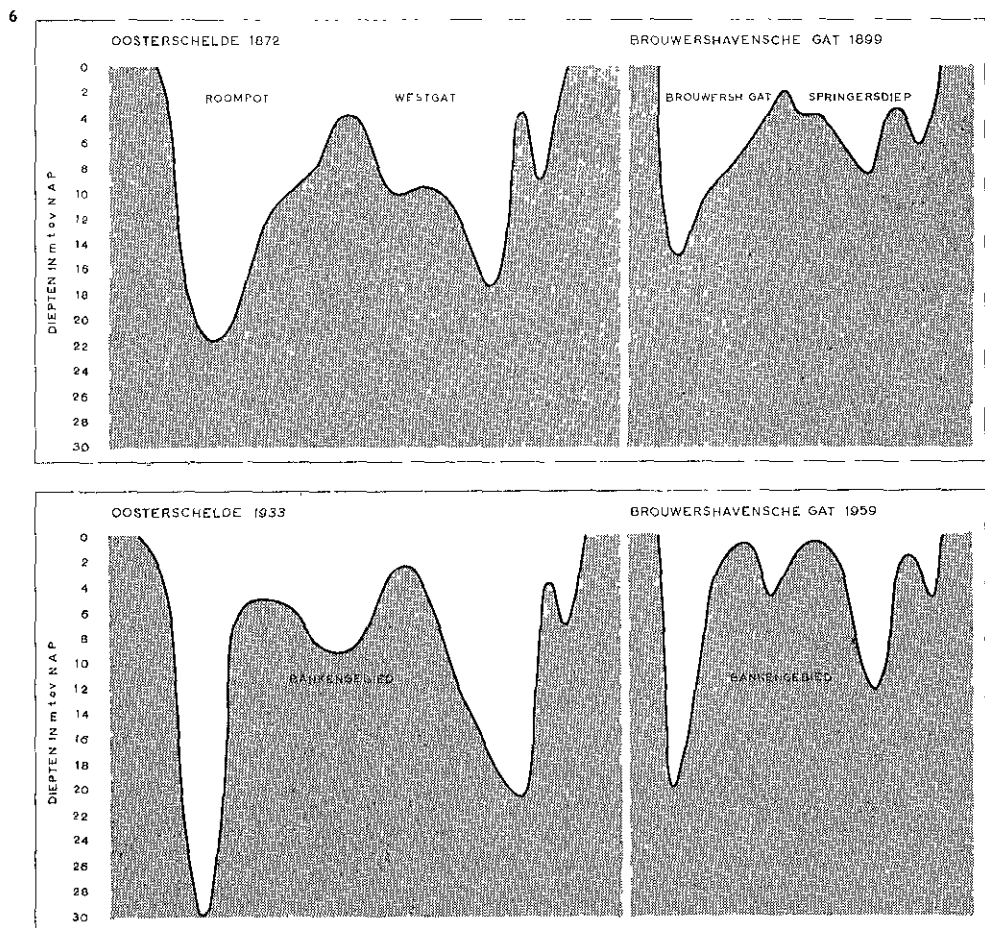
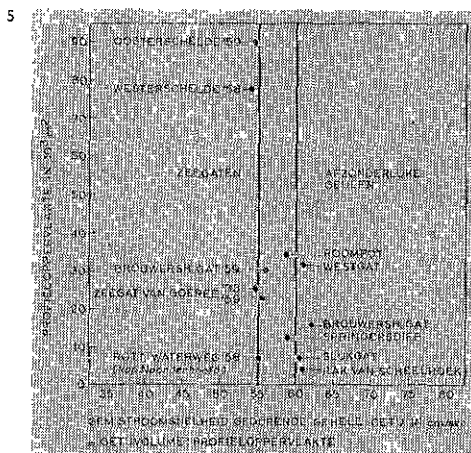
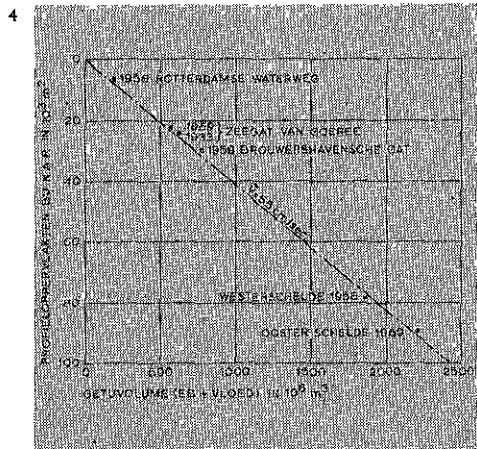
6 Profielen in de monden van de Oosterschelde en het Brouwershavensche Gat

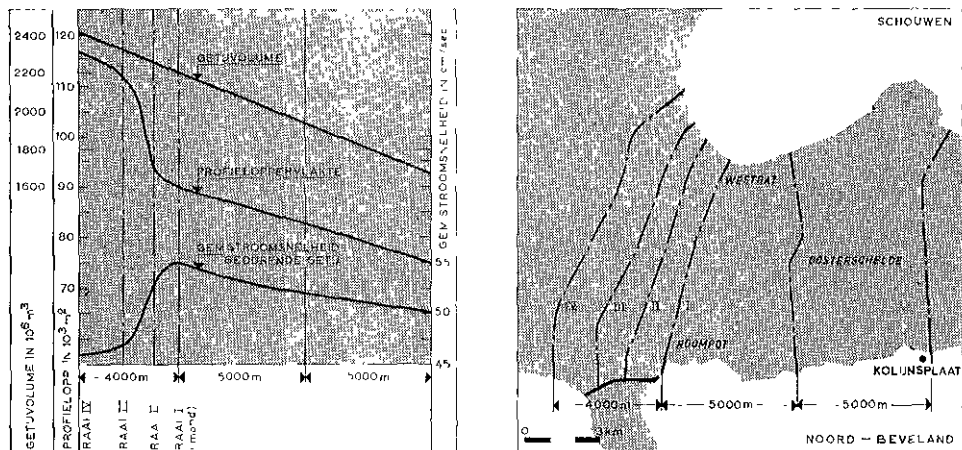
5. Profieloppervlakten en gemiddelde stroomsnelheden gedurende het gehele getij in de monden van de zuidwestelijke zeegeaten en in de afzonderlijke geulen

4. Getijvolume en profieloppervlakte in de mond van de zuidelijke zeegeaten

3. Gemiddelde stroomsnelheden gedurende het gehele getij in de Rotterdamse Waterweg en de mond van het Haringvliet







7. Verloop van getijvolume, profieloppervlakte en gemiddelde stroomsnelheid over het gehele getij tussen de mond van de Oosterschelde en Kolijsplaat

Uit de stroommetingen en lodingen van 1959–1962 waren het getijvolume en de profieloppervlakte op verschillende plaatsen in de mond bekend. Van zee uit naar de hals van de zeegaten toe blijken de gemiddelde stroomsnelheden gedurende het getij toe te nemen van 46–48 cm/sec tot 55–56 cm/sec om verder naar binnen slechts langzaam af te nemen (zie fig. 7). In de Oosterschelde ter hoogte van Kolijsplaat bedraagt de gemiddelde stroomsnelheid nog bijna 50 cm/sec.

De maximale stroomsnelheid van 55–56 cm/sec treedt in de zeegaten op ongeveer ter plaatse van het smalste gedeelte.

Slotopmerkingen

In het Zeegat van Texel en het Zeegat van het Vlie is de gemiddelde stroomsnelheid ca. 70–75 cm per seconde; het aanzienlijke verschil met de snelheid van 55 cm/sec in de zuidwestelijke zeegaten is in hoofdzaak het gevolg van het verschil in korrelgrootte van het zand. Voor de meer landinwaarts gelegen waddegeulen bedraagt de gemiddelde stroomsnelheid gedurende het getij 50–55 cm/sec.

In de zuidwestelijke zeegaten neemt het getijvolume van de mond naar binnen toe verhoudingsgewijs iets meer af dan de profieloppervlakte, hetgeen tot gevolg heeft dat de gemiddelde stroomsnelheid er afneemt, zij het slechts langzaam. Dit verschijnsel kan samenhangen met de fijnere gradatie van het bodemmateriaal, maar ook met de vorming van het getij.

Bij een aan één zijde afgesloten zeearm, zoals het Brouwershavensche Gat thans is, verloopt de gemiddelde stroomsnelheid van ca. 55 cm/sec tot nihil bij de Grevelingendam.

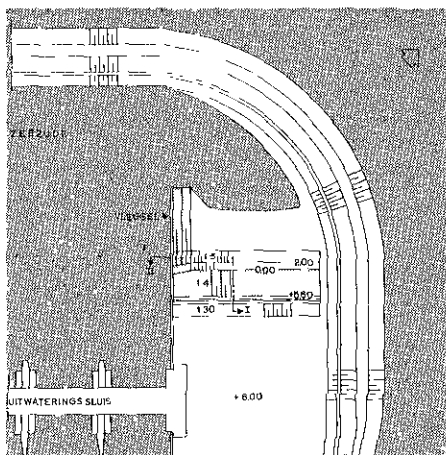
Het gemiddelde profieloppervlak van de geulrestanten bij de Grevelingendam, onder andere van de Bocht van St.-Jacob, zal echter niet tot nul afnemen, aangezien het voor opzanding benodigde materiaal er door de te zwakke stromen niet kan worden aangevoerd.

De verdediging van het buitenbeloop van de op de uitwateringssluizen in het Haringvliet aansluitende damgedeelten

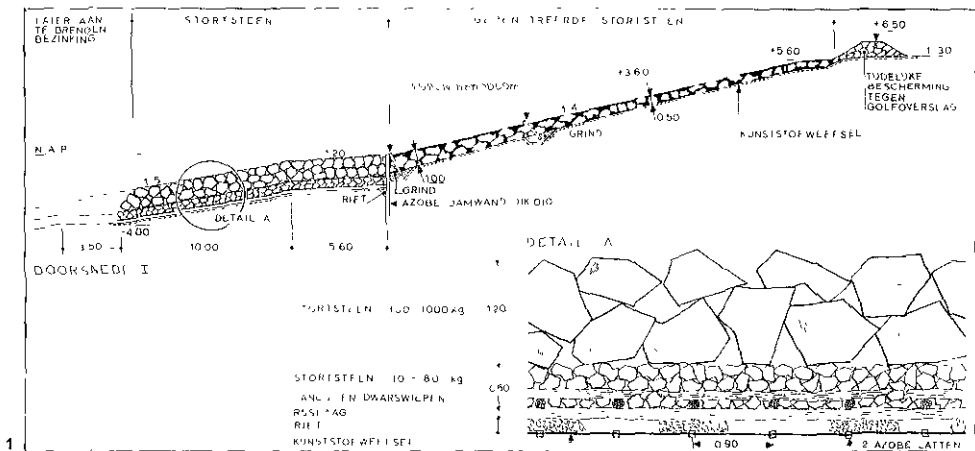
Voordat het water werd toegelaten in de bouwput van de uitwateringssluizen in het Haringvliet heeft men van de gelegenheid gebruik gemaakt om die gedeelten van de toekomstige afsluitdam die onmiddellijk aansluiten aan de landhoofden van de sluisen, nog in den droge te maken. De opbouw van de taludbescherming kon daardoor gemakkelijker en nauwkeuriger worden uitgevoerd, hetgeen vooral van belang werd geacht voor de aansluiting aan de vleugeldeuren van de landhoofden. In dit artikel zal slechts gesproken worden over de glooiingen aan de zeezijde tussen N.A.P. - 3 m en N.A.P. + 5,50 m over een lengte van ongeveer 150 m aan weerszijden van de sluis, en verder over de verdediging van stroken ter breedte van 12 m langs de vleugels van de beide landhoofden, aflopend van N.A.P. tot N.A.P. - 15 m.

De eerstgenoemde glooiing zal worden blootgesteld aan een niet geringe golfaanval. De golfhoogte kan bij waterstanden boven N.A.P. + 1,50 m oplopen tot 2,5 m. Een golfhoogte van 1,5 m kan nog voorkomen bij waterstanden boven N.A.P.

Ervaringen met de verdediging van de bouwput hadden reeds geleerd dat de zware stortsteen van de kraagstukken bij dezelfde waterstanden doch bij veel geringere golfhoogten reeds op en neer ging bewegen over het dijkbeloop. Daarom werd bij het opma-



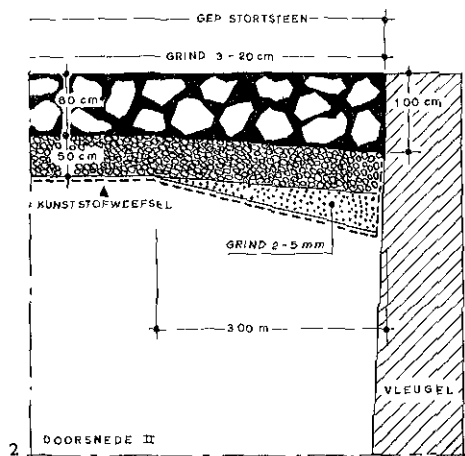
Plattegrond van de vleugelmuren en het daarop aansluitende damgedeelte



ken van het onderhavige ontwerp voor het onderwaterbeloop aanvankelijk gedacht aan kraagstukken met een steenbestorting die in de zone van de grootste golfaanval vastgelegd zou worden door penetratie met gietasfalt. Voor het bovenwaterbeloop, dat voorlopig slechts tot een hoogte van N.A.P. + 6 m reikt, was een bekleding gekozen van met gietasfalt gepenetreerde stortsteen. Bij nader onderzoek van deze constructies met een elektrisch analoog bleken de overdrukken onder de bekledingen tot vrij hoge waarden te kunnen oplopen. Vooral het gepenetreerde onderwaterbeloop had een zeer ongunstige invloed op de overdrukken, ook ter plaatse van het bovenwaterbeloop. De bodembescherming zou dus een grote dikte moeten krijgen, en daardoor nogal duur worden. Een tweede nadeel bleek hierin gelegen dat een poreus zinkstuk met daarop een dikke laag gepenetreerde stortsteen onder invloed van de golven aanleiding kan geven tot grote drukverschillen onder en boven de dichte laag. Op grond van deze bezwaren werd besloten om te trachten voor het onderwaterbeloop een open constructie te vinden. De keus viel op een filteropbouw, met als onderlaag een kraagstuk bestaande uit een laag riet, een laag rijshout en een onderlaag van polypropreen-weefsel. Daarop werden twee steenlagen aangebracht. Een bovenlaag van 1,20 m dik, bestaande uit stenen met een stukgewicht van 300-1000 kg, was voldoende om de stabiliteit bij de eerder genoemde golfaanval te verzekeren. De onderste steenlaag, ter dikte van 50 cm, werd samengesteld uit stortsteen 10-80 kg.

Van het kraagstuk dienden de riet- en rijslaag hoofdzakelijk om het filterdoek te beschermen tegen beschadiging tijdens het aanbrengen van de steenlagen, en later tegen de inwerking van de golven. De samenstelling van het kraagstuk verschilde van de normale uitvoering, daar het onderroosterwerk werd weggelaten. Om toch het nodige onderlinge verband te verkrijgen, werd aan weerszijden van het filterdoek op afstanden van 90 cm een azobé-lat met een doorsnede van $5 \times 0,5$ cm aangebracht, waaraan sjorringtouwen konden worden vastgemaakt ter latere bevestiging aan de kruispunten van het bovenroosterwerk.

Het gehele samenstel van filterdoek, verstevigd met een opgestikte rietmat, azobé-latten en sjorringtouwen, werd in de fabriek klaargemaakt en op het werk aangevoerd in rollen van 4 m breed. Deze rollen werden van boven naar beneden over het beloop afgerold.



1. Verdediging van het buitenbeloop

2. Verdediging ter plaatse van de aansluiting van de dam op de vleugelmuren

Aan één zijde stak het filterdoek 20 cm uit, waarmee een overlap werd gevormd bij het leggen van de volgende baan. Ook aan de onderzijde steekt het doek uit, zodat later de verdere bezinking op deze rand komt te liggen.

Wat de vorm van het beloop betreft kan nog opgemerkt worden dat gestreefd is naar een zo gelijkmatig mogelijk verloop van de helling, tensinde de golven geen extra aangrijpingspunten te verschaffen. De voor de noodzakelijke steun van de damwand nodige berm werd daarom onder een helling van 1 : 10 gelegd, terwijl de ongelijkheden, veroorzaakt door verschil in dikte van de verschillende constructies, werden opgevangen in de vormgeving van het grondbeloo.

Zoals reeds opgemerkt, blijft het grondwerk de komende jaren liggen op een hoogte van $\pm$ N.A.P. + 6 m; pas daarna vindt verdere ophoging plaats tot de hoogte van de verkeersweg over de uitwateringssluizen op ongeveer N.A.P. + 18 m.

De thans gemaakt asfaltbekleding is aan de voet 1 m dik, verloopt naar een dikte van 50 cm op N.A.P. + 3 m en blijft daarboven gelijk.

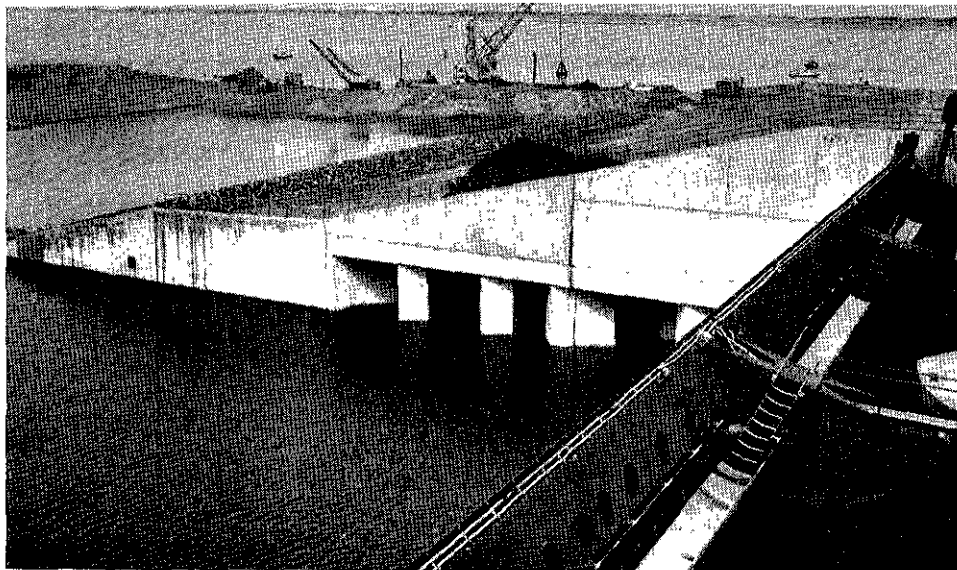
Bij de latere verhoging van het zandlichaam zouden er tengevolge van het opspuiten van zand grotere overdrukken onder de bekleding kunnen ontstaan dan die welke in de eindtoestand kunnen voorkomen. Om deze drukken te reduceren zijn op twee hoogten onder de bekleding met grind gevulde draineersleuven aangebracht, deze kunnen door middel van pijpen door de bekleding heen water afvoeren. Als de dam geheel gereed is en de grondwaterstand zich heeft aangepast, zullen de pijpjes worden afgebrand en gedicht.

In het geval er holten in de penetratie zouden voorkomen, zou moeten worden gevreesd dat hierdoorheen zand van onder de bekleding kan verdwijnen. Om dit te verhinderen werd op het zandbeloop een filterdoek van polypropreen aangebracht. Om verwerking mogelijk te maken en beschadiging tijdens de aanleg te voorkomen is dit doek voorzien van een opgestikte rietmat. Aan de onderzijde werd de asfaltbekleding opgesloten door een azobé-damwand met een dikte van 10 cm. De lengte van de planken moest zo klein mogelijk zijn om de overdrukken laag te houden; aan de andere kant was voor de vereiste stabiliteit van de wand een vrij grote lengte vereist. Om deze reden zijn de planken afwisselend van lengte gemaakt, telkens twee planken van 4 m en een plank van 3 m, hetgeen overigens het goed sluitend heien heeft bemoeilijkt.



Overzicht van de werken in de mond van het Haringvliet, maart '67





De vleugelmuur, van de sluizen af gezien

Moest dus bij de besproken glooiing hoofdzakelijk rekening worden gehouden met de golfaanval, bij de aansluiting van de vleugels aan de landhoofden moesten tevens maatregelen genomen worden tegen een sterke stroom. Hoewel grote aandacht is besteed aan de verdichting van de aanvullingsgrond achter de vleugels, kan toch niet worden voorkomen dat bij verdere verhoging van het grondlichaam ook hier nog enige zetting zal optreden, terwijl op de lange duur ook klink nog een rol kan spelen. Ook dan moet echter worden voorkomen dat er, als de grond afschuift langs de achterzijde van de betonnen vleugelmuur, een naad ontstaat tussen glooiing en betonwerk. Dit zou immers aanleiding kunnen geven tot het wegzuigen van zand van onder de bekleding, waardoor vernieling zou optreden.

Teneinde de aanval op de aansluiting zo klein mogelijk te houden, is er in de zone waar sterke golfaanval zal optreden geen hoogteverschil tussen de bovenkant van de vleugelmuur en de bovenkant van de glooiing. Op grotere diepte is het hoogteverschil 1 m. Met het oog op turbulenties, veroorzaakt door over de bovenkant van de vleugel trekkende stroom, werd het raadzaam geacht om de aansluitende strook van de glooiing over de gehele hoogte, dus tot N.A.P. - 13,50, van een asfaltbekleding te voorzien. De verdediging bestaat uit een laag grof grind ter dikte van 50 cm met daarop een laag met gietasfalt gepenetreerde stortsteen van 80 cm dik.

Bij de aansluiting op het betonwerk is bovendien nog een onderlaag van fijn grind van 2 tot 5 mm aangebracht, zodat in het geval van ontstaan van een naad tussen asfaltbekleding en betonwerk toch nog een volledig filter aanwezig is, waarvan verondersteld wordt dat het steeds blijft aansluiten.

Onder de verdediging ligt dan nog een weefsel van polypropeen. Ook de damwand kan de zettingen van het grondlichaam volgen, doordat hij vrij is gehouden van de achterzijde van de betonmuur; de muur helt achterwaarts onder een hoek 10 : 1. Voor de nodige aansluiting is gezorgd door de damwand op te vangen in een spanning die gevormd wordt door twee aan het beton bevestigde hardhouten ribben.

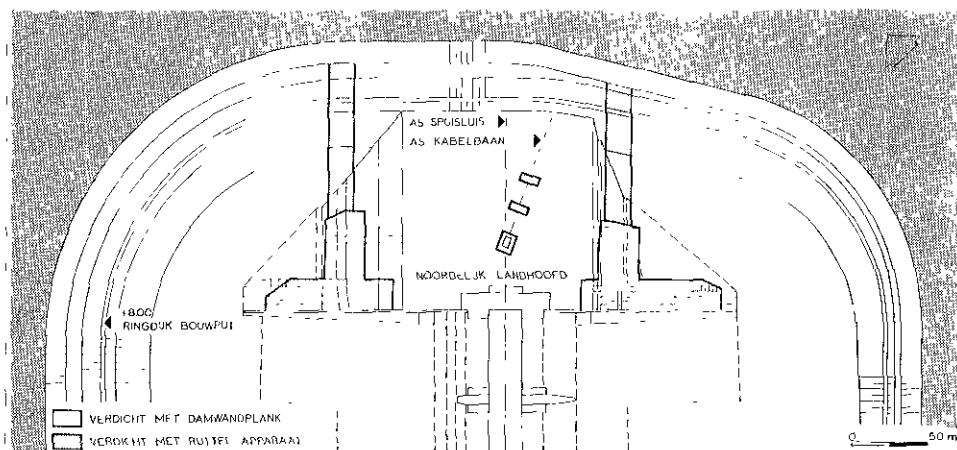
Verdichting van losgepakte zandlagen bij het noordelijk landhoofd van de uitwateringssluizen in het Haringvliet

Een gedeelte van de dam door het Rak van Scheelhoek, dat onmiddellijk aansluit op de uitwateringssluizen in het Haringvliet en thans nog binnen de ringdijk van de bouwput ligt, is in den droge tot een hoogte van N.A.P. + 6 m afgewerkt; de strook die grenst aan het landhoofd werd reeds voorzien van een definitieve bekleding. Voordat met deze werkzaamheden een begin werd gemaakt is door middel van sonderingen een onderzoek ingesteld naar de kwaliteit van de grondslag. De grond boven de oorspronkelijke bodem was ter plaatse van de ringdijk geklapt, en voor het overige gedeelte met auto's ingereden. Bij het onderzoek bleek dat de lagen gedeeltelijk zo los gepakt waren, dat de kans op zettingsvloeiingen bij het opkomen van het water in de put allerminst mocht worden uitgesloten. Bij de aansluiting van de bekleding van de dam aan de landhoofden leken zettingen mogelijk. Er zou dan ruimte kunnen ontstaan tussen de bekleding en het landhoofd, wat de inleiding zou betekenen tot verdere schade. Bovendien zal het door het damlichaam gevormde plateau achter het landhoofd dienst gaan doen als grondslag voor het eindstation aan de zijde van de sluizen van de kabelbaan over het Rak van Scheelhoek. Een reden te meer om zettingen hier te trachten te voorkomen. De sonderingen brachten ook aan het licht dat de kwaliteit van de ondergrond verder verslechterd werd door de aanwezigheid van allerlei afval, onder meer oud beton; holle ruimten verminderden de stabiliteit van de bodem.

Een oplossing van de gerezen problemen werd gedeeltelijk gevonden in het trillen van de grond door middel van een stuk ingebrachte damwand met daarop trilapparatuur. Deze apparatuur was op het werk aanwezig om de damwandschermen op te ruimen. Met deze eenvoudige methode werd wel enig, maar toch voor sommige terreingedeelten een onvoldoend resultaat behaald. Een gedeelte van de grond langs het landhoofd moest worden ontgraven en onder voortdurend verdichten weer worden aangevuld. Om aantasting van de stabiliteit van de dam door zettingsvloeiingen en de zetting van de funderingsstroken voor het kabelbaanstation te beperken gebruikte men voorts een andere methode van grondverbetering, het zogenaamde Rütteldruckverfahren.

Rütteldruckverfahren

Het verdichten op diepte door middel van het Rütteldruckverfahren houdt in dat de korrels van een losgepakte korrelmassa in trilling worden gebracht, zodat een dichtere en stabielere structuur ontstaat. Het resultaat wordt niet alleen veroorzaakt door mechanisch trillen, maar ook door de stromingsdruk van het toegevoerde of reeds aanwezige



Overzicht van de verdichte terreingedeelten

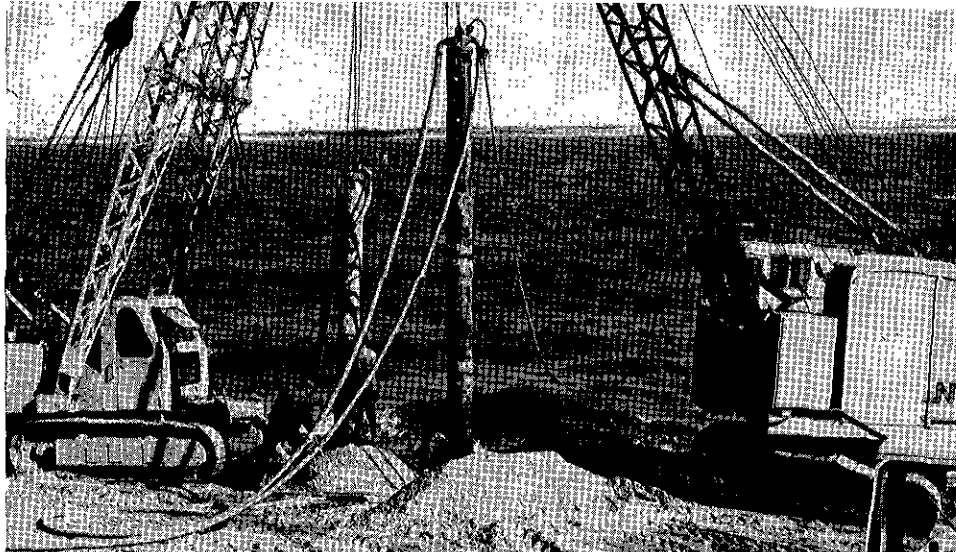
water. Samen verstoren zij de statische opbouw van het korrelskelet, waardoor de onderlinge wrijving tussen de korrels wordt opgeheven. Een resterend deel van de zwaartekracht zorgt ervoor dat de korrels nu naar een situatie zoeken waarin hun potentiële energie zo gering mogelijk is, dus de pakkingsdichtheid zo groot mogelijk. Door vermindering van het poriënvolume wordt het water verdreven, zodat het elders opnieuw de stabiliteit verstoort.

Om de korrels in trilling te brengen gebruikt men een trilapparaat ondergebracht in een buisvormig lichaam. In deze buis bevindt zich een elektromotor met een verlengde as, waarop excentrieken zijn aangebracht. Door deze excentrieken wordt aan de buis een cirkelvormige draaibeweging gegeven, die de omringende grond in trilling brengt. Het trilapparaat is aan verlengbuizen opgehangen in een stelling of kraan. Er kan water worden toegevoerd, dat aan de onder- en de bovenzijde uittreedt. Bij het inbrengen van het apparaat kan uit de onderzijde water worden gespoten; het apparaat zakt dan door zijn eigen gewicht weg in het gevormde drijfzand. Op de gewenste diepte begint de eigenlijke verdichting, eventueel met behulp van een geringe watertoevoer van boven. Als er voldoende verdichting is bereikt – wat op de ampèremeter af te lezen is aan het stroomverbruik – dan wordt het trilapparaat enige decimeters opgetrokken, en wordt het volgende stuk getrild. Om te voorkomen dat het terrein tijdens het trillen zakt wordt tijdens het verdichten zand bijgestort. De hoeveelheid bijgestort zand is een maat voor de bereikte verdichting.

Op deze wijze verdichte zandlagen hebben een grotere inwendige wrijving dan voorheen, en de kans op zettingsvloeiingen is daardoor kleiner geworden. Verontreiniging door kleideeltjes doet het resultaat echter sterk verminderen.

Het 'rütteln' achter het noordelijk landhoofd

Langs de rivier- en de zeezijde van dat deel van de dam door het Rak van Scheelhoek dat nog binnen de bouwput ligt, zijn zoals op de tekening is aangegeven twee stroken van de ondergrond door 'rütteln' verdicht, om bij het begin van een eventuele zettingsvloeiing steun te geven aan het damlichaam; de stroken zijn toch waterdoorlatend. Aan de rivierzijde is men begonnen te werken met een zogenaamde torpedotriller zonder



Verdichten op diepte door middel van het Rütteldruckverfahren

watertoevoer. De torpedo wilde echter niet zonder meer de grond in, zodat werd overgegaan op toevoer van water door middel van een pomp. In het geheel is aan de rivierzijde op 500 punten getrild tot een diepte van 7 m beneden N.A.P. Behalve van de torpedotriller is ook gebruik gemaakt van de Pfeilertriller die altijd met water werkt. Aan de zeezijde is op ruim 550 punten getrild tot een gemiddelde diepte van N.A.P. – 6,50 m. Om de verdichting zo diep te laten komen als nodig werd geoordeeld is ter plaatse van de te verdichten stroken een gedeelte van de ringdijk ingegraven. Voor de fundering van het kabelbaanstation op het plateau achter het landhoofd is op een beperkt gebied op 133 punten tot een diepte van N.A.P. – 3 m getrild met een Pfeilertriller.

De gebruikte torpedoverdichter bestaat uit een 4,75 m lange buis met een gewicht van 2000 kg. Het stroomverbruik varieert van 30 A bovengronds tot 70 A in de grond. Deze verdichter is speciaal geschikt voor harde grondsoorten. De Pfeiler-verdichter waarmee gewerkt is heeft een lengte van 5,25 m en een gewicht van 1200 kg; het stroomverbruik bedraagt van 20 A bovengronds tot 50 A ondergronds. Dit apparaat is vooral geschikt voor slappe grondsoorten.

De voeding van de gebruikte apparatuur werd verzorgd door een aggregaat bestaande uit een 12 cilinder luchtgekoelde Deutz dieselmotor met een generator met een vermogen van 145 kVA (220-380V). Tijdelijk heeft een tweede aggregaat dienst gedaan toen met vier kranen en verdichters werd gewerkt. De foto's geven een beeld van de apparatuur in gebruik.

De grondsoorten waarmee gewerkt moest worden, waren door de aanwezigheid van sliblaagjes en kleidelen niet optimaal geschikt om te worden verdicht. Desondanks bleek een goede verdichting en daardoor een verbetering van de stabiliteit van dit damgedeelte mogelijk. De sondeerwaarden waren na het 'rütteln' aanmerkelijk beter dan ervoor. Kwamen voor de verdichting der lagen sondeerwaarden van minder dan 10 kg/cm² geregeld voor, na bewerking bleek de sondeerwaarde vrijwel overal in de stroken op enige diepte boven de 100 kg/cm² te liggen.

Waar de sondeerwaarde plaatselijk lager bleef, was dit te wijten aan de aanwezigheid van kleideeltjes die door het 'rütteln' geen verbetering hadden ondergaan.

De bepaling van de grootte van wateroverdrukken onder een gesloten asfaltmastiekmat

In het vorige nummer van het Driemaandelijks Bericht werd de vormgeving besproken van de bodembescherming in het zuidelijke sluitgat van het Brouwershavensche Gat. Men kan daar lezen dat deze bescherming voor een gedeelte zal bestaan uit een asfaltmastiekmat, die ondoorlatend is voor water.

Onder een dergelijke dichte verdediging kunnen wateroverdrukken optreden welke de mat gedeeltelijk of in zijn geheel oplichten, waardoor in het asfalt scheuren zouden ontstaan. Ter plaatse van zo'n scheur wordt de zandbodem dan niet meer beschermd; het zand wordt door de overtrekkende stroom meegezogen, de randen van de mat gaan verzakken en de scheur verbreedt zich. Aldus kan een desastreuze ontwikkeling worden ingeleid. Het is daarom zaak de dikte van de asfaltmat zodanig te kiezen dat zijn gewicht onder water gelijk is aan of groter dan de opwaartse waterdruk, zodat voorkomen wordt dat de mat wordt opgelicht.

Ter bepaling van de grootte van de overdrukken is een modelonderzoek verricht, dat twee gedeelten omvatte: een hydraulisch onderzoek in het Waterloopkundig Laboratorium, waarbij de waterdrukken vlak boven de bodembescherming werden bepaald, en een onderzoek met behulp van een elektrisch analogiemodel voor de grondwaterbeweging, waarbij de waterdrukken onder de bescherming werden gemeten.

In dit artikel worden deze onderzoeken nader toegelicht; de resultaten ervan worden mede betrokken op het ontwerp van de bodembescherming in het Brouwershavensche Gat.

Hydraulisch onderzoek

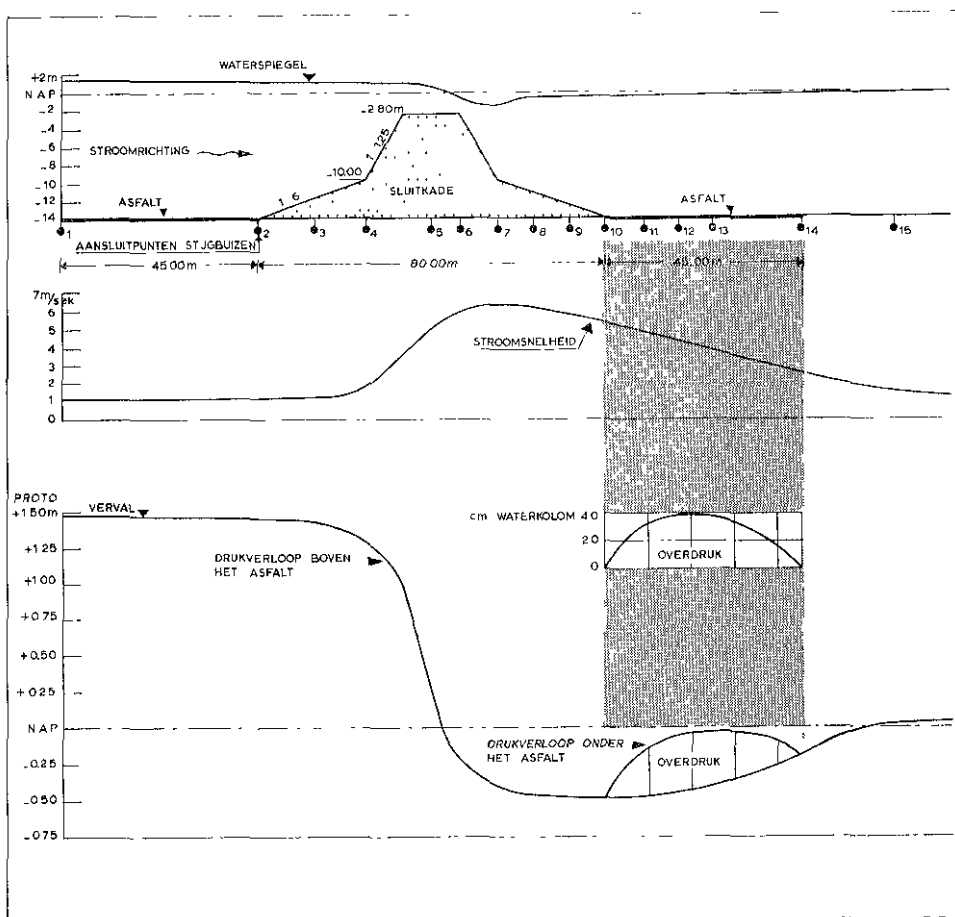
Tijdens de opbouw van een sluitkade in een sluitgat veranderen de hydraulische omstandigheden ter plaatse voortdurend. Als voorbeeld nemen wij de afsluiting van een zeearm als het Brouwershavensche Gat, waardoor een kombergingsgebied wordt afgesloten. Het achterliggende bekken wordt elke getijcyclus gevuld en geleidigd door de geulen, die door het afsluittracé lopen. De vul- en ledigingsstroom passeert het tracé van de afsluiting dus tweemaal per dag. Door het omhoogwerken van een sluitkade neemt de hoeveelheid water die het bekken in- en uitstroomt af; eerst heel langzaam, daarna, als het doorstroomprofiel tot 20% à 10% van zijn oorspronkelijke oppervlak is verminderd, in steeds sterkere mate. Het verschil in waterstand aan weerszijden van de

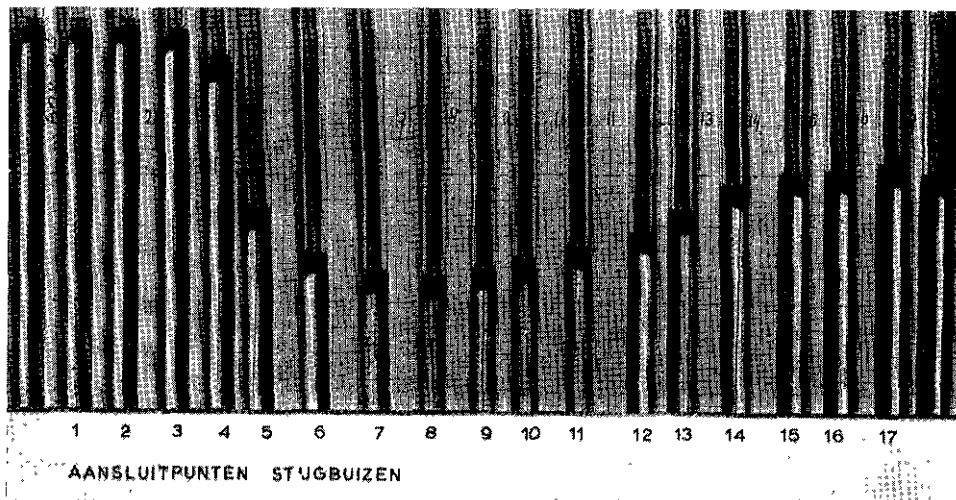
sluitkade, dat het verval wordt genoemd, wordt echter van het begin af aan steeds groter, waardoor de stroomsnelheden boven de kade toenemen. Bovenstrooms en benedenstrooms van de sluitkade echter, waar het doorstroomprofiel niet verandert, nemen de snelheden in gelijke mate af als de vul- en ledigingsstroom.

Het water dat het bekken uit- of instroomt wordt dus bij de sluitkade eerst versneld totdat boven de kade de maximumsnelheid is bereikt, en vervolgens achter de kade vertraagd. In het versnellingsgebied voor en boven de kade zakt de waterspiegel, om in het vertragsgebied achter de kade weer gedeeltelijk op te lopen.

De waterdrukken op de bodemverdediging verlopen in grote lijnen overeenkomstig het waterspiegelverloop. Afwijkingen treden op als gevolg van de kromming van de

1. Verloop van de waterspiegel, de stroomsnelheid, de druk en de overdruk bij een sluitkade





2. Stijgbuisjes voor de bepaling van de drukken vlak boven de asfaltmastiekmat

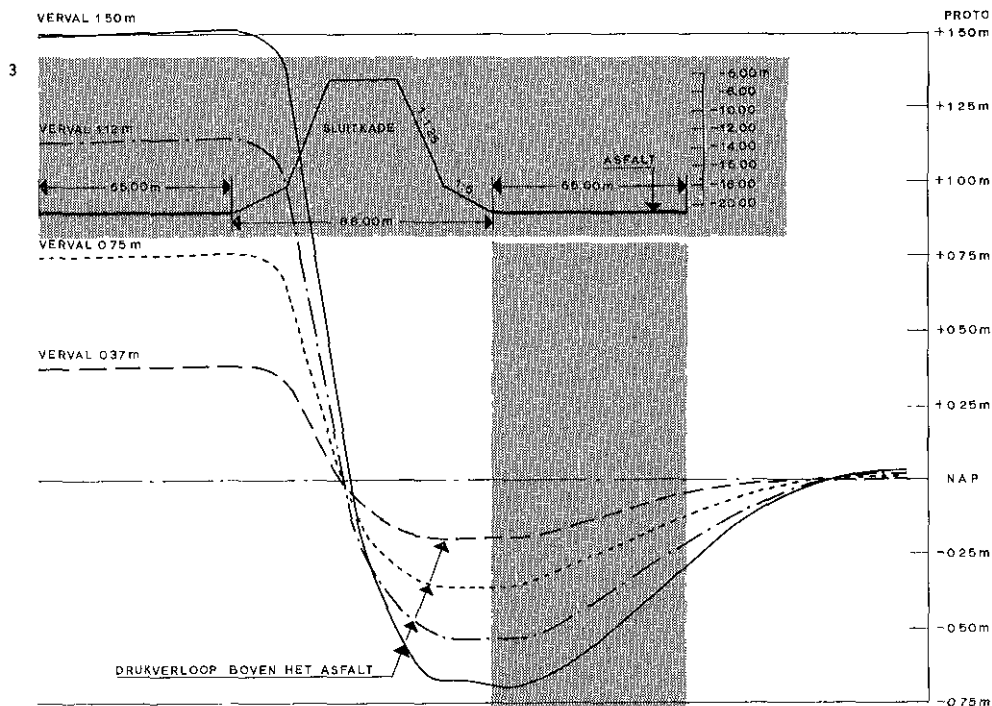
3 De invloed van het verval, de doorlatendheid van de dam, de waterstand en de breedte van de slab op de grootte van de overdrukken

stroomlijnen ter plaatse van de taluds van de sluitkade. Men meet de drukken op de bescherming in het hydraulisch model door op regelmatige afstanden openingen in de bodem te maken welke met slangen verbonden zijn aan stijgbuisjes. De stijghoogte van het water in het buisje is de maat voor de druk op de bodem. Het verloop van de drukken is sterk afhankelijk van de vorm van de sluitkade. Zowel de hoogte van de kade ten opzichte van de bodem als de breedte van de kruin en de taludhellingen zijn van invloed, evenals de doorlatendheid van de kade.

Bij het onderzoek zijn zowel deze eigenschappen alsook de waterdiepte en het verval over de kade gevarieerd. In de figuren is het verloop langs de bovenzijde van de bodembescherming voor een aantal gevallen weergegeven. Met behulp van deze gegevens kan nu in een elektrisch analogiemodel voor de grondwaterbeweging het verloop van de waterdrukken onder de asfaltmastiekmat worden bepaald.

Onderzoek met behulp van een elektrisch analogiemodel

Voor een algemene beschouwing over het elektrisch analogiemodel en de fysische wetten waarop het berust, wordt verwezen naar het vorige nummer van deze Berichten. Wil men met behulp van zo'n model de stroming van water door een grondpakket bepalen, dan is het in het onderhavige geval noodzakelijk geïnformeerd te zijn over het



DE RELATIE TUSSEN HET VERVAL EN DE OVERDRUKKEN

OVERDRUK IN cm WATERKOLOM

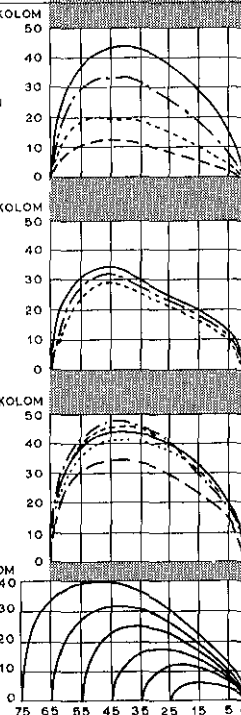
DE RELATIE TUSSEN DE DOORLATENDHEID VAN DE SLUITKADE EN DE OVERDRUKKEN (VERVAL 112 m)

OVERDRUK IN cm WATERKOLOM

DE RELATIE TUSSEN DE WATERSTAND EN DE OVERDRUKKEN (HET VERVAL IS BIJ ALLE WATERSTANDEN 150m GEWEEST)

OVERDRUK IN cm WATERKOLOM

DE RELATIE TUSSEN DE BREEDTE VAN DE ASFALTSLAB EN DE OVERDRUKKEN (VERVAL 112 m)



VERVAL 150 m

" 112 m

" 075 m

" 037 m

SLUITKADE ONDOORLATEND

SLUITKADE MATIG DOORLATEND (STORTSTEEN 10-300 kg)

SLUITKADE ZEER DOORLATEND (BETONBLOKKEN VAN 2500 kg)

BENEDENSTROOMSE-

WATERSTAND NAP +200 m

" NAP +100 m

" NAP

" NAP -100 m

" NAP -200 m

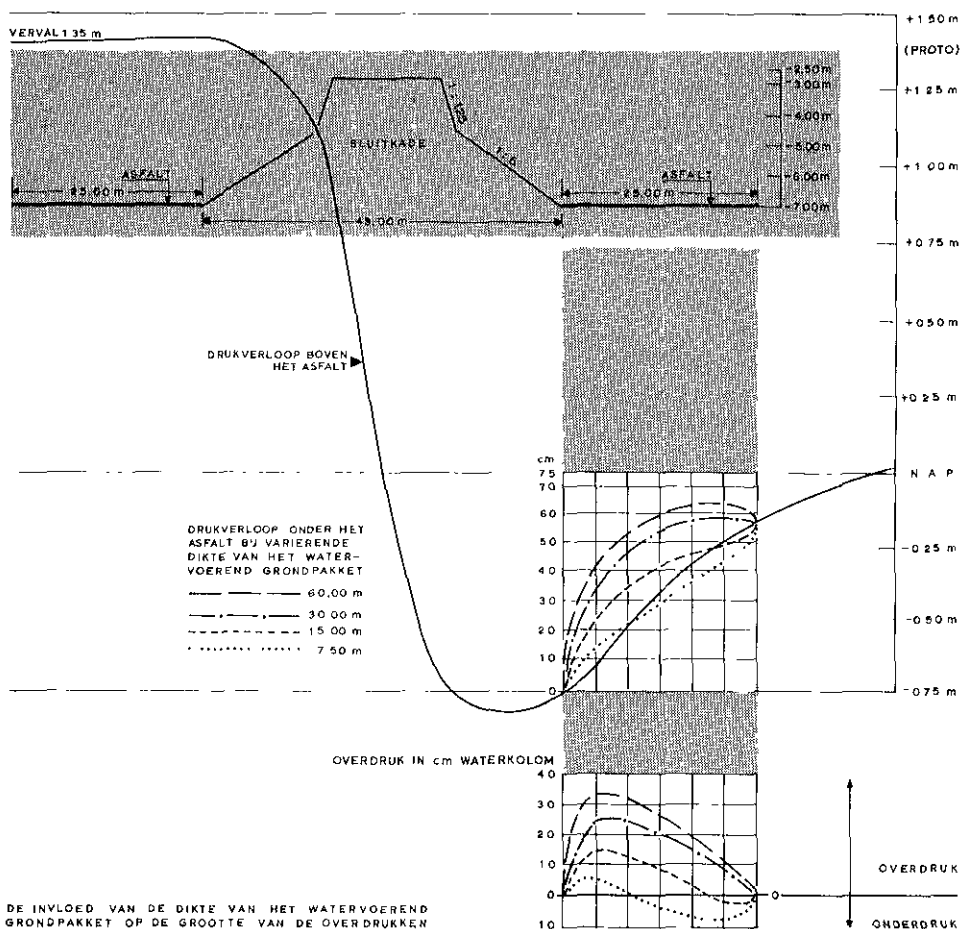
BREEDTE IN m

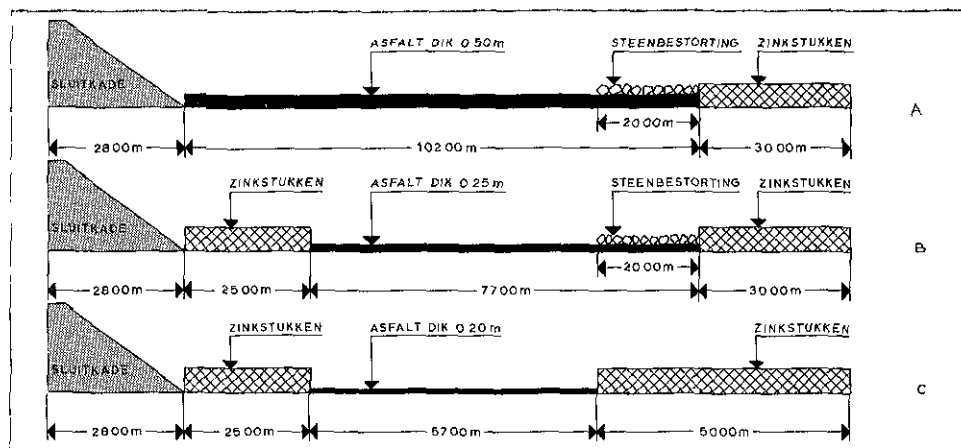
drukverloop langs het grensvlak water – grond. Dit drukverloop is in het Waterloopkundig Laboratorium bepaald, en hiervoren beschreven.

Is de waterdruk langs het grensvlak tussen water en grond van plaats tot plaats verschillend, dan stroomt water door het grondpakket van een plaats met een hogere druk naar een plaats met een lagere druk.

Als een gedeelte van het grensvlak wordt afgedicht met asfalt, dan bepalen de waterdrukken aan weerszijden van het asfalt de stroming door de grond onder het asfalt en daarmee de drukken daar ter plaatse. De grootte van deze drukken wordt bepaald door het drukverschil aan weerszijden van de asfaltslab, door de breedte van de slab en door de eigenschappen van het grondpakket. Met name is de dikte van het watervoerend grondpakket van invloed. Gesteld dat de asfaltmat is aangebracht op een waterdoorlatende zandbodem, terwijl enige meters dieper een niet waterdoorlatende kleilaag aanwezig is, dan beperkt deze kleilaag in sterke mate de stroming in het zandpakket onder de asfaltmat, en beïnvloedt daardoor het drukverloop onder de mat.

4. De invloed van de dikte van het watervoerend grondpakket op de grootte van de overdrukken





5. Relatie tussen breedte en dikte van de asfaltslab voor het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat

In figuur 4 wordt deze invloed bij verschillende dikte van het watervoerend pakket geïllustreerd. In het elektrisch model is het drukverloop onder de asfaltnat gemeten voor de in het Waterloopkundig Laboratorium onderzochte situaties. Hierbij is de breedte van de asfaltslab gevarieerd.

De overdrukken onder de mat zijn in de figuren voorgesteld door waterkolommen. Daar het soortelijk gewicht van asfalt 2,0 bedraagt, komt het gewicht van 10 cm asfalt onder water overeen met de waterdruk van een kolom van 10 cm. De grootte van de overdrukken geven dus zonder meer de minimale dikte van de te leggen asfaltnat aan.

Brouwershavensche Gat

In het zuidelijk sluitgat van het Brouwershavensche Gat varieert de waterdiepte in het gedeelte dat voor de toepassing van asfalt in aanmerking komt van 7 tot 21 m.

Het verloop van de overdrukken hangt onder meer af van de waterdiepte; hier zal worden toegelicht welke constructiemogelijkheden er zijn bij een waterdiepte van 21 m.

Aan de randen van een bodembescherming treden ontgrondingen op, die verzakkingen van de rand kunnen veroorzaken. Er treden dan trekkrachten op in de bescherming. Asfalt is geen materiaal dat in staat is langdurige trekkrachten van enige betekenis op te nemen, zodat toepassing ervan aan de randen van de bescherming niet raadzaam genoemd kan worden. Voor de constructie van deze randen wordt gebruik gemaakt van klassieke zinkstukken welke bovendien door hun ruwe oppervlak ten opzichte van het gladde asfalt de ontgraving aan de randen beperken. De breedte van deze rand moet voor het Brouwershavensche Gat tenminste 50 m bedragen. De gladheid van het asfalt-oppervlak kan eventueel worden verminderd door het aanbrengen van een steenbestorting op het asfalt. In bijgevoegde figuur 5 is voor drie gevallen de breedte van de asfaltnat gevarieerd. Men ziet dat naarmate de breedte afneemt, met een geringere asfaltdikte kan worden volstaan.

De geringere breedte van het asfalt moet worden gecompenseerd door het aanbrengen van een andersoortige bodembescherming, bijvoorbeeld zinkstukken.

Een kostenvergelijking voor de verschillende mogelijkheden zal moeten uitwijzen welke oplossing het meest aantrekkelijk is.

De damvakken gereed Op de voorgrond het damvak op de Kabbelaarsbank



De damvakken op de Middelploot en de Kabbelaarsbank in het Brouwershavensche Gat

Terugblik op de uitvoering

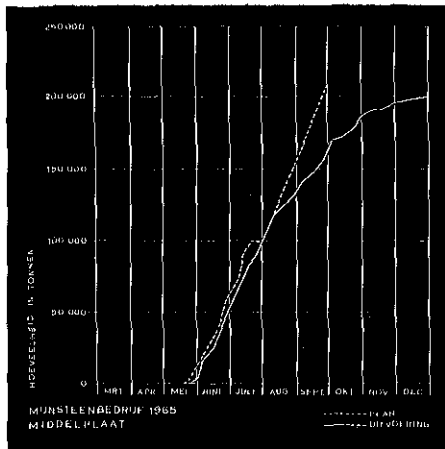
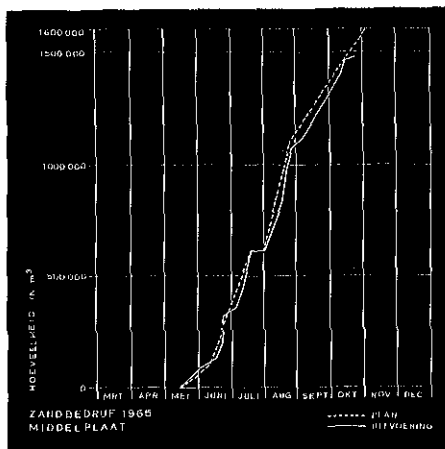
De ontwerpen van de damvakken op de Middelploot en op de Kabbelaarsbank zijn beschreven in de nummers 31 (februari 1965) en 35 (februari 1966) van deze Berichten. Nu deze ontwerpen zijn verwerkelijkt lijkt het nuttig een kort overzicht te geven van de praktijk van de uitvoering.

Met de bouw van het damvak op de Middelploot werd in mei 1965 begonnen. Het werk is op 15 april 1966 voor de eerste en op 31 oktober 1966 voor de tweede maal opgeleverd. In maart 1966 is een begin gemaakt met het aanleggen van het damvak op de Kabbelaarsbank. Dit werk is nu nagenoeg voltooid.

De werken werden volgens een met haar voor het maken van de afsluitdam door het Brouwershavensche Gat gesloten raamovereenkomst uitgevoerd door de N.V. Dijkbouw, een combinatie waarin samenwerken de N.V. Aannemersbedrijf v.h. Firma T. den Breejen van den Bout, Van Hattum en Blankevoort N.V. te Beverwijk, Hollandsche Aanneming Mij N.V. te 's-Gravenhage en de Kon. Mij tot het uitvoeren van openbare werken 'Adriaan Volker' N.V. te Sliedrecht; de belangrijkste onderaannemers waren de 'Delta Asfalt Combinatie' en de 'Combinatie Zinkwerken'.

Het werkprogramma van beide damvakken werd bepaald door de wens het damlichaam vóór de najaarsstormen beschermd te hebben. Voor het damvak op de Middelploot was dit een zware eis; er moest vrijwel in zee, letterlijk uit het niets, een dijkvak worden aangelegd. De werkzaamheden waren in het begin dan ook vooral gericht op de opbouw van het zuidoostelijk gedeelte van het langs de dam geprojecteerde werkterrein, teneinde daar zo spoedig mogelijk een asfaltinstallatie op te kunnen plaatsen voor het maken van de voor taludbescherming benodigde asfaltprodukten. Om tijdig met de asfaltbekleding te kunnen beginnen en er steeds in het gewenste tempo mee door te kunnen gaan heeft men de grootste voorrang gegeven aan het oppersen van het zee-waartse gedeelte van de dam.

De in het damvak op de Kabbelaarsbank te verwerken hoeveelheden waren veel groter dan die van het damvak op de Middelploot, maar de uitvoeringsomstandigheden waren hier veel gunstiger, omdat ook vanuit het zuiden, dus vanuit het gereed gekomen damvak op de Middelploot gewerkt kon worden, en juist daardoor reeds bij het begin der werkzaamheden over de inmiddels goed geoutilleerde werkhaven Middelploot kon worden beschikt.



Zandbedrijf

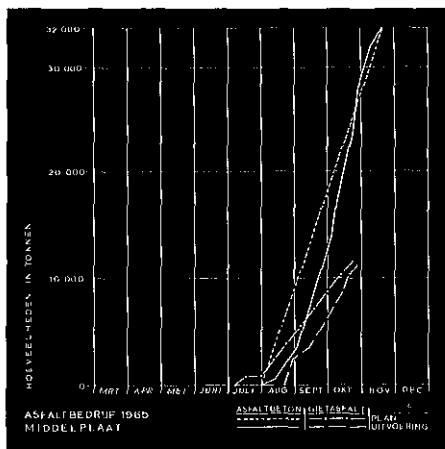
Het zand voor het damvak op de Middelpaalt werd ontleend aan de naast het damvak te ontgraven werkhavenkom. Voor het ontgraven van de kom werd de cutterzuiger 'Edax' met een zuigbuisdiameter van 75 cm in bedrijf gesteld. In dit damgedeelte werd ongeveer 1,6 miljoen m³ zand verwerkt. Het zand was van wisselende korrelgrootte, maar overwegend fijn. De gemiddelde korreldiameter lag tussen de 0,130 en de 0,180 mm. De hellingen van de storten waren daardoor zeer flauw; de persrichting was van zuid naar noord.

Een lastig werkonderdeel vormde het maken van de betrekkelijk ondiepe maar voor de stabiliteit van het haventalud noodzakelijke grondverbetering tot N.A.P. - 3 m langs de havenzijde van het damvak.

Het damvak op de Kabbelaarsbank kon gelukkig zodanig worden ontworpen dat een soortgelijke in eerste instantie noodzakelijk geachte grondverbetering achterwege kon blijven.

Voor het opbouwen van het damlichaam op de Kabbelaarsbank werd het zand voornamelijk ontleend aan de te ontgraven werkhaven Kabbelaarsbank, en aan een zandwinplaats in de tussen de Kabbelaarsbank en de Middelpaalt gelegen Kabbelaarsgeul. In de werkhaven Kabbelaarsbank werd het zand gewonnen met de cutterzuiger 'H.A.M. 207', met een zuigbuisdiameter van 70 cm; in de Kabbelaarsgeul met de profielzuiger 'Beverwijk 37', met een zuigbuisdiameter van 75 cm. Het zand uit de werkhaven Kabbelaarsbank was grover en in het algemeen schoner dan dat uit de werkhaven Middelpaalt; de storten waren dan ook steiler. Er werd tegelijk geperst vanuit het zuiden, vanaf het damvak Middelpaalt, en vanuit het noorden vanaf het kopeinde van het nieuwe damvak. In totaal werd in dit damvak 3,5 miljoen m³ zand verwerkt. De onderwatertaluds van de beide werkhavens werden met een baggermolen afgewerkt.

De tussen de Middelpaalt en de Kabbelaarsbank gelegen Kabbelaarsgeul werd in de beginperiode van de aanleg van het damvak op de Kabbelaarsbank, in april 1966, vanaf de zijde van de Middelpaalt afgesloten. De sluiting werd voltrokken door bij de binnentoe van de dam in continu-bedrijf met de 'Beverwijk 37' zand te persen tot een hoogte van N.A.P. - 1 m. Deze zuiger had een gemiddelde netto uurproductie van 1200 m³. Boven het op N.A.P. - 1 m gespoten zandstort werd met behulp van vrachtauto's een binnenskede van mijnsteen aangebracht. Achter deze kade werd verder zand geperst.

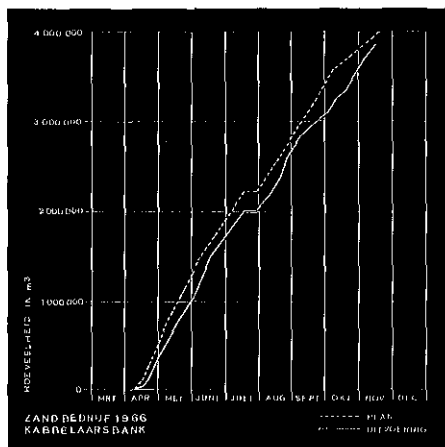


Productiegrafieken voor de Middelplaat

Asfaltbedrijf



Productiegrafieken voor de Kabbelaarsbank



Gelijktijdig met de 'Beverwijk 37' spoot ook de 'Beverwijk 38' zand in de Kabbelaarsgeul; deze cutterzuiger ontleende zand aan de werkhaven Middelpaalt en perste het in hoofdzaak aan de zeezijde in het te maken damlichaam. In enkel dagwerk werd met deze cutterzuiger 600 m³ per netto winuur gespoten.

Mijnsteenbedrijf

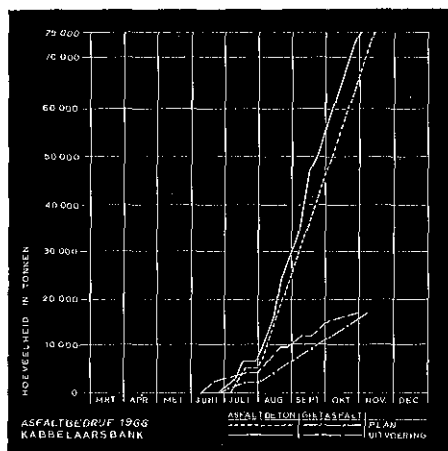
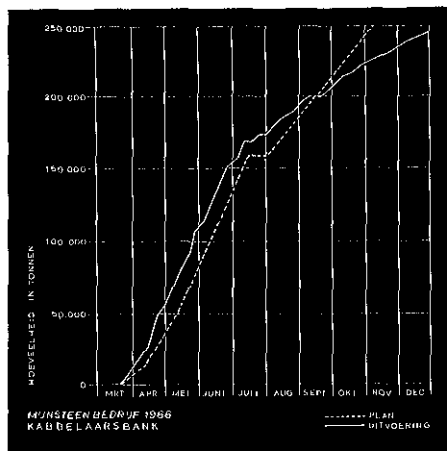
Aan het begin van de werkzaamheden op de Middelpaalt was de voortgang van de mijnsteenpers- en steenkade bepalend voor de vorderingen van alle volgende werkzaamheden. Begonnen werd daarom ter plaatse van de kade mijnsteen te lossen, hetzij met onderlossers, hetzij met behulp van drijvende kranen. Met het oog op de verdere aanvoer en verwerking van mijnsteen werd het eerst de kade langs het zuidoostelijke werkterrein opgebouwd.

Zo spoedig mogelijk werd aan de havenzijde van dit werkterrein een eenheidscaisson van 11 x 7,5 x 6 m geplaatst, zodat hiermee een tijdelijke loswal kon worden gevormd waarvandaan mijnsteen met vrachtauto's in de perskaden kon worden gereden. Zodra de definitieve loswallen gereed kwamen werden deze voor de overslag gebruikt.

Voor het damvak op de Kabbelaarsbank werd uit twee richtingen mijnsteen aangevoerd: via de in het zuiden gelegen loswallen van de werkhaven Middelpaalt, en vanuit een in het noorden tijdelijk gevormd mijnsteendepot ter plaatse van de te maken noordkop; nadat de definitieve loswallen in de werkhaven Kabbelaarsbank gereed waren gekomen werd de mijnsteen via deze loswallen aangevoerd. De mijnsteenperskaden reikten in eerste aanleg tot een hoogte van ongeveer N.A.P. + 2 m en gaven zodoende een veilige tijdelijke bescherming van het zandstort. In de damvakken op de Middelpaalt en de Kabbelaarsbank werd respectievelijk 200 000 en 250 000 ton mijnsteen verwerkt. De mijnsteen werd per schip uit Limburg aangevoerd; voor de overslag is hoofdzakelijk gebruik gemaakt van een drijvende kraan.

Asfaltbedrijf

Langs de buitenteen van de damvakken moest ter bescherming van het voorland een asfaltslab worden gelegd; het buitenbeloop wordt beneden N.A.P. + 5 m verdedigd met een glooiing van gepenetreerde stortsteen, en boven dit peil met een bekleding van asfaltbeton. Ook de kruin en het binnenbeloop worden bekleed met asfaltbeton. Een



van de belangrijkste onderdelen van het werk was daarom het asfaltbedrijf.

Voor het penetreren van de steen in de taluds beneden N.A.P. + 5 m en voor het maken van de asfaltslab aan de zeezijde van de dammen werd een gietspecie gebruikt van de volgende samenstelling: 26% grind 5–20 mm, 52% gegeradeerd zand (zand A), 8% vulstof (zeer zwak), en 14% asfaltbitumen 80/100.

Het asfaltbeton voor de bekleding van het buitenbeloop boven N.A.P. + 5 m, de kruin en het binnenbeloop werd in één laag aangebracht van 20 cm dikte op het buitenbeloop en 15 cm dikte op het binnenbeloop, en had de volgende samenstelling: 44,5% steenslag 5–15 mm, 42% gegeradeerd zand (zand A), 6,5% vulstof (zeer zwak) en 7% asfaltbitumen 80/100.

De gietspecie voor het damvak op de Middelpaat werd geproduceerd in molens van het type Amman 25 SN en die voor het damvak op de Kabbelaarsbank in een Barber Greene continu-mixer-molen. Het asfaltbeton werd gemaakt in Amman-1500-B-molens. Eén molen produceerde voldoende voor het damvak op de Middelpaat, voor het damvak op de Kabbelaarsbank werden er twee gebruikt, waarvan één met een grotere droogtrommel. De molens stonden alle opgesteld op het werkterrein nabij de zuidkop van het damvak op de Middelpaat.

Aanvankelijk werd de specie rechtstreeks op het zandtalud gestort en geheel met de hand verwerkt; daarna werd gedurende een zeer korte periode voor het spreiden van de specie een laadschop van het type 'Drott' gebruikt. Al spoedig echter ging men over tot het gebruiken van draglines. De specie werd door de aanvoerauto's in een bak gestort, vanwaaruit de dragline de specie op het talud spreidde. Deze methode voldeed redelijk en werd op het grootste gedeelte van het werk op de Middelpaat gebruikt. Op de Kabbelaarsbank werd de specie gespreid met hydraulische kranen van het type 'Poclain' en 'Oleomat'; dit bleek een zeer efficiënte methode te zijn.

Gedurende korte tijd werd geëxperimenteerd met een taludspreimachine, waarbij de specie met een transportband op de taluds werd aangebracht. Het zand werd met bulldozers afgewerkt en de aangebrachte specie werd met rollen en met trilwalsen verdicht. In totaal werden op de Middelpaat 12 000 ton gietasfalt en 34 000 ton asfaltbeton verwerkt, en op de Kabbelaarsbank 17 000 ton gietasfalt en 75 000 ton asfaltbeton.

Uit een systematische analyse van de uit deze werken geboorde asfaltbetonkernen blijkt dat het gevonden holle-ruimte-percentages bijzonder laag is, nl. gemiddeld 3,95% bij het

damvak op de Middelplaat, en 3,55% bij het damvak op de Kabbelaarsbank. De laagste percentages werden gevonden op de horizontale gedeelten en op de taluds van 1 : 6, de hoogste op het binnentalud met een helling van 1 : 3. Uit de analyse blijkt ook een sterke correlatie tussen de kwaliteit van het asfaltprodukt en de nauwkeurigheid van de gradatie van het gebruikte zand.

Teneinde betere inzichten te verkrijgen in de geschiktheid van asfaltbeton voor de waterbouw werden ter plaatse van tijdelijke bekledingen verschillende proefvakken aangelegd waarin de samenstelling van het asfaltbeton werd gevarieerd.

Terreinafdekkingen en glooiingen

De werkterreinen werden afgedekt met een 20 cm dikke laag mijnsteen, de rest van de terreinen met een 20 cm dikke laag maasklei. Grote hoeveelheden klei werden verwerkt: in het damvak op de Middelplaat 20 000 m³, in het damvak op de Kabbelaarsbank 80 000 m³.

De tijdelijke koppen van de damvakken werden voor een deel bekleed met blokken van Portugees graniet, gezet op een 10 cm dikke laag van Doornikse steenslag. Het bovenste gedeelte van de taluds van deze dijkkoppen werd bekleed met een laag asfaltbeton van, zoals eerder vermeld, per proefvak verschillende samenstelling.

Langs het hele haventalud is boven de op N.A.P. – 0,25 m gelegen teenconstructie een bekleding van koperslakblokken aangebracht. Voor het aanbrengen daarvan werd het talud van de mijnsteenkade geprofileerd, daarop een 3 cm dikke laag gebroken grind aangebracht, en die met een rij afgewerkt. De koperslakblokken werden op deze grindlaag gezet.

Teenconstructie en teenbescherming

Aan de zeezijde bestaat de teenconstructie uit een damwand van planken van 2,5 m lang, 50 cm breed en 10 cm dik. De planken werden in de grond gespoten, dat wil zeggen dat in het zand ter plaatse met spuitlansen een ruimte werd vrijgemaakt waarin de planken meteen tot de juiste diepte verzonken. De damwand werd voor de mijnsteenkade uit gebouwd. Naast de damwand werden korven geplaatst. De korven zijn rechthoekig van vorm en 4 m lang, 1 m breed en 50 cm hoog. Zij zijn gemaakt van met polyvinylchloride beklede verzinkte draden die in een patroon van zeskantige mazen zijn gevlochten. Het vlechtwerk werd in pakken aangevoerd en op het werk tot korven samengesteld. Die werden daarna op hun definitieve plaats gezet en met behulp van een kraan met grof grind gevuld; het grind werd daarna met de hand nog wat bijgeschikt. De korf werd gesloten door het deksel aan de opstaande wanden te verbinden; dit geschiedde echter pas nadat het getij er enige malen overheen was geweest en het grind nog wat verder had geschikt. De korven werden ook onderling aan elkaar verbonden. Alle verbindingen werden uitgevoerd met binddraad van hetzelfde soort als het draad van de korven zelf. Aan de zeezijde van de korven werd een 6 m brede en 20 cm dikke laag gietasfalt aangebracht. Bij het damvak op de Middelplaat, waarvoor zich een brede, vrij hoge plaat uitstreckte, was het niet moeilijk de asfaltslab aan te brengen; bij het damvak op de Kabbelaarsbank daarentegen, waar bescherming aan de zeezijde ontbrak, was het moeilijker: voordat het getij opkwam moest met het werken aan de slab worden opgehouden, omdat de kabbelende zee anders grote ribbels op de nog warme en plastische asfaltoppervlakte vormde.

Langs de koppen en de binnentaluds bestaat de teenconstructie uit perkoenen met een teenschol. De onderwaterbelopen zijn beschermd door kraagstukken, die werden afgestort met lichte steen en grind. Alle kraagstukken werden vervaardigd op een centrale hellingzate nabij de werkhaven Den Osse.

De ontgraving van het bouwdok voor de doorlaatcaissons ten behoeve van de Volkerakafsluiting

Voor de bouw van de doorlaatcaissons en de landhoofdcassons ten behoeve van de afsluiting van het Volkerak is een bouwdok nodig. Na een vergelijkend onderzoek (zie Driemaandelijks Bericht nr. 36, mei 1966) werd besloten dit bouwdok te maken op de plaats waar in de toekomst eventueel een derde schutsluis zal worden gebouwd. Uit een door het Laboratorium voor Grondmechanica ingesteld onderzoek bleek dat een grondverbetering tot N.A.P. - 8 m noodzakelijk was om zettingsverschillen tijdens de bouw van de caissons tot een aanvaardbare grootte te beperken. De binnentaluds van de N.W.- en N.O.-zijde van het dok dienden ter verzekering van de stabiliteit onder een helling van 1 : 4 te worden gebracht. Aan de andere zijden van het dok kon met een helling van 1 : 3 worden volstaan.

Blijkens ter plaatse verrichte boringen en sonderingen kon de volgende bodemopbouw worden verwacht: van maaiveldhoogte tot N.A.P. - 4,50 m fijn zand met slib, een veenlaag van N.A.P. - 4,50 m tot N.A.P. - 5,50 m, daaronder tot N.A.P. - 10 m een zandhoudende kleilaag en beneden N.A.P. - 10 m vastere zandlagen.

Toen met de ontgraving van het bouwdok werd begonnen, was een gedeelte van de laag fijn zand tot N.A.P. - 4,50 m reeds gebruikt voor aanvulling van de sluisterreinen van de schutsluizen.

Het grondverzet

Het grondverzet bij het ontgraven van het bouwdok omvatte de verwerking van 115 000 m³ zand en het ontgraven en afvoeren van 65 000 m³ veen en klei.

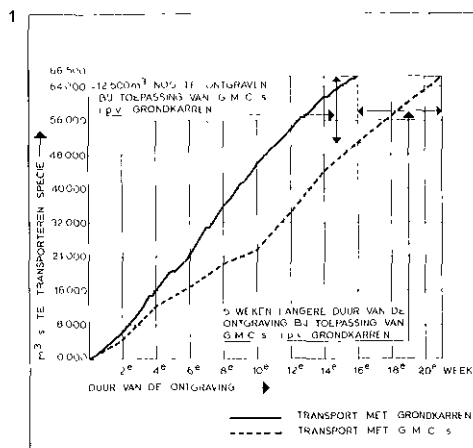
De ontgraving en het transport van het zand leverde geen moeilijkheden op. Het zand kon in diverse aanvullingen in de onmiddellijke omgeving van het bouwdok worden verwerkt. Een groot gedeelte is zelfs gebruikt als grondverbetering ter plaatse van het ontgraven klei- en veenpakket. Bij het transport werd voornamelijk van vrachtwagens gebruik gemaakt. Toepassing van dit vervoermiddel bij de verdere ontgraving, met name van de veen- en kleilagen, stuitte echter op ernstige bezwaren.

Deze lagen sloten het vele water dat door de overvloedige regenval in het erboven liggende zand aanwezig was van het diepe grondwater af, en verhinderden daardoor een normale afvoer via de aangebrachte bronbemaling. Bovendien was het zand van een samenstelling die drainage erdoor nauwelijks mogelijk maakte. Voor de vrachtwagens

1. Vergelijking van het transport met grondkarren en G.M.C.'s

2. Werkwijze bij het ontgraven van het bouwdoek en het aanbrengen van de grondverbetering

3. Het bouwdoek gereed



zou daarom de hele rijbaan van rijplaten voorzien moeten worden, terwijl, om het grote hoogteverschil van N.A.P. - 4 m tot N.A.P. + 5 m te overwinnen, betrekkelijk lange op- en afritten nodig zouden zijn. Men heeft daarom omgezien naar een ander middel van vervoer. De keuze viel op de zogenaamde grondkar of leipkar, die een inhoud heeft van 2 m³ en voorzien is van 2 vliegtuigbanden met lage druk. Deze grondkarren werden getrokken door landbouwtractors met een 4-cilindermotor van 56 pk.

De karren konden, gegeven de vervoersafstand van 400 m heen en 400 m terug, per uur vijf vrachten wegbrengen, en vervoerden dus 10 m³ per uur per kar. Voor de ontgraving kon over 17 transporteenheden worden beschikt, waarvan er echter telkens enkele voor reparatie stonden. Met de gemiddeld beschikbare 15 eenheden kon in theorie per week $45 \times 15 \times 10 = 6750$ m³ worden vervoerd; een produktie die echter nooit werd gehaald. De karren werden geladen door drie draglines. Elke dragline had dus vijf karren te vullen, en moest $5 \times 5 \times 2 \times 9 = 450$ m³ per dag produceren.

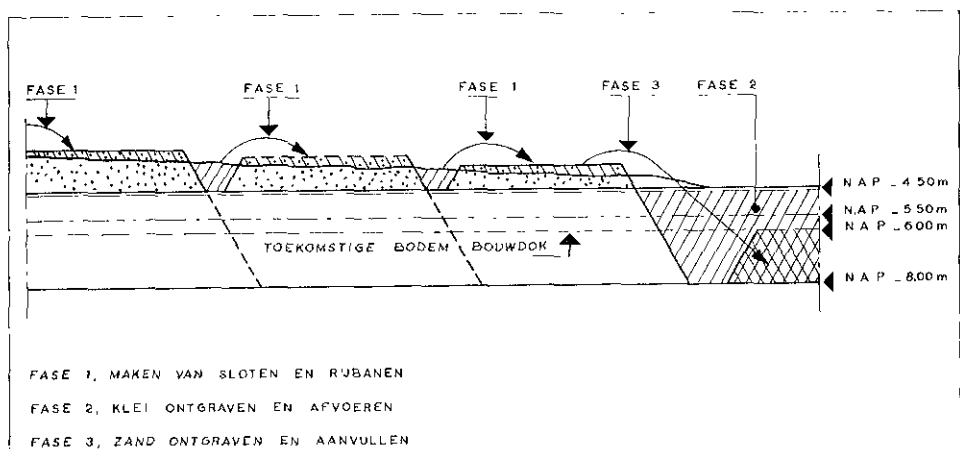
Aan de hand van de beschikbare gegevens is een produktielijn opgesteld van de afvoer met grondkarren van het afgegraven klei- en veenpakket uit het bouwdoek. Ter vergelijking is in deze grafiek tevens de denkbeeldige produktielijn getekend van de afvoer van de specie met behulp van vrachtwagens. Deze lijn is verkregen door te veronderstellen dat dezelfde topproduktie van de drie dragline's van 450 m³ per dag per dragline werd afgevoerd met G.M.C.'s, waarbij het transport op regendagen en een etmaal na een regendag zonder toepassing van rijplaten, niet mogelijk zou zijn.

Het ontgraven van het bouwdoek en het aanbrengen van de grondverbetering van N.A.P. - 8 m tot N.A.P. - 6 m werd in drie fasen uitgevoerd.

In de eerste fase van het werk werden in de lengterichting van de te maken ontgraving in de laag zand een aantal sloten getrokken tot N.A.P. - 4,50 m. Het water dat zich in deze sloten verzamelde werd door middel van kloppompen verwijderd. Het zand uit de sloten werd tussen de sloten gestort op de rijbanen voor de grondkarren.

In de tweede fase werd de grond van N.A.P. - 4,50 m tot N.A.P. - 8 m ontgraven en getransporteerd naar een stortplaats op het terrein van de zuidelijke voorhaven, waar de specie uit de karren tegen elkaar werd gestort en daarna met een lichte bulldozer geëgaliseerd.

2



3



In de laatste fase werd het zand boven N.A.P. - 4,50 m gebruikt om de ontgraving aan te vullen tot N.A.P. - 6 m.

Nadat de grondverbetering in het gehele bouwdok was aangebracht is het oppervlak ter voorkoming van het verstuiwen van het fijne zand met stro ingeëgd.

De taludbekleding

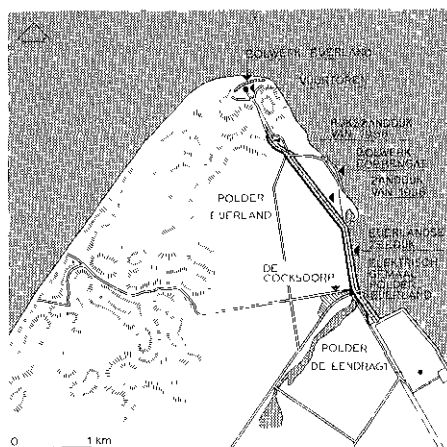
Om uitspoelen van het fijne zand te voorkomen diende langs de N.W.- en N.O.-zijde van het dok een filterconstructie te worden aangebracht vanaf N.A.P. - 6,50 m tot N.A.P. - 2,50 m. Het filter bestaat uit een 20 cm dikke laag grindzand, afgedekt door een laag grind 3-8 cm van 30 cm dikte. Boven dit filter, van N.A.P. - 2,50 m tot N.A.P. + 2,50 m, en op het talud langs de Z.W.-en Z.O.-zijde van het bouwdok, moest een 50 cm dikke laag grof grind 3-20 cm worden aangebracht.

Het door het filter uittredende water wordt in een in de kleilaag op N.A.P. - 6,50 m uitgespaarde sloot opgevangen. Bij hoge waterstanden in de sloot kan het water niet naar het bouwdok afvloeien. Overigens wordt het water in deze sloot op peil gehouden door twee klokpompen, elk met een capaciteit van 80 m³ per uur. Deze klokpompen zijn opgehangen in pompputten aan de uiteinden van de lange zijde van het dok. De pompputten bestaan elk uit twee betonringen met een doorsnee van 2 m, die zodanig zijn geplaatst dat de bovenkant van de onderste ring gelijk ligt met de bodem van de sloot, terwijl in de bovenste ring openingen zijn aangebracht waardoor het water kan toestromen.

Zandpalen

Na een periode van overvloedige regenval bleek de grondverbetering in het noordelijk gedeelte van het bouwdok volkomen met water verzadigd te zijn. De bronbemaling kon dit water niet of uiterst langzaam aan het zand onttrekken doordat de kleilaag ter plaatse niet was doorgebroken. Aangezien de caissons onmogelijk op deze ondergrond van met water verzadigd zand zouden kunnen worden gebouwd, werd besloten een deel van het dok van zandpalen te voorzien. In totaal is 10 000 m zandpaal aangebracht, in lengte variërend van 4 m tot 9,5 m, al naar gelang de dikte van de te doorboren kleilaag. Na het gereedkomen van de zandpalen was het waterbezwaar opgeheven.

C. De werken ten noorden van Hoek van Holland



De verzwaring en verhoging van de zeewaterkering ten noorden van de Eendragtspolder op Texel

Met de verhoging van de Texelse zeedijken ingevolge de Deltawet is in 1961 een begin gemaakt bij de Prins Hendrikpolder (Driemaandelijks Bericht nr. 16, mei 1962). Hierna zijn voorbereidingen getroffen voor de verhoging van de waterkeringen ten noorden van de Eendragtspolder, namelijk de Eijerlandse zeedijk en enige zanddijken ten zuiden van de vuurtoren. In de loop van de tijd zijn deze zeeweringen door de achteruitgang van de duinen langs het Eijerlandse Gat steeds meer aan golfaanvallen blootgesteld. In het bijzonder de constructie en de hoogte van de Eijerlandse zeedijk zijn onvoldoende voor de huidige functie van de zeewering. Deze ongunstige ontwikkeling noodzaakte reeds in 1937-'38 tot het aanleggen van een inlaagdijk, de 'zanddijk van 1938'. De daarvoor gelegen sikkelvormige waterkering wordt sindsdien in stand gehouden als vast punt; zij werd voortaan 'bolwerk Robbengat' genoemd.

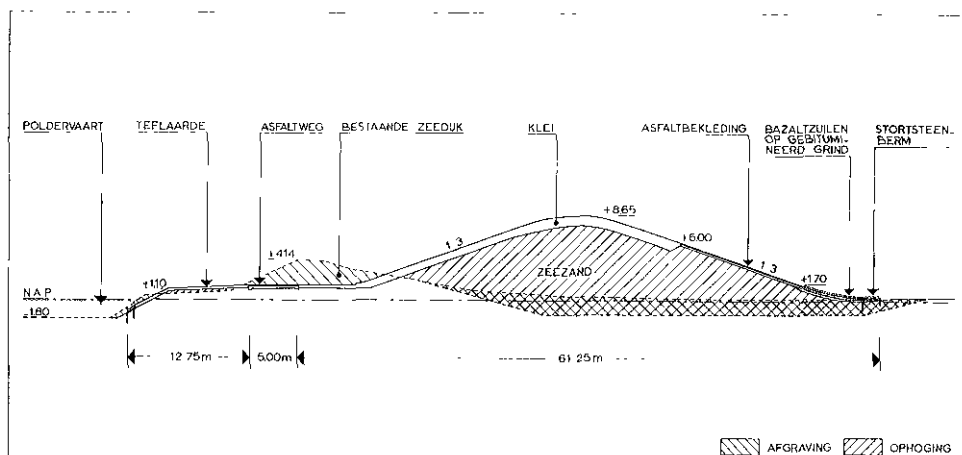
De aanwezigheid van een relatief hoog gelegen wad voor de Eijerlandse zeedijk en de aanwezigheid van een gemaal in het binnenbeloop alsmede van een boezemkanaal onmiddellijk binnen de dijk maakten het raadzaam de dijk aan de buitenzijde te verzwaren. Voorts verdiende het om redenen van veiligheid en financiën de voorkeur, niet het 'bolwerk Robbengat' te verhogen, maar de 'zanddijk van 1938'.

De nieuwe Eijerlandse zeedijk zal worden aangelegd op een hoogte van N.A.P. + 8,65 m, terwijl de nieuwe hoogte van de inlaagdijk en de daarop in het noorden aansluitende zanddijk tot aan de duinen bij de vuurtoren N.A.P. + 8 m zal bedragen. De constructie van deze dijkvakken varieert naar gelang van de omstandigheden.

Voor de Eijerlandse zeedijk, die ruim 1400 m lang is, is tussen N.A.P. + 1,70 m en N.A.P. + 6 m een asfaltbekleding op het buitenbeloop ontworpen met een dikte van 20 cm. Beneden N.A.P. + 1,70 m komt een steunglooiing van basalt op een dubbele vlijlaag en een filterlaag van gebitumineerd grind. De totale breedte van de berm tussen de binnenteen van de dijk en het boezemkanaal zal 10 m bedragen. Op deze berm zal een verharding worden aangelegd van 5 m breed.

Grondmechanisch onderzoek heeft uitgewezen dat een bodemverbetering onder de nieuwe dijk gewenst is.

De 1100 m lange te verhogen binnendijk zal geheel als groene dijk worden aangelegd



Dwarsdoorsnede van de nieuwe Eijerlandse zeedijk

met een 75 cm dikke kleilaag op binnen- en buitentalud. Ook langs de binnenzijde van deze dijk zal een asfaltverharding van 5 m breed worden gemaakt. De in het noorden op deze dijk aansluitende zanddijk van ruim 600 m krijgt, afgezien van enige teelaarde bij de buitenteen, geen bekleding. De hoge ligging en de aanzienlijke breedte van het voorland, dat ligt op N.A.P. + 1 à 4 m, maken de omstandigheden hier relatief gunstig. Ter plaatse is een verharding aanwezig die aan de vermelde eisen wordt aangepast.

In 1965 is vooruitlopende op de eigenlijke dijkverhoging het gemaal in de Eijerlandse zeedijk aangepast aan het nieuwe dijkprofiel. Het werk hield voornamelijk een verlenging in van de uitstroombokers, die gedeeltelijk in gewapend beton en gedeeltelijk in staal werd uitgevoerd. De verlengde kokers werden gefundeerd op palen. In elk van deze kokers bevinden zich drie keringen; aan de buitenzijde zit een automatisch werkende stalen klep met hooggelegen horizontale as, en verder zijn er een met de hand bedienbare stalen schuif en een veiligheidsklep op het hoogste punt van de koker.

De pompen in het oude gemaal en de nieuwe kokers zijn onderling flexibel gekoppeld, teneinde breuk te voorkomen.

Van de bovengenoemde werken zijn de Eijerlandse zeedijk en het daaringelezen gemaal, alsmede de 'zanddijk van 1938' in beheer bij de polder Eijerland. De zanddijk ten noorden van de laatstgenoemde dijk is in beheer bij het Rijk.

Ter ontlasting van het polderbestuur, dat krachtens de Deltawet gehouden is zijn eigen dijkverhogingen uit te voeren, werd de voorbereiding en het toezicht op de uitvoering van de onderhoudswerken door de Rijkswaterstaat overgenomen.

De aanpassingswerken aan het gemaal zijn uitgevoerd door de firma Drijver te Den Burg (Texel); de aannemingssom bedroeg f 687 000. Het werk is begonnen op 11 november 1965 en voor de eerste maal opgeleverd op 31 januari 1967; de onderhoudstermijn is vier maanden.

Het werk aan de zeewaterkering is gegund aan het aannemersbedrijf J. de Vries en W. v. d. Wiel te Hilversum voor een bedrag van f 3 786 000; in de aannemingssom is f 231 000 begrepen voor het Rijkswerk. De uitvoeringstermijn is vastgesteld op 24 maanden na de nog te bepalen datum van aanvang. De onderhoudstermijn bedraagt 6 maanden.

A. De werken van het Deltaplan

Haringvliet

De bouwput van de uitwateringssluizen

De taluds van de grondlichamen aansluitend aan de landhoofden van de sluis werden in de verslagperiode vrijwel geheel bekleed.

In deze bekleding werden de volgende hoeveelheden materialen verwerkt: 3000 m² kraagstuk met kunststofzool, 120 m azobédamwand, 6400 m² polypropeenweefsel, 16 700 ton stortsteen en 4900 ton gietasfalt.

De bouwput werd tussen 1 januari en 17 maart gevuld met water tot een stand van N.A.P. + 0,25 m.

Achter het noordelijk landhoofd werden door middel van het zogenaamde 'Rütteldruckverfahren' grondverdichtingen uitgevoerd in de taluds van de toekomstige dijk en ter plaatse van de te maken funderingen voor de kabelbaan.

Opruiming van de bouwput van de uitwateringssluizen

Het buiten de ringdijk nog aanwezige zanddepot van ongeveer 100 000 m³ werd weggezogen en geperst in een depot achter de vissershaven.

Een begin werd gemaakt met het ontmantelen van de havendam.

Ter plaatse van het te maken gat in de ringdijk werd de asfaltbekleding opgebroken, en werden zinkstukken opgeruimd tot een diepte van $\pm$ N.A.P. - 5 m. Er werd voorts voor de in de bouwput te brengen cutterzuiger een persleiding aangelegd naar de haven van Goeree.

Op de buitenberm van de ringdijk wordt een tijdelijke bescherming aangebracht ten einde golfoverloop over deze berm na het wegcutteren van de kruin van de dijk te beperken. Hiertoe wordt een stalen damwand ingehaald met de bovenzijde op N.A.P. + 5,50 m. Voor deze damwand worden twee rijen tetraëders geplaatst. Met deze werkzaamheden is in de verslagperiode een begin gemaakt.

Baggerwerk en oevervoorzieningen in de Zuiderdiepboezem

Het baggerwerk in de haven van Stellendam kwam gereed.

Tevens kwam de onderbouw gereed voor een vijzelpomp die dienst moet doen om water op de drooggevalle Plaat van Scheelhoek te pompen.

In de verslagperiode werden voorts nog enige grindbekledingen gemaakt.



Plateau en werkweg op het strand van Voorne

Plateau en werkweg op het strand van Voorne

De betonfundering van de weg en het asfaltwegdek kwamen gereed.

De klei- en steenbekledingen werden voor een belangrijk deel voltooid.

Deltageul

De toegangsgedul naar de vissershaven van Goedereede, de zogenaamde Deltageul, is nabij de mond van de haven zodanig verondiept dat het noodzakelijk bleek een diepere vaargeul te maken.

Eerst is geprobeerd deze gul te laten maken door een concessiezuiger die het gewonnen zand zou afvoeren.

Het bleek echter niet mogelijk op korte termijn op de ondiepe plaats te zuigen, de zuiger ondervond moeilijkheden met het inbreken en de afvoer van het zand bij L.W.

Bovendien bleken zich onder de ondiepte klei- en veenlagen te bevinden, zodat het zand op die plaats minder geschikt is voor de handel. Daarom wordt de gul nu met de nieuwe baggermolen 's-Gravenhage' — emmerinhoud 800 l — gemaakt; de specie wordt met een bakken-

zuiger opgeperst in een depot achter de vissershaven.

De kunstwerken in het Zuiderdiep

Het betonwerk voor de onderbouw van de kleine en de grote brug is voltooid. Het dek van de kleine brug zal een der komende weken worden gestort. Aangevangen werd met het stellen van de ondersteuningsconstructie voor het maken van het dek van de grote brug. Ook is begonnen aan de zandaanvullingen van de landhoofden van de bruggen.

De onderbouw van het viadukt is gereed.

Bij de uitwateringssluys, die acht sluis moten krijgt, zijn zes van de acht vloeren gestort, terwijl van twee sluis moten ook de wanden en dekken zijn gestort.

In totaal werd van de 10 200 m³ te verwerken beton tot nu toe 3950 m³ gestort.

Volkerak

De schutsluizen

De montage en elektrificatie van de bewegingswerktuigen voor de sluisdeuren en de basculebruggen werden voortgezet. Voorbereidingen werden gemaakt voor

de nautische beseining en de verdere inrichting van de voorhavens.

Doorgraving van de ringdijk en aanvulling der sluisterreinen

Op 1 februari 1967 werden deze werken voor de eerste maal voltooid opgeleverd. Na een onderhoudsperiode van 4 maanden zal de eindoplevering plaatsvinden.

Geleidewerken en wachtplaatsen

In de zuidelijke voorhaven kwamen het plaatsen en lassen van de 30 m lange secties voor de vaste geleidewerken nagenoeg gereed. De hardhouten beschermingsschotten kwamen alle gereed; op een paar na zijn ze op hun plaats aangebracht.

Het werk is hiermede in zijn eindfase gekomen.

Alleen de dukdalven voor de duw- en conventionele vaart, die in verband met werken van derden pas later kunnen worden gemaakt, moeten nog worden gemaakt.

Caissonbouw

Mede door de zachte winter maakte het werk goede vorderingen. In de verslag-

periode werden acht vloeren van de onderbak van de doorlaatcaissons gestort. Daarna werd begonnen met het stellen van de 10 m hoge diagonaalverbanden. Voor drie caissons kwam men hiermee gereed.

Met de bouw van de landhoofdcassons werd een begin gemaakt. De grondverbetering hiervoor werd aangebracht.

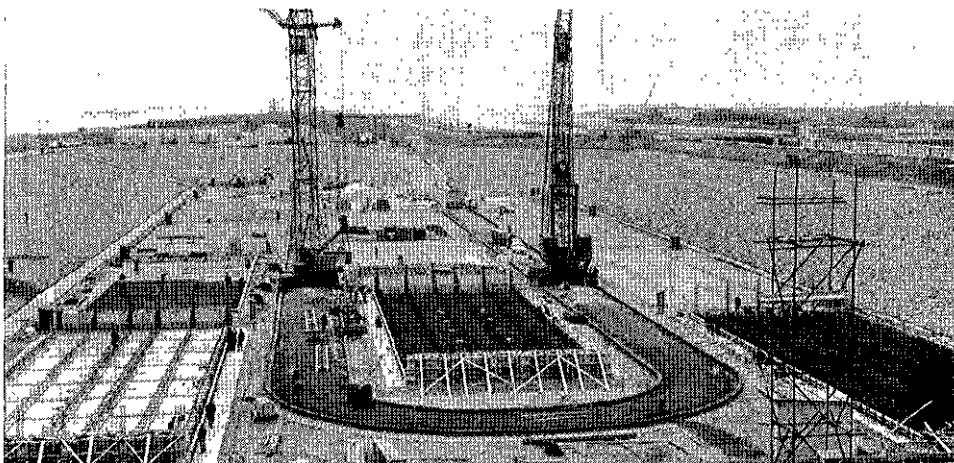
Het eerste gedeelte van de zuidelijke voorhaven

De werkzaamheden volgens overeenkomst nr. DED-693 zijn op 27 maart 1967 voor de tweede maal geheel voltooid opgeleverd en goedgekeurd.

Het tweede gedeelte van de zuidelijke voorhaven

De schermdam is bijna gereed. Alleen de kruin moet nog met gietasfalt worden gepetreed en daarmee is inmiddels een aanvang gemaakt. Aan de N.O.-zijde van de schermdam is op 60 m vanaf de kop aan de zijde van de scheepvaartgeul een eenvoudige houten steiger gebouwd, waarop door motorkracht bewogen kruiwagens — zogenaamde 'japanners' —,

Bouw van de doorlaatcaissons in het bouwdoek bij Willemstad



welke de asfaltspecie transporteren, naar de kruin van de schermdam kunnen rijden. Deze 'japanners' nemen ongeveer 550 kg of 260 liter gietspecie mee. Voor de steiger is het asfaltschip 'Dorus Heymans' afgemeerd, dat het asfalt produceert. De asfaltering ondervond stagnatie door het ruwe voorjaarsweer.

Van de zuidelijke havendam is het zandlichaam met bekleding van mijnsteen en grind aan de riviervoorzijde gereed. De vlijsteen is aangebracht, doch dient nog te worden gevlijd. Aan de havenzijde werd begonnen met het profileren van zand en mijnsteen en het aanbrengen van de filterglooiing tot N.A.P. + 0,75 m.

Ook deze werkzaamheden zijn belangrijk vertraagd door het stormachtige weer. De opbouw van het oostelijk haventerrein met havennol verliep redelijk goed. Na nog één week zand persen zal ook hier kunnen worden begonnen met het in den natte aanbrengen van het filtersysteem rond de havennol. De filterglooiing wordt opgetrokken tot N.A.P. + 0,75 m en bestaat uit een 70 cm dikke laag grind 3-8 cm, waarop een bestorting van 400 kg/m² steen 10-80 kg. Reeds eerder werd in den droge een filterglooiing gemaakt waarop deze aansluit.

Uit de scheepvaartgeul is reeds 850 000 m³ van de in totaal te verwijderen 911 000 m³ specie weggebaggerd.

Achter de schermdam en verder zuidelijk langs de rand van de doorbaggerde plaat vindt in de geul weer aanzanding plaats, tot nu toe tot een hoeveelheid van 100 000 m³.

In de zuidelijke voorhaven dient in totaal 575 000 m³ specie te worden weggebaggerd, waarvan thans 465 000 m³ is verwerkt. Inmiddels is in deze haven een niet onbelangrijke aanzanding geconstateerd. Voorts dient langs de binnenkant van de havendam een op N.A.P. - 4 m liggend banket ter breedte van 35 m te worden weggebaggerd tot N.A.P. - 7 m. Dit banket werd tijdens de uitvoering van het eerste gedeelte van de zuidelijke

voorhaven uit stabiliteitsoverwegingen niet verwijderd. In totaal dient in de zuidelijke voorhaven ruim 200 000 m³ aan extra baggerwerk te worden uitgevoerd.

Wegen in de buitenpolder Maltha

Op de afwerking na zijn de wegen voltooid. De nog te verrichten werkzaamheden - het aanbrengen van asfalttoplagen, de wegmeubilering en het eggen en inzaaien van wegbermen en overige terreinen - zullen worden uitgevoerd zodra de weersomstandigheden het toelaten. In verband hiermee is de aannemer uitstel van oplevering verleend tot 3 mei 1967.

Brouwershavensche Gat

Het damvak op de Kabbelaarsbank

In de afgelopen periode werden de bodem en de taluds van de werkhaven aan de Kabbelaarsbank met behulp van een baggermolen verder afgewerkt. Het profileren van zand op de bermen en de werk- en haventerreinen is nagenoeg voltooid. Vrijwel de gehele kleibekleding op deze terreinen is aangebracht. Met de bemesting en het inzaaien van deze kleiafdekking is een aanvang gemaakt. Het zinkwerk is voltooid, inclusief de nabestorting; de glooiing van koperslakblokken en de mijnsteenafdekking van het damvak zijn geheel aangebracht.

Onmiddellijk ten oosten van het damtracé, vlak voor de Schouwense oever, bevond zich een bultvormige verondieping die het stroombeeld ter plaatse zeer ongunstig beïnvloedde. Deze bult is tot een diepte van N.A.P. - 20 m weggebaggerd.

Begin januari is in de werkhaven Kabbelaarsbank begonnen met de aanleg van onderwaterdepots van stortsteen 10/300 kg.

Er werd onderhoudsbaggerwerk verricht in de haven West-Report en Den Osse.

Werkhaven Schelphoek

Op 14 januari 1967 werd het maken van een werkhaven in de Schelphoek-kam op Schouwen en Duiveland voor de somma van f 4 296 000,- opgedragen aan het Aannemingsbedrijf Oosterwijk N.V. te Rotterdam. In de loop van de maand april werd het eerste baggermaterieel aangevoerd, waarna een aanvang werd gemaakt met het baggeren van de grondverbeteringen en enige verdere voorbe-reidende werkzaamheden werden uitge-voerd.

D. De werken tot indijking van de Lauwerszee

In de verslagperiode zijn verschillende stormen opgetreden waarbij hoge waterstanden voorkwamen. Voor het eerst sinds februari 1962 werd te Oostmahorn het grenspeil overschreden, dat wil zeggen dat een hoogwaterstand optrad die als stormvloed wordt aangemerkt. De uitgevoerde werken, die dus nog niet eerder zo'n hoge waterstand hadden doorstaan, hebben zich in het algemeen voortreffelijk gehouden. Alleen aan tijdelijke constructies aan de Lauwerszeezijde is plaatselijk geringe schade opgetreden.

Na het winterseizoen zijn de dijkwerken hervat. Dit jaar wordt er geen nieuw dijkvak aangelegd, maar wordt de bestaande zeedijk van de Anjumer- en Lioessenerpolder verhoogd tussen het Westerstek – waar de nieuwe afsluitdijk erop aansluit – en het dorp Peasens. Gedeeltelijk wordt de hoogwaterkering versterkt door aanleg van een nieuw dijkvak door de bestaande zomerpolder.

Door deze dijkversterking wordt een eventuele doorbraak naar de Lauwerszee via de Anjumer- en Lioessenerpolder voorkomen.

De bouw van de uitwateringssluizen is thans zover gevorderd, dat aan het eind van de verslagperiode de eerste hefdeu-



Het maken van een bodemvoorziening van de schutsluis in de afsluitdijk van de Lauwerszee

ren konden worden aangevoerd. Alle 24 hefdeuren zullen in de komende maanden worden aangebracht.

Ook zijn de houten puntdeuren van de schutsluis aangevoerd; ze kunnen thans worden ingehangen.

Van de 26 doorlaatcaissons voor de sluiting zijn er in ruwbouw enkele vrijwel gereed, zodat men nu een indruk krijgt van hun afmetingen. Met de afwerking van de caissons kan een aanvang worden gemaakt.

Voor de nieuwe sluis te Dokkumer Nieuwe Zijlen werd het eerste beton gestort in de vloer van het buitenhoofd. De wapening voor de overige vloermoten wordt gevlochten en gesteld.

De hoge stroomsnelheden in het sluitgat schuren de bodem uit aan weerszijden van de bodembescherming rond het sluitgat. De bodemverdiepingen die zich thans na het stormachtige winterseizoen beginnen af te tekenen, zijn echter nog niet onrustbarend; wel moeten zij voortdurend worden gepeild om plaatselijke verdiepingen zo nodig met zinkstukken te kunnen beteugelen.

Opgave van door andere beheerders dan het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken

Provincie c.q. gebied	Nummer en dienstjaar	Omschrijving van het werk
Zuid-Holland	X-1964	Maken van kleidepots langs het Wevereind te Puttershoek
Zuid-Holland	XXIa-1964	Leveren en monteren van bemalingsinstallatie ten behoeve van de Oranje-buitensluis
Zuid-Holland	XXIII-1964	Versterking van de N.W. duinregel van Voorne te Oostvoorne en Rockanje
Zuid-Holland	IV-1965	Verbetering van de Lekdijk tussen hmp 99 en hmp 108 te Lekkerkerk
Nieuwe Stad- en Lieve Vrouwenpolder	—	Wijziging van het gemaal te Stad aan 't Haringvliet (als aanpassingswerk)
Polders Oud Beijer- land c.a. en	—	Bouw van het gemaal te Heinenoord ter vervanging van bestaande gemalen (als aanpassingswerk)
Volgens O.O. bij be- stek nr. Z dienst 1966	8-10-1965	Inrichten van een kleidepot in de Hellegatpolder, ten behoeve van dijkverzwaring (waterschap Axeler-Ambacht)
—	januari 1966	Levering van betonbuizen met stalen kern c.a. ten behoeve van twee persleidingen voor het bouwgemeel te Stoppeldijk (waterschap Hulster-Ambacht). Van nevenvermeld bedrag komt rond 86% voor subsidie in het kader van de Deltawet in aanmerking en rond 14% voor verbetering
—	28-1-1966	Aanleg van een nieuw dijkvak tussen dp 65 + 40 m van de waterkering van het cal. waterschap Walzoorden (waterschap Hulster Ambacht) en de Wilhelmspolder en het uitbreiden van de haven te Walzoorden. Van nevenvermeld bedrag van f 2 140 700,— komt f 585 000,— ten laste van de Waterkering en f 1 555 700,— ten laste van de havenuitbreiding (gemeente Hontenisse). In laatstgenoemd bedrag wordt nog een Rijksbijdrage van f 900 000,— verleend in verband met de ophoffing van havens
—	12-5-1966	Aanleg van een kleidepot in de Kleine-Huissenspolder ten behoeve van dijkverzwaring in de Margaretapolder (waterschap Axeler-Ambacht)
Zuid-Holland	V-1965	Verbetering van de waterkering nabij de suikerfabriek te Puttershoek
5, Wat. Walcheren	1966	Het verbeteren van de zeewering te Westkapelle tussen strandpaal 42 en dijkpaal 0 van het zuiderstrand van de noordwatering van het waterschap Walcheren
5, Wat. De brede Wat. van Zuid- Beveland	1966	Verhogen en verzwaren van de zeedijk van cal. Borsseletpolder van dp 54 tot dp 56 en van de Van Citterspolder van dp 0 tot dp 26 + 35 m
Besteed 22-12-1965 Gegund 20-1-1966 (ongenummerd)	1966-1968	Verhogen en verzwaren van de zeedijk van de calamiteuze Nieuw-Neuzenpolder van dp 4 + 50 m tot dp 46 + 35,50 m, met bijbehorende werken (waterschap De Verenigde Braakmanpolders)

Opgave van de door het Rijk voor de uitvoering van de Deltawerken openbaar bestede en

Nummer van het bestek	Dienstjaar	Omschrijving van het werk
DED 846	1966-1967	Het onderhouden van beplantingen en het grasgewas alsmede het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden aan wegen, sloten, steigers en meergelegenheden op en langs de terreinen van de werkhaven, het sluiscomplex en de in eigendom van het Rijk zijnde terreinen van de buitenpolder Maltha, in de gemeenten Willemstad en Fijnaart en Heijningen

gesloten onderhandse overeenkomsten

Aannemingssom	Aannemer
f 101 000,—	N.V. Aann. Mij v/h L. Timmer te Dordrecht
f 543 045,—	Kon Machinefabriek Stork en Co. te Hengelo
f 106 666,30	Fa. L. J. Zoetemeijer te Barendrecht
f 282 330,—	N.V. Aann. Mij J. H. de Vos te Krimpen a/d Lek
f 72 000,—	Fa. Van de Peet te Sommelsdijk
f 787 000,—	N.V. Amsterdamsche Aann. Mij. te 's-Gravenhage
f 286 025,— In de Rijksbijdrage wordt een voorschot van 75% verleend	W. Leys te Middelburg
f 165 572,48 In de Rijksbijdrage wordt voorhands een voorschot van 50% verleend	'Bonna Vianen'
f 2 140 700,— In de Rijksbijdrage wordt een voorschot van 100% verleend	N.V. Aannemers- en Handelsbedrijf Van Oord te Werkendam
f 62 500,— In de Rijksbijdrage wordt een voorschot van 100% verleend	W. Leys te Middelburg
f 798 000,—	Fa. Gebr. Hakkers en Schermers te Werkendam
f 681 800,—	Aannemersbedrijf Schouwen-Duiveland te Zierikzee
f 2 837 000,—	Van Hattum en Blankevoort N.V. te Beverwijk
f 6 235 000,— In de Rijksbijdrage wordt een voorschot van 100% verleend	Gebrs. Geldof te Serooskerke

gegunde werken

Aannemingssom	Aannemer
f 70 300,—	P. v. d. Heuvel en Zn. te Werkendam

