

De Schelde-Rijnverbinding XI

door ing. J. van Rooijen

Het stroombeeld bij de koppen van de havendammen van de noordelijke haven van het Kreekraksluizencomplex

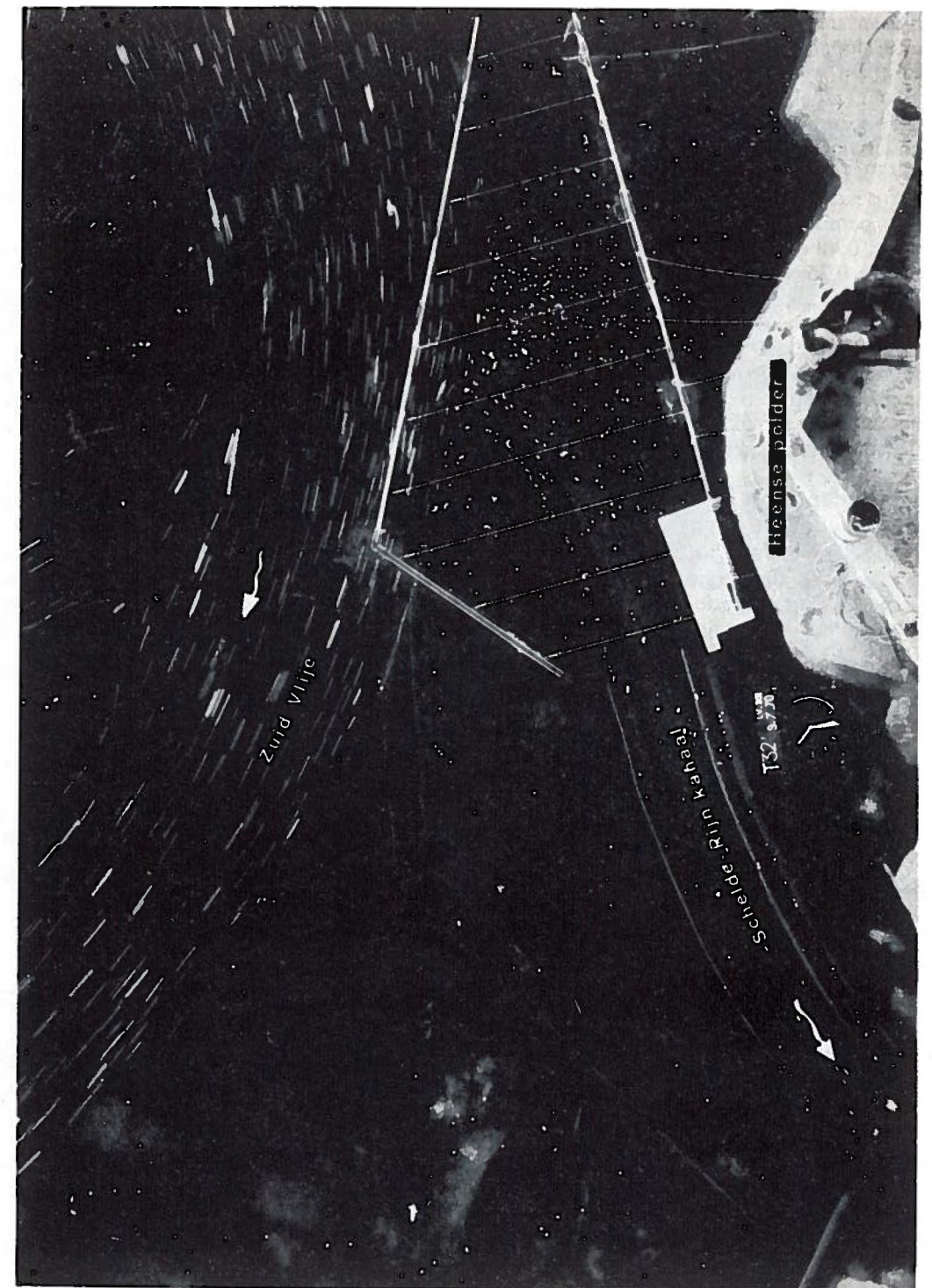
Door visuele waarneming in het model M 1106 had men vastgesteld dat de dwarsstroom ter plaatse van de koppen van de havendammen vrij hoge waarden zouden kunnen bereiken, reden om in het model ook hierop gerichte metingen uit te voeren in de eindsituatie. Deze metingen bestonden uit het waarnemen van het vertikaal getij in het punt 5 op ca 700 m ten noorden van de westelijke havenkop (zie fig. 100) en het maken van oppervlakte stroombeeldfoto's. Door de ligging van de geul tussen de droogvallende zandplaten was het niet zinvol stroomsnelheden met micromolens te meten, de

dwarsstroom op het kanaal is dan ook uit de oppervlaktestroombeelden bepaald. Het resultaat van dit onderzoek kan als volgt worden samengevat:

- 1e. Er bleek alleen bij waterstanden hoger dan N.A.P. invloed op het stroombeeld door de aanwezigheid van de havendammen te worden uitgeoefend. Bodemuitschuring zou hier nog geringe verandering in kunnen brengen;
- 2e. tijdens de hoge eb is de dwarsstroom vrij gelijkmatig, met waarden van 0,40 à 0,50 m/sec;
- 3e. bij de lage eb en de lage vloed treden slechts matige dwarsstromen op. Bij de lage eb kunnen ondiep stekende schepen nog gradiënten van ruim $0,2 \times 10^{-2}$ m/sec. per m verwachten;



Figuur 102. Overzicht model bij noordelijke mond (T35 A)



Figuur 103. T32 lage eb, 10.30 uur
Oppervlaktestroom bij de noordelijke mond
Lengteschaal 1 : 20.000
Snelheidsschaal 1 cm $\triangleq$ 1.67 m/s

- 4e. bij hoge vloed kan uitschuring van de bodem bij de westelijke havendam optreden; hier werd n.l. een sterke dwarsstroom gemeten van 0,80 m/sec. met een gradiënt van $0,55 \times 10^{-2}$ m/sec. per m, gedurende 1 à 1½ uur, welke derhalve als gevaarlijk moet worden aangemerkt. Overigens geven de dwarsstromen in deze getijfase een gelijkmatig beeld (0,55 m/sec.);
- 5e. De situatie is voor de scheepvaart niet zonder risico. Blijkt dit in de praktijk inderdaad problemen te geven dan kan worden overwogen om plaatselijk de

bevaarbare breedte te vergroten door aan de oostzijde ten noorden van de oostelijke havenkop de vaargeul ca. 50,— m te verbreden over ca 700 m en aan de westzijde een zelfde verbreding aan te brengen ten zuiden van de westelijke havenkop in in de haven over ca 350 m lengte.

Stroombeeld ter plaatse van de uitmonding van de vaarweg in het Volkerak (zie fig. 102)

Uit van tevoren uitgevoerde getijberekenningen was ge-

bleken dat bij de noordelijke mond van de vaarweg uiteenlopende stroomsituaties waren te verwachten. Besloten werd om ook dit onderdeel in M 1106 nader te onderzoeken. Hierbij werden voor het kanaal tracé ten noorden van de Slaakdam een tweetal tracés onderzocht n.l. een westelijk en een oostelijk tracé (T 32 en T 35). Het resultaat van dit onderzoek was dat de dwarsstroom in de as van de vaarroute waarden bereikte van 0,35 à 0,50 m/sec. over de eb bij vloed 0,40 à 0,60 m/sec., met gradiënten van maximaal 0,15 à 0,25 x 10⁻² m/sec. per m. Bij beide oplossingen trad neervorming op in de mond, vooral bij vloed op het Volkerak. In de mond van de vaargeul bleken in de in het model onderzochte omstandigheden (gemiddeld getij) slechts zwakke stroomsnelheden op te treden (fig. 103), de conclusie kan dan ook worden getrokken dat in de mond van de vaarweg op aanzanding dient te worden gerekend.

Speciedepôt op de Molenplaat ten zuiden van het Bergse Diep

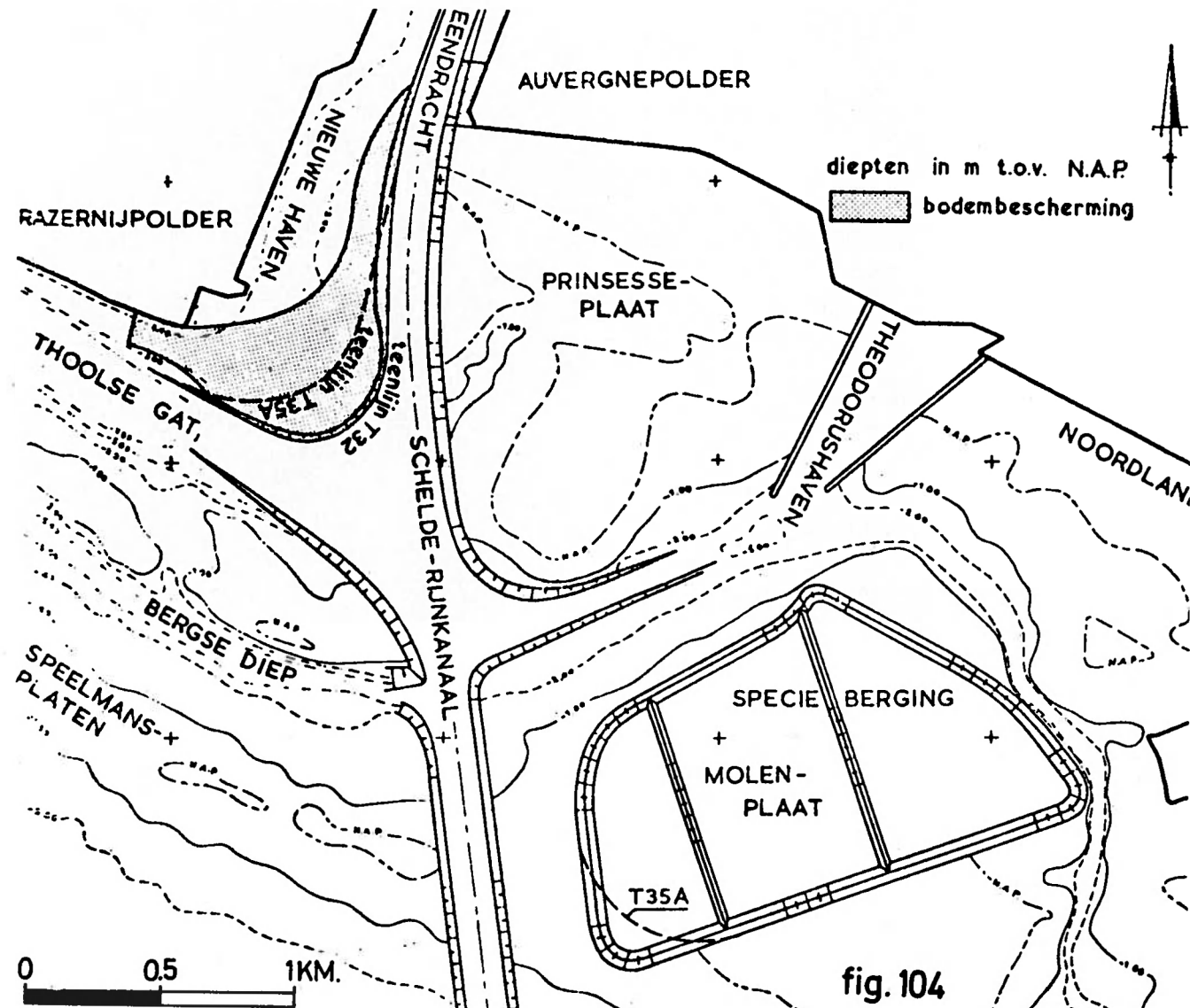
Zoals vermeld was in het schema voor de aanleg van depôts voor de berging van de uit de vaargeul vrijkomende baggerspecie de aanleg van een depôt op de Molenplaat opgenomen.

Teneinde de meest gunstige oplossing voor de vorm van het depôt te vinden tegen te achtergrond van de gehele vormgeving van de zuidelijke mond van de Eendracht werd aan het Waterloopkundig Laboratorium opdracht gegeven in het kader van het model onderzoek in M 1106 ook dit facet te onderzoeken. Voor de ligging van de Molenplaat in de Oosterschelde zie fig. 104 en voor de inbouw in het model fig. 105.

Een van de voornaamste vragen was of tengevolge van de aanleg van een dergelijk depôt nabij de zuidwest punt daarvan de dwarsstroom over de vaarweg ter plaatse niet te ongunstig zou worden beïnvloed. Hierbij diende tevens te worden onderzocht of de vormgeving van de zuid-westelijke punt van het depôt hierop van invloed zou kunnen zijn.

Het onderzoek heeft zich beperkt tot de in het model ingebouwde vormgevingen voor de zuidelijke mond van de Eendracht volgens de proeven T 32 en T 35A. Het bleek bij dit onderzoek dat de vormgeving van de plaatrest ten westen van de doorgraving door de Prinsesseplaat van weinig invloed was op het probleem van het depôt op de Molenplaat.

De specieberging op de Molenplaat ligt vrij hoog zoals uit de situering van de dieptelijnen op de fig. 104 is



Figuur 105. Overzicht model. Molenplaat.

te zien. Het gevolg hiervan is dat de aanwezigheid van het depôt op de plaat dus vrijwel geen invloed heeft op de stroom bij de lage getijfasen.

Bij de hoge getijfasen treedt uiteraard veel beïnvloeding van het stroombeeld boven de plaat op door de barrière die het depôt vormt.

Uit het onderzoek bleek dat bij de zuidwestpunt een stroomconcentratie optrad vooral bij de getijfase hoge vloed (zie fig. 106). Deze concentratie was van invloed op de gradiënten voor de dwarsstroom op de vaarweg, terwijl verdedigingen tegen uitschuring van de vooroever voor de zuidwestpunt noodzakelijk zou kunnen blijken.

Uit de oppervlakte stroombeelden werden de dwarsstroomsnelheden in de as van de vaargeul afgeleid. Het resultaat van dit onderzoek was dat tijdens de getijfase, waarbij de stroom over de plaat door het depôt werd beïnvloed, de dwarsstroomsnelheden binnen de aanvaardbare grenzen bleven, terwijl in de omgeving van de zuidwestpunt van het depôt de maximum stroomsnelheden varieerden van 0,4 m/sec. bij eb tot 0,5 m/sec. bij vloed.

Deze waarden zijn veel gunstiger dan de waarden die elders langs de vaargeul zouden optreden.

Ter vergelijking diene dat bij de zuidelijke mond van de Eendracht en de koppen van de havendammen aan het sluisencomplex in de Oosterschelde dwarsstroomsnelheden werden gevonden met pieken tot respectievelijk 1,05 m/sec. en 0,80 m/sec. met tevens veel ongunstiger gradiënten.

Bij de proef T 35A werd getracht door afronding van de zuid-westelijke punt nog verbetering in de situatie te brengen.

Het resultaat van dit deel van het onderzoek was dat de stroomconcentratie bij de Z.W. punt wat afnam, doch dat de stroombeelden boven de vaargeul van T 32 en T 35A vrijwel identiek bleken. Het afronden van de punt bleek dus nauwelijks voordelen op te leveren voor de vaart op de vaarweg, terwijl in beide gevallen door de concentratie van de stroom bij de zuid-westpunt ter plaatse op bodemverdieping zou dienen te worden gerekend.

Een andere vraag was of tengevolge van de aanleg van een dergelijk depôt een sterke aanzanding van het



Figuur 106. T35A hoge vloed, 17.00 uur
Oppervlaktestroombeld Molenplaat
Lengteschaal 1 : 20.000
Snelheidsschaal 1 cm Δ 1,67 m/s

Bergse Diep (de toegang tot de Theodorus haven van Bergen op Zoom) zou zijn te verwachten. Voor dit onderzoek diende in de eerste plaats te worden nagegaan of het model M 1006 dat onderdeel vormde van M 1000, welk model niet in de eerste plaats was gebouwd voor het onderzoek van detailproblemen als het onderhavige, wel betrouwbare gegevens zou kunnen opleveren. Het bleek dat de getij-

beweging in het model rond de Molenplaat zonder depôt wat de stroomsnelheden betrof zeker voldoende met het prototype overeenstemde om als vergelijking voor dit onderzoek te kunnen dienen. Bij dit onderzoek werden twee verschillende vormgevingen voor het depôt op de plaat onderzocht, n.l. een groot depôt plan 1 (zie fig. 104) en een klein depôt, plan 2 (zie fig. 107).

Bij dit laatste depôt werd tevens rekening gehouden met plannen van de gemeente Bergen op Zoom om over te gaan tot inpoldering van het zogenaamde Noordland (zie fig. 107).

Bij het onderzoek bleek dat door de aanpassing van de vormgeving van de zuidelijke mond van de Eendracht, dus de aanleg van de vaargeul en de doorbaggering van de vloedchaar de stroomsnelheden in het Bergse Diep veranderen. Door de aanleg van een depôt op de Molenplaat blijken er stroomconcentraties te ontstaan bij de koppen van de havendammen van de Theodorus haven en bij de Waterschans van Bergen op Zoom.

Het bleek tevens dat de stroomrichting over het deel van het Bergse Diep tussen de vaargeul voor de Schelde-Rijnverbinding en de Theodorus haven werd gewijzigd. Uit dit onderzoek bleek verder dat door de aanleg van een depôt op de Molenplaat er praktisch geen stroomsnelheidstoename optrad langs de noord- en oostzijde van de specieberging, hetgeen werd toegeschreven aan het feit dat de stroomweerstand in het gedeelte van het Bergse Diep ten oosten van de Theodorus haven zo groot was dat het blokkeren van de stroom over de Molenplaat voornamelijk werd gecompenseerd aan de zuid-westzijde van het depôt.

Hierbij speelt vooral de nauwe doorgang bij Bergen op Zoom (de Waterschans), die zeer veel weerstand geeft, een belangrijke rol. Het bleek tevens dat door de aanleg van het depôt de stroomsnelheden in de vaargeul over het traject Molenplaat-Speelmansplaten duidelijk toenam, evenals de stroomsnelheden in de vernauwing bij de Waterschans. Bij de situering van het depôt volgens plan 2 (fig. 107), waarbij tevens het Noordland werd ingepolderd bleek dat de dijk langs het Noordland een goede stroomgeleiding gaf. De ingepolderde oppervlakte van het Noordland bedraagt ± 100 ha.

Ook bij deze situatie werd bij de hoge waterstanden de stroom over de Molenplaat geblokkeerd. De situering van het depôt was echter zodanig van vorm dat zowel bij eb als vloed een tamelijk vloeiend stroombeeld ontstond.

Door de verkleining van de komberging door de aanleg van de bedijking op het Noordland bleek in het Bergse Diep tussen de Theodorus haven en de vaargeul van de Schelde-Rijnverbinding een kleine verlaging van de stroomsnelheden op te treden.

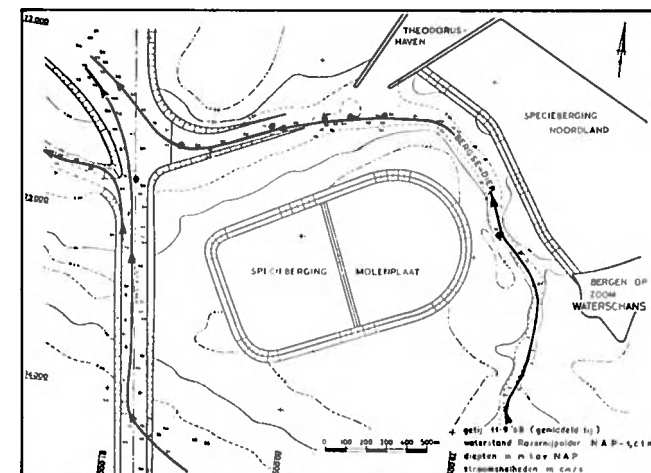
In de oorspronkelijke situatie bleek er zandtransport op te treden van materiaal vanaf de Prinsesseplaat naar het Bergse Diep.

Bij de aanleg van een speciedepôt op de Molenplaat volgens fig. 104 of een kleiner depôt op de plaat, gecombineerd met de indijking van het Noordland, volgens fig. 107 bleek deze tendens af te nemen waarbij de oplossing volgens fig. 107 nog de beste resultaten gaf.

Het onderzoek naar de afsluiting van de Krabbenkreek

Bij doorgraving van de Slaakdam zullen nabij het splitsingspunt Krabbenkreek-Eendracht ten zuiden van genoemde dam dwarsstromen ontstaan. De vraag rees dan ook of deze dwarsstromen voor de scheepvaart gevaarlijke afmetingen zouden kunnen aannemen en hoe daarin verbetering zou zijn aan te brengen.

In het vooroverleg voor de totstandkoming van het verdrag tussen Nederland en België is het al of niet af-



sluiten van de Krabbenkreek een belangrijk punt van discussie geweest.

Bijlage 1 ad art. 3 eerste lid onder d van het verdrag gaf de mogelijkheid om de nodige voorzieningen bij het splitsingspunt, indien deze alsnog noodzakelijk zouden blijken, uit te voeren. Hierbij diende tevens materiaal transport in verband met verondieping en drempelvorming, alsmede de invloed van de vergroting van de stroomsnelheden op de oevers van de Krabbenkreek (o.a. nabij de haven van St. Annaland) in de beschouwingen te worden betrokken.

Teneinde een goed inzicht via modelonderzoek te kunnen verkrijgen diende hiervoor een vrij uitgebreid model op grote schaal te worden gebouwd, zich uitstrekende over de Krabbenkreek tot aan het Mastgat Zijpe en tot aan het Volkerak (zelfde schaal als Brouwershavensegat model). Dit model zou naar schatting een investering vergen van ca. f 800.000,—, terwijl met het onderzoek in het model veel tijd gemoeid zou zijn. Men vroeg zich dan ook af of het niet verantwoord was om in plaats van een duur model en de aanleg van de daaruit voortvloeiende werken, de Krabbenkreek, die een geul van ondergeschikt belang was, af te dammen. Een dergelijke oplossing zou een veel rustiger scheepvaart op de vaarweg tot gevolg hebben door het wegvallen van de dwarsstromen. De afsluiting op zichzelf zou naar werd verwacht weinig problemen geven.

Een bijkomend voordeel werd er in gezien dat ten westen van de dam op eenvoudige wijze een depôt voor de berging van uit de vaargeul vrijkomende baggerspecie zou kunnen worden aangelegd, terwijl het verdere modelonderzoek beperkt zou kunnen blijven tot een detailonderzoek naar de vormgeving van de uitmonding van de vaarweg in het Volkerak. Teneinde de komberging ten zuiden van de Slaakdam tijdens de uitvoeringsperiode zo veel mogelijk te beperken diende de afdamming zo dicht mogelijk langs de vaargeul te worden gesitueerd.

Uit het modelonderzoek in M 600 was gebleken dat voor het afsluiten van de Krabbenkreek de periode na de afsluiting van het Volkerak bij Willemstad in het kader van de Deltawerken en vóór de doorgraving van de Slaakdam en de Prins Hendrikpolder de gunstigste periode zou zijn. In het sluitgat diende te worden gerekend op snelheden tot 3 m/seconde. In genoemde periode zouden deze hoge snelheden over veel kortere periode optreden.

Opgemerkt wordt nog dat de invloed van de afsluiting

van de Oosterschelde in het kader van de Deltawerken eerst in 1977 merkbaar zal gaan worden, zodat hiermede bij de aanleg van de werken voor de Schelde-Rijnverbinding vóór de openstelling van de vaarweg in 1975 geen rekening behoefde te worden gehouden. Tevens was uit verricht onderzoek gebleken dat ten westen van de afdamming niet behoefde te worden gerekend op een stormvloed verhogend effect als gevolg van de afsluiting.

Het verdere modelonderzoek zou worden verricht in het kader van het onderzoek M 1006 als onderdeel van het model M 1000. Dit betrof de volgende vragen;

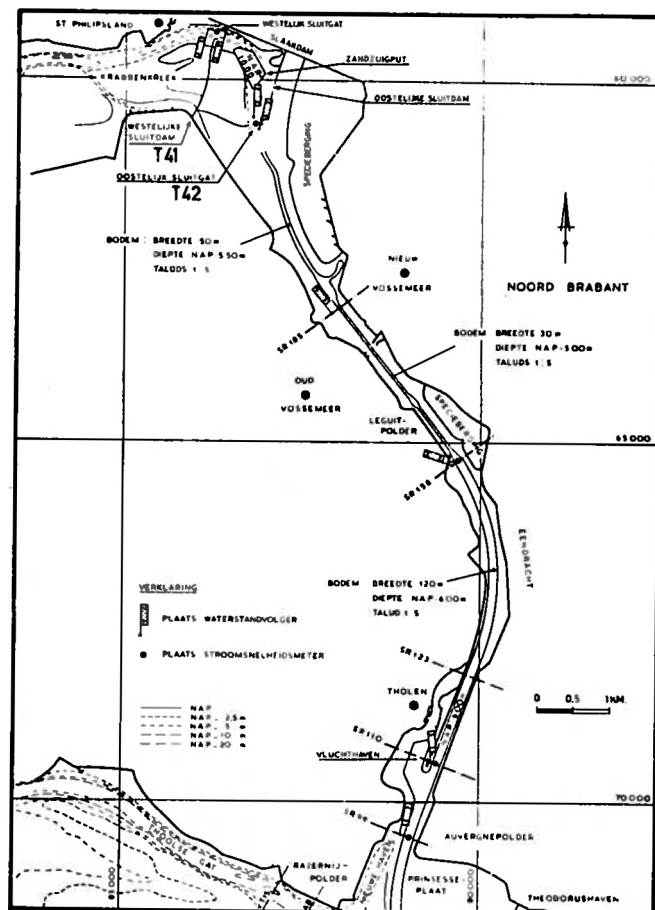
- welke dam diende het eerst te worden gesloten, een en ander afhankelijk van de ligging van het wantij op de Eendracht;
- in welk stadium van de aanleg van de vaarweg moest de afsluiting worden gerealiseerd teneinde de vervallen over de sluitgaten zo gering mogelijk te houden;
- wat zou de invloed van het getij zijn (randvoorwaarden doortij of springtij);
- welke stroomsnelheden en vervallen waren te verwachten bij enige sluitingsfasen van een gekozen sluitgat en bij een gekozen situering van het sluitgat.

Begonnen werd met het verrichten van enige proeven om meer informatie te krijgen over de invloed die verruiming van het doorstroomprofiel in de Eendracht zou hebben op de vervallen over de afsluitdam.

Uit berekeningen, welke werden uitgevoerd door de Waterloopkundige afdeling van de Deltadienst, was gebleken dat over een afsluitdam in de Krabbenkreek grote vervallen te verwachten waren en dat afname van de weerstand door verruiming van het dwars profiel in de Eendracht kleinere vervallen tot gevolg zou hebben. De vervallen over de dam ontstonden namelijk doordat de getijgolf welke de dam vanuit het westen via de Krabbenkreek naderde, de dam in een vroeger stadium bereikte dan de getijgolf die via de Eendracht tegen de oostzijde van de dam liep. Er ontstond dus een faseverschil.

Ter vergelijking met de berekeningen werden in het model een tweetal proeven verricht, waarbij alleen de waterstanden aan weerszijden van de dam volgens het westelijk tracé werden opgenomen. Uit deze waterstanden werden de vervallen bepaald. Vervolgens zijn in het model de verschillende stadia van uitvoering van de vaargeul in de Eendracht ingebouwd teneinde het effect op de afsluitingswerken te kunnen nagaan. Uit deze proeven bleek dat ten tijde van de afsluiting van de Krabbenkreek de vaargeul door de Eendracht over een zo groot mogelijke lengte en volgens een zo ruim mogelijk profiel moest zijn aangelegd. Teneinde meer gegevens over de vervallen over de dammen tijdens de sluitingen te verkrijgen werd besloten hiervoor nog enige proeven uit te voeren.

De sluitingen werden gepland omstreeks juli 1972. In dit stadium kon worden verwacht dat het baggerwerk voor de aanleg van de vaargeul vanuit de zuidelijke mond van de Eendracht ongeveer zou kunnen zijn gevorderd tot aan de speciebergings nabij de Stelle tegenover de Leguitpolder, halverwege de Eendracht. Ten zuiden van dit punt zou dan een dwarsprofiel aanwezig zijn met bodem op N.A.P. -6,— m bij een bodembreedte van 120 m. Ten noorden van dit punt is de werkgeul aanwezig die is aangelegd in het kader van het bestek BER 1065 (zie fig. 64 O.T.A.R. 59/11/1974 blz. 387) met een bodembreedte van ca 30 m.



In dit stadium was verder de oude Eendrachtarm bij het stadje Tholen ten Zuiden van de nieuwe brug afgesloten. Deze afsluiting werd n.l. gerealiseerd met zand dat kon worden gewonnen bij de aanleg van de vaargeul voor de Slabbekoornpolder. Tevens bevindt zich ten zuiden van de Slaakdam de zuigput, waaruit het zand is gewonnen voor de aanleg van de werken in het kader van het bestek BER 1065. Verder was het Volkerak uiteraard dicht.

Het onderzoek werd uitgevoerd voor twee mogelijkheden, n.l.

- afsluiten van de Krabbenkreek volgens het westelijk tracé waarbij de oostelijke afsluitingsdam wel aanwezig was, maar ter plaatse van de geul nog een stroomopening bezat van 100 m breedte, zonder drempel.
- afsluiten van de Krabbenkreek volgens het oostelijk tracé, terwijl de westelijke dam nog open was zonder „wintersluitgatrempel”.

Hiervoor werden de volgende waarnemingen verricht:

- het meten van de waterstanden aan beide zijden van de gesloten dam, en het meten van de stroomsnelheden in het midden van het sluitgat van de andere dam (zie fig. 108).
- het meten van waterstanden en stroomsnelheden halverwege de werkgeul in raai SR 185 en aan het eind van de werkgeul in SR 158.
- het meten van waterstanden en stroomsnelheden in twee raaien in het zuidelijk gedeelte van de Eendracht waar relatief grote stroomsnelheden te verwachten waren n.l. in de raaien SR 110 en SR 99.
- het meten van waterstanden in de stations Wemeldinge en vluchthaven Zijpe.

Uit vergelijking van beide proeven bleek dat het vertikaal getij aan de westzijde van beide dam tracés slechts weinig verschilde.

Aan de oostzijde van de tracés bleek het vertikaal getij echter wel belangrijk te verschillen.

Bij gemiddeld tij bleek dat bij de aanleg van de westelijke dam het getij later komt dan bij de aanleg van de oostelijke dam, dit sprak zeer duidelijk in het laagste gedeelte van de eb. Bovendien was de amplitude van het getij bij de aanleg van de westelijke dam geringer. Een en ander had tot gevolg dat tengevolge van de sterke fase-verschuiving tijdens het laatst van de eb er een groot verschil in het verval optrad. Bij vloed waren (voor gemiddeld tij) de verschillen geringer. Bij doortij bleken in het model de verschillen geringer te zijn, doch ook in dit geval werden de vervallen toch bijna gehalveerd indien de dam volgens het oostelijk tracé het eerst zou worden gesloten.

Ten aanzien van de gemeten snelheden kan het volgende worden opgemerkt:

de snelheden in de sluitgaten werden uiteraard voornamelijk bepaald door de gekozen afmetingen daarvan, waarbij slechts geringe snelheden werden gemeten in het oostelijk sluitgat tegenover nog kleiner in het westelijk sluitgat.

De plaats van de afsluitdam bleek wel van vrij grote invloed op de stroomsnelheden verder op in de Eendracht. Bij het westelijk tracé van de afsluitdam bleek dat in de raai 99 (zie fig. 108) de snelheden ca. 5 à 10% hoger waren dan bij het oostelijk tracé. Tevens bleek dat in deze raai bij doortij de snelheden ca 65% bedroegen van die bij gemiddeld tij.

Bij het westelijk tracé bleek dat in de raai SR 158 bij gemiddeld tij de snelheden opliepen tot 1,90 m/sec. bij eb en tot 1,18 m/sec. bij vloed tegenover 1,30 m/sec. bij eb en 1,02 m/sec. bij vloed bij het oostelijk tracé. Uit deze resultaten bleek duidelijk dat in de omgeving van de raai SR 158 op erosie zou dienen te worden gerekend. In de raai SR 185 bleken de stroomsnelheden geringer en de verschillen bij de westelijke of oostelijke situering van de dam kleiner. Op de waterstanden in verschillende punten van de Eendracht bleek de situering van de afsluitdam veel minder invloed te hebben. In de raaien SR 158 en SR 185 bleken er wel faseverschuivingen en/of veranderingen in de amplitude op te treden. Bij doortij werd de amplitude van het geij nabij de tracés van de afsluitdammen ca 2,5 à 3,— m tegenover bij gemiddeld tij ca 3,5 à 4,— m. De vervallen bij doortij bedroegen ca 0,3 à 0,5 m tegenover ca 0,6 à 1,— m bij gemiddeld tij hetgeen dus een toeneming van 100% betekende. Aangenomen kon worden dat, ofschoon er niet werd gestroomd bij een springtij ruw geschat vervallen waren te verwachten van ca 1,— à 1,50 m.

Uit bovenstaande proefresultaten bleek duidelijk dat ten aanzien van de vervallen over de afsluitdam en de stroomsnelheden in de Eendracht het sterk aanbeveling verdiende om de sluiting van de oostelijke dam vooraf te laten gaan aan de sluiting van de westelijke dam. In dat geval zouden de vervallen over het sluitgat ca 0,60 m bedragen tegenover 1,— m bij het westelijk tracé. De hoogste stroomsnelheden traden volgens de proeven op in de raai SR 158 en bedroegen bij de keuze van een westelijk tracé ca 30% meer dan bij het oostelijk tracé voor de dam. Tevens bleek dat ook de sterkte van het getij een grote rol speelde. Bij doortij werden vervallen gemeten van 0,30 à 0,50 m tegenover ca

0,60 à 1,— m bij gemiddelde tij en waarschijnlijk 1,— à 1,50 m bij springtij. Ook de stroomsnelheden bleken tijdens gemiddeld tij beduidend hoger dan bij doortij. Bij springtij zou dit verschil dus nog veel groter zijn. Tijdens de aanleg van de afsluitdam zou in het zuidelijk deel van de werkgeul (ten noorden van SR 158) als gevolg van het afsluiten van de Krabbenkreek op enige erosie dienen te worden gerekend, met aanzanding op die plaatsen waar stroomverlamming zou zijn te verwachten, n.l. in het veel ruimer profiel tussen de raaien SR 158 en SR 123 (zie fig. 108).

Vervolgens vond het detailonderzoek voor de sluitgaten in de dammen plaats, waarbij werd uitgegaan van het door het bouwbureau Schelde-Rijn-verbinding opgestelde sluitingsplan. Uit dit plan bleek dat gerekend diende te worden op een overwintering van de afsluitdammen met een drempel in het sluitgat (z.g. wintersluitgat situatie). Hierbij werden de volgende stadia van het afsluitingsproces onderzocht:

Proef T 43.

Het kanaal in de Eendracht is van het zuiden uit aangelegd met een bodembreedte van 120 m op N.A.P. -6,00 m tot aan de raai SR 158 (zie fig. 108). De oude Eendrachtarm is ten zuiden van de nieuwe brug bij het stadje Tholen afgedamd. (raai SR 123). Ten noorden van de raai SR 158 is de werkgeul aanwezig met een bodembreedte van ca 30,— m. Alle speciedepôts langs de oostzijde van het tracé voor de vaargeul door de Eendracht zijn aangelegd. In de beide afsluitdammen zijn wintersluitgatrempels aanwezig, als volgt opgebouwd:

ter plaatse waar het sluitgat is gedacht wordt de geul met zand opgeklapt tot een peil van N.A.P. -3,25 m met taluds naar de bodem van de geul onder ca 1:30. Vervolgens wordt de kruin van deze zanddam met zinkstukken afgedekt en afgestort met een bestorting ter dikte van 0,75 m. De breedte van de drempelkruin bedraagt 60 m. De kruinbescherming wordt ook doorgezet over enige afstand ter zijde van de geul.

De dam zelf wordt uitgebouwd door middel van mijnsteenakaden door middel van uitrijden van de mijnsteen met vrachtauto's over de koppen tot aan de af te sluiten geul, waardoor het sluitgat overblijft met de drempel op N.A.P. -2,50 m.

Het westelijk sluitgat werd op die diepte ontworpen op een breedte van 100 m en het oostelijk op 90 m. De koppen van de dammen werden ontworpen op 5 m kruinbreedte en taluds 1:3.

Proef T 44.

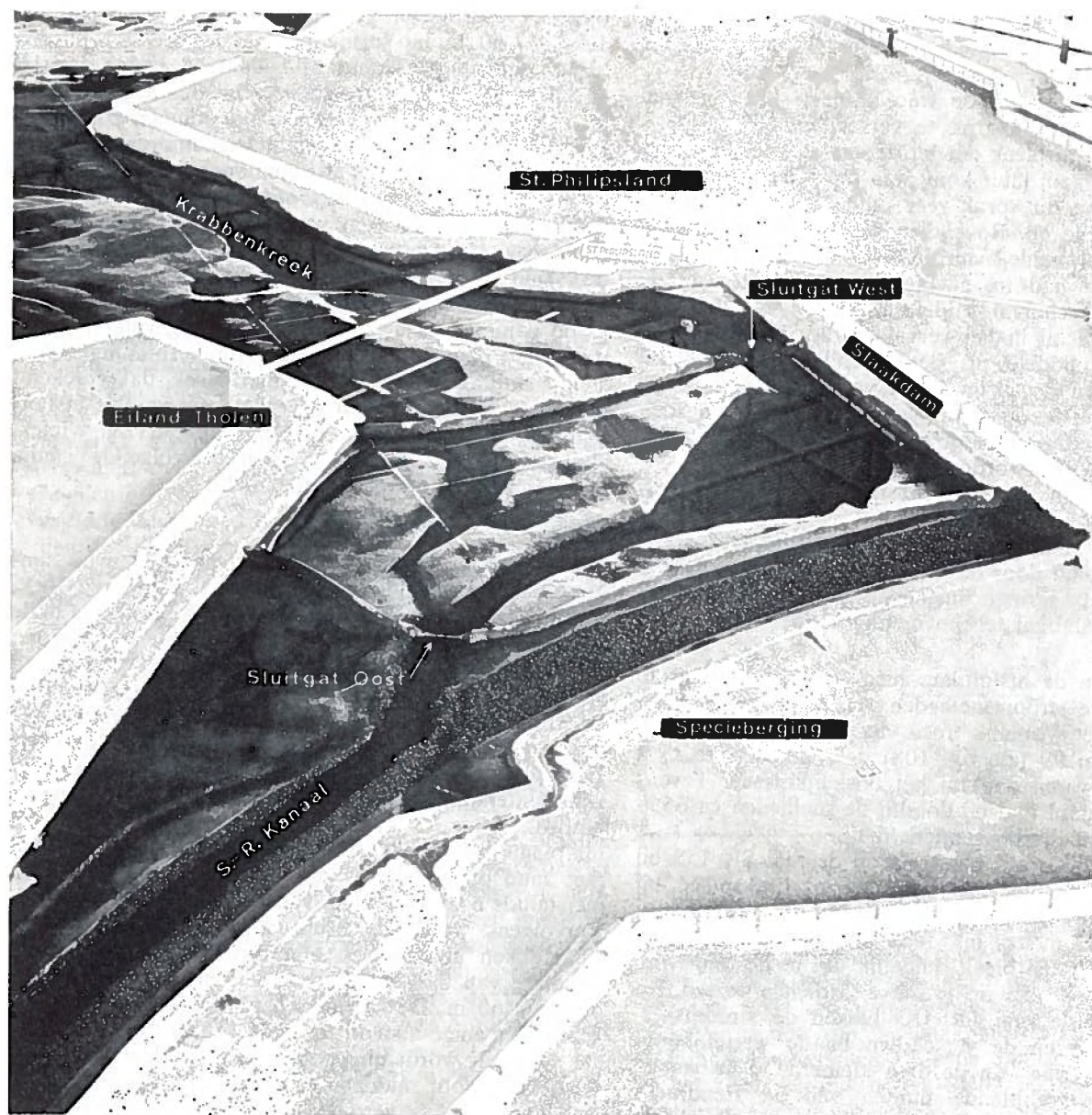
Hierbij werd uitgegaan van dezelfde ontwerpgegevens als bij de proef T 43 echter met het verschil dat het „wintersluitgat” tot ca 50% was vernauwd onder de gemiddelde waterstand van N.A.P. -0,20 m. Hierdoor bedroeg de vernauwing beneden het peil van N.A.P. ca 70%.

Proef T 45.

Zelfde uitgangspunt als bij T 43 met het verschil dat de vernauwing in het oostelijk sluitgat was uitgevoerd tot ongeveer 75% van het doorstroomprofiel van het „wintersluitgat” onder het peil van N.A.P. + 1,50 m of tot ca 98% beneden het peil van N.A.P.

T 45a.

In dit geval is in de situatie van T 45 de hoogste van



Figuur 108a. Overzicht model.

de sluitkade gebracht op N.A.P. +2,20 m. Bij deze fase van de sluiting bereiken de stroomsnelheden boven de sluitkade het maximum.

T 46.

Zelfde situatie als T 43 waarbij echter het oostelijk sluitgat geheel is afgesloten.

Alle proeven werden uitgevoerd met het op 11 september 1968 opgetreden gemiddeld tij. Tijdens alle vier de proeven zijn overeenkomstig waarnemingen verricht waarbij de stroomsnelheden en waterstanden werden gemeten in de punten, aangegeven in figuur 109. Tevens werden nog waterstanden gemeten bij St. Philipsland, de Razernijpolder, terwijl in de raai SR 158 in de Eendracht nabij de Leguitpolder bij de overgang van de werkgeul in het volledige profiel voor de vaargeul stroomsnelheden werden gemeten. Van het gebied op fig. 109 aangegeven werden tevens oppervlakte stroombeeld foto's gemaakt. In verband met de geringe waterdiepte in de sluitgaten in het model was het niet mogelijk met behulp van een micromolen de stroomsnel-

heden boven de drempels te meten. Volgens het W.L. is er ook geen andere methode beschikbaar die bij alle situaties en getijfasen betrouwbare stroomsnelheids-waarnemingen boven de drempels geeft. In verband met bovenvermelde redenen wordt gebruik gemaakt van twee methoden die elk slechts een beperkte geldigheid hebben, maar niettemin samen een goed inzicht van de in de sluitgaten te verwachten stroomsnelheden geven;

- stroomsnelheden, bepaald uit oppervlakte stroombeeldfoto's;
- stroomsnelheden, berekend uit vervallen.

ad a. bij het bepalen van stroomsnelheden uit stroombeeldfoto's wordt de door het drijvertje afgelegde weg gedeeld door de bijbehorende tijd. Hierbij wordt er van uitgegaan dat de snelheid gedurende de beschouwde tijd konstant is. Bij een korte overlaat, zoals hier bij een sluitkade in het sluitgat, is het onvermijdelijk dat in het model de waargenomen drijverbaan niet alleen boven de kruin ligt, maar ook voor een groot deel boven- en benedenstrooms daarvan waar de snelheden

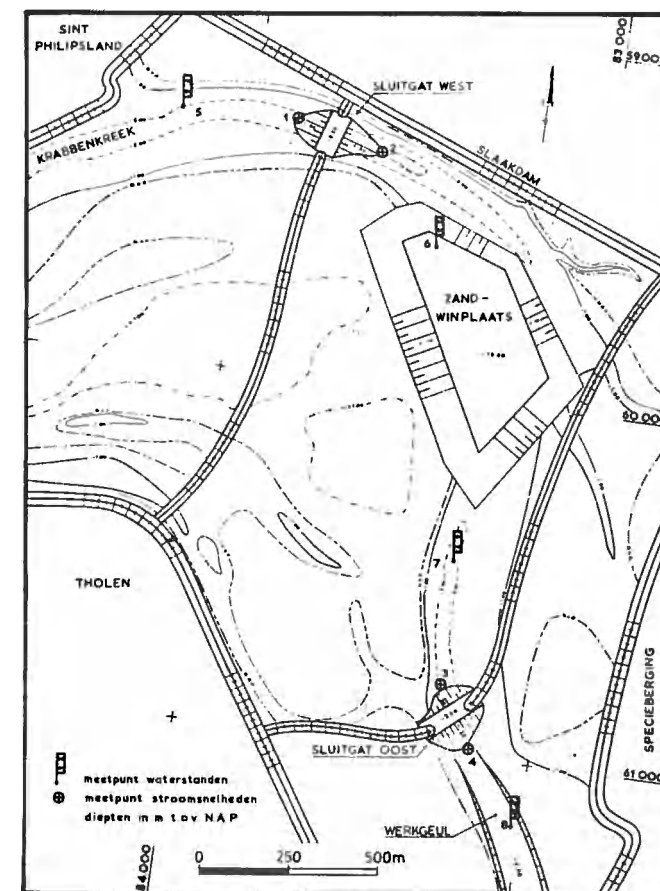


fig. 109

veel lager zijn. Het gevolg is dat de berekening (afstand : tijd) niet de maximum snelheid boven de kruin geeft, maar een lagere gemiddelde snelheid. Bij een brede drempel zijn de uit stroombeeldfoto's afgeleide stroomsnelheden redelijk betrouwbaar te achten.

ad b. Voor de berekening van de stroomsnelheden uit de vervallen is de navolgende formule gebruikt $v = \sqrt{2gz}$.

waarin v = stroomsnelheid in m/sec.

g = versnelling van de zwaartekracht in m/sec.²

z = verval tussen de punten 5 en 6, respectievelijk 7 en 8 (zie fig. 109).

De vervallen over de sluitgaten zijn zoals reeds vermeld in feite kleiner dan de vervallen tussen de punten 5 en 6 en 7 en 8, omdat ook over de afstanden vanaf deze meetpunten tot aan de sluitgaten vervallen optreden, voor het nauwkeurig meten van deze laatste vervallen waren niet voldoende gegevens beschikbaar.

Om modeltechnische redenen was het niet mogelijk de waterstand direct boven- en benedenstrooms van een sluitgat waar te nemen.

Een en ander heeft tot gevolg dat de formule $v = \sqrt{2gz}$ de stroomsnelheid in het sluitgat slechts goed weergeeft als het sluitgat zeer sterk is vernauwd en diens gevolg boven- en benedenstrooms van de sluitkade slechts verwaarloosbare vervallen optreden.

Voor het westelijk sluitgat werd in geen enkele van de onderzochte situaties aan die eis voldaan, zodat voor het westelijk sluitgat deze berekeningen niet zijn uitgevoerd. Voor het oostelijk sluitgat leidde de berekening ook tot systematisch te hoge stroomsnelheden, maar

bij de proef T 45 (vernuwning van het sluitgat tot ca 75% van het doorstroomprofiel van het „wintersluitgat” onder het peil van N.A.P. +1,50 m of tot ca 98% beneden het peil van N.A.P.) was de uitkomst wel betrouwbaar. Uit vergelijking van de afgeleide oppervlakte snelheden uit de stroombeeldfoto's met de uit de vervallen berekende stroomsnelheden bleek dat overeenkomstig de bovenstaande redenering de uit de vervallen berekende snelheden veel hogere waarden gaven dan de uit de stroombeeldfoto's bepaalde.

Ofschoon dus het juiste verloop van de stroomsnelheden boven de drempels niet goed uit de beschikbare gegevens was te bepalen kan men toch wel een goede schatting maken van de te verwachten, maximale stroomsnelheden.

Voor het westelijk sluitgat traden in de „wintersluitgatsituatie” benedenstrooms van de drempel in de punten 1 en 2 (zie fig. 109) gelegen respectievelijk op 105 m ten westen en 145 m. ten oosten van het sluitgat maximum snelheden op van 1,42 m/sec. respectievelijk 1,51 m/sec. Bij dergelijke snelheden is aantasting van de zandtaluds te verwachten. Dit ontgrondingsgevaar wordt dan nog versterkt door de wervelstraten die van de beide aansluitende damkoppen loslaten.

Voor het oostelijk sluitgat werden de volgende snelheden gevonden.

Maximale stroomsnelheden oostelijk sluitgat

Plaats	eb/vloed	situaties en stroomsnelheden in m/sec. volgens de proef				
		T 43	T 44	T 45	T 45a	T 46
drempel/sluitkade	eb	1,38	2,43	3,00	3,96	0
	vloed	1,16	1,80	2,90	3,32	0
punt 3	eb	1,34	1,13	0,59		0
	vloed	0,86	0,64	0,38		0
punt 4	eb	0,68	0,56	apparaatuur		0
	vloed	1,05	1,45	defekt		0

De boven de drempel/sluitkade gemeten maximale snelheden zijn bepalend voor de in de diverse stadia van afsluiting te gebruiken materialen.

De in punt 3 (85 m ten noorden van het oostelijk sluitgat) gemeten stroomsnelheden zouden, mede door de wervelstraten die van de aansluitende damkoppen loslaten, ontgrondingsgevaar voor het zandtalud meebrengen.

In het sluitgat trad sterke contractie op en bij de proeven T 44 en T 45 werd over de kruin van de sluitkade een duikende straal waargenomen.

Wat de waterstanden tijdens de proeven bij de Razernij Polder betrof werd vrijwel geen invloed van de afsluiting waargenomen. Bij St. Philipsland werd bij hoogwater het effect van de terugkaatsing wat sterker (dubbele top).

In de raai SR 158 (zie fig. 108) veranderden de maximale stroomsnelheden onder de invloed van de sluiting van het oostelijk sluitgat. De snelheden namen daar toe tot maximaal 1,30 m/sec. over de eb. Het tijdstip van de hoogwaterkentering lag bij T 34 ongeveer een klein uur later dan bij T 46 terwijl het tijdstip van de laagwaterkentering niet veranderde. Hier volgt nog een

tabel met de in de raai SR 158 gemeten stroomsnelheden.

Eb/vloed	situaties en snelheden in m/sec.			
	T 43	T 44	T 45	T 46
Eb	1,06	1,22	1,30	1,28
vloed	0,72	0,79	0,92	1,00

Uitgaande van de randvoorwaarden van het gekozen gemiddeld getij van 11 september 1968 konden uit het onderzoek de volgende conclusies worden getrokken.

a Tijdens de „wintersluitgat-situatie” (T 43) zou maximaal een verval van 27 cm zijn te verwachten over het westelijk sluitgat met maximale stroomsnelheden van:

- boven de drempel
1,25 m/sec. (bij vloed)
- westzijde van de drempel (punt 1)
1,42 m/sec. (bij eb)
- oostzijde van de drempel (punt 2)
1,51 m/sec. (bij vloed)

Op grond van de stroomsnelheden, gemeten in de punten 1 en 2, zou aantasting van de taluds van de zanddam in het sluitgat kunnen worden verwacht, zonder dat bodemverdediging zou worden aangebracht.

b. De vervallen over het oostelijk sluitgat waren bij proef T 43 maximaal 0,24 m, waarbij de volgende maximale stroomsnelheden optraden

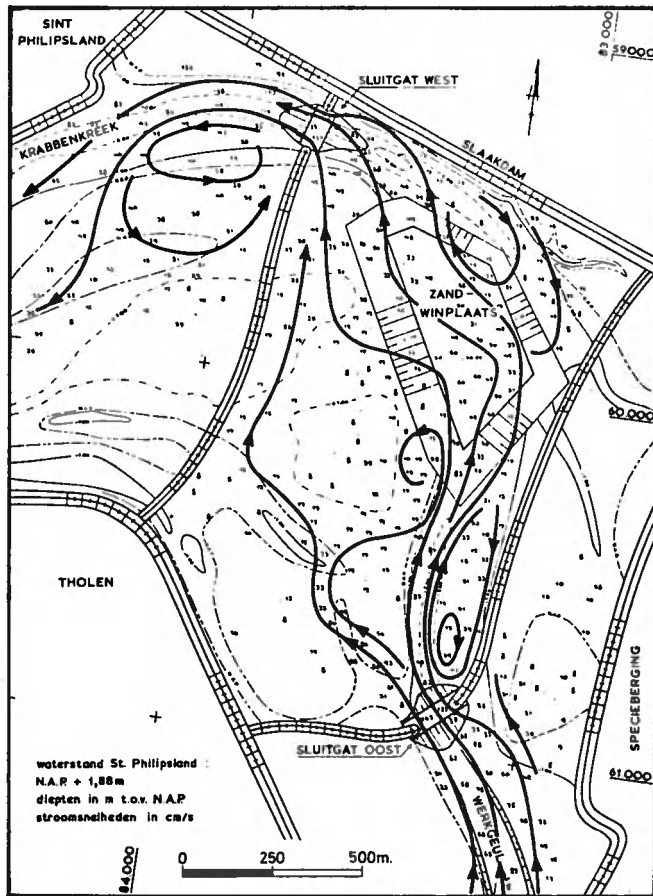


fig.110

- boven de drempel
1,38 m/sec. (eb)
- noordzijde van de drempel (punt 3)
1,34 m/sec. (eb)
- zuidzijde van de drempel (punt 4)
1,05 m/sec. (vloed)

Op grond van de stroomsnelheden, gemeten in de punten 3 en 4, zou aantasting van de taluds in het sluitgat ook hier kunnen worden verwacht, indien geen bodembescherming zou worden aangebracht.

c. De vervallen over het westelijk sluitgat namen door de afsluiting van het oostelijk sluitgat af tot 0,14 m (eb), terwijl de stroomsnelheden ook geleidelijk afnamen tot de volgende maxima (bij T 46).

- boven de drempel
0,75 m/sec. (eb)
- westzijde van de drempel (punt 1)
0,96 m/sec. (eb)
- oostzijde van de drempel (punt 2)
0,73 m/sec. (vloed)

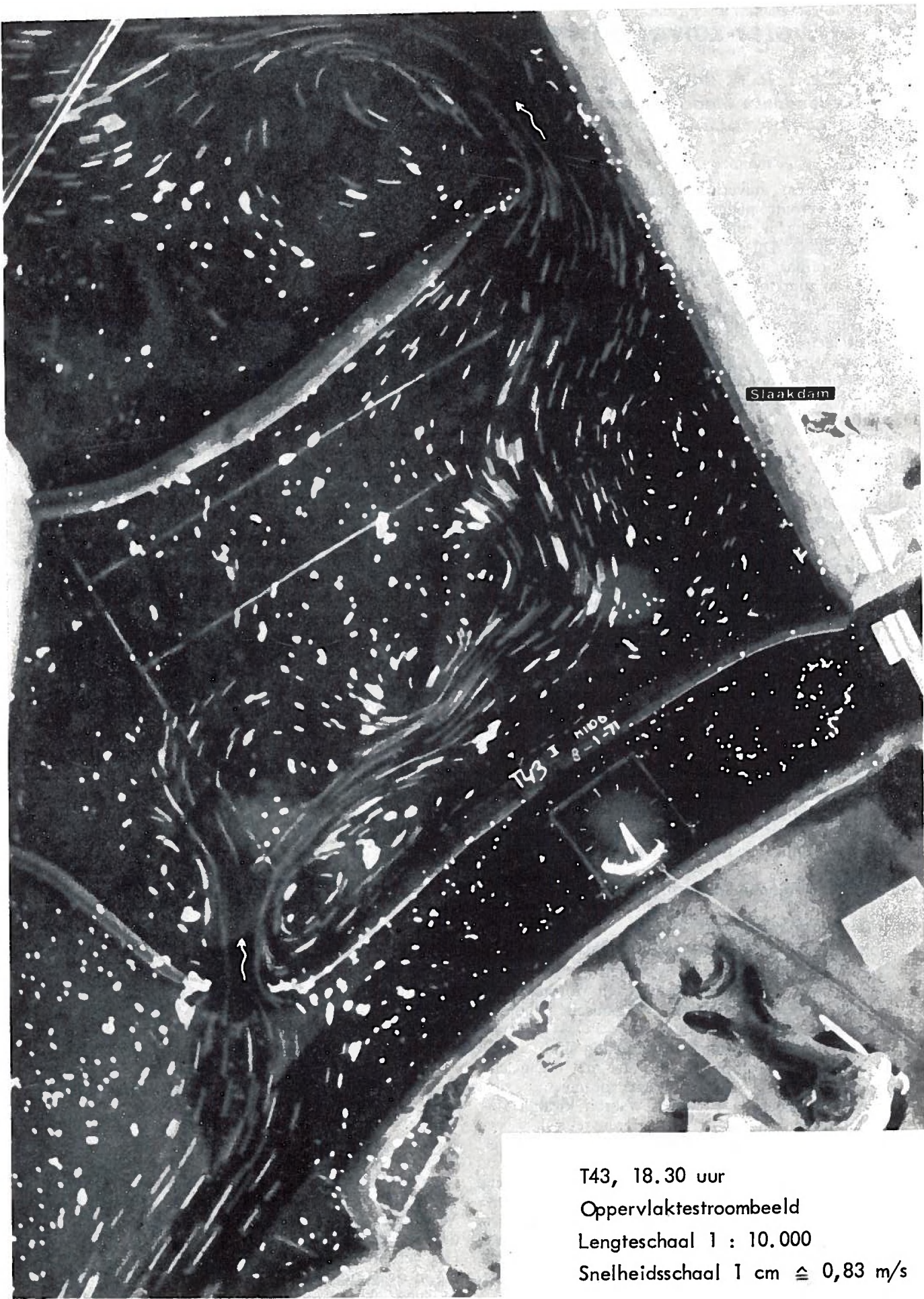
d. De vervallen over het oostelijk sluitgat bleken tijdens de afsluiting toe te nemen tot 0,80 m (T 46, vloed), terwijl de stroomsnelheden boven de kruin van de sluitdam toenamen tot maximaal bijna 4 m/sec. (eb). In de punten 3 en 4 namen de stroomsnelheden geleidelijk af tot 0.

e. In de raai SR 158 namen de stroomsnelheden in de werkgeul ten gevolge van de afsluiting toe van ongeveer 1,1 m/sec. tot ongeveer 1,3 m/sec. (eb). Bij vloed bleken de stroomsnelheden lager te zijn.

De figuren 110 en 111 geven tenslotte nog een overzicht van het oppervlakte stroombeeld tijdens de proef T 43.

Hiermede was het modelonderzoek voor het benedenpand van de Schelde-Rijnverbinding afgesloten.

Literatuur Verslagen van het modelonderzoek no's M 956, M 1106 deel I, M 1106 deel II, M 1106 deel III van het Waterloopkundig Laboratorium te De Voorst.



T43, 18.30 uur
Oppervlaktestroombeeld
Lengteschaal 1 : 10.000
Snelheidsschaal 1 cm $\cong$ 0,83 m/s