
aansluiting van kanaal door Zuid-Beveland
aan Westerschelde

voorstudie modelonderzoekingen

verslag onderzoek

M 1356 deel I

oktober 1975

INHOUD

	blz.
<u>1 Inleiding</u>	1
<u>2 Probleemstelling</u>	1
<u>3 Modellen met dichtheidsverschillen</u>	3
3.1 Karakteristieken Westerschelde	3
3.2 Te onderzoeken aspecten	3
3.3 Evaluatie	4
3.4 Tijd en kosten van onderzoek	6
<u>4 Modellen met homogeen water</u>	8
4.1 Algemeen	8
4.2 Getijmodel met beweeglijke bodem	9
4.3 Getijmodel met vaste bodem	10
4.4 Detailmodellen	10
4.5 Tijd en kosten van onderzoek	11
<u>5 Scheepvaartmodellen</u>	12
<u>6 Enkele opmerkingen betreffende modelonderzoek</u>	
<u>7 Conclusies</u>	

LITERATUUR

AANSLUITING VAN KANAAL DOOR ZUID-BEVELAND AAN DE WESTERSCHELDE

1 Inleiding

In het Rapport van de Commissie Compartimentering Oosterschelde [1] wordt een aantal alternatieven besproken van compartimenteringsmodellen van het Oosterscheldebekken, wanneer dit wordt afgesloten door middel van een stormvloedkering. Onder meer komt hierbij aan de orde de aanleg van een nieuw binnenvaartkanaal door de staart van Zuid-Beveland, dat eventueel dienst zal moeten doen voor de afwatering van het oostelijk bekken van de Oosterschelde op de Westerschelde. Er kan echter ook worden besloten dat het zoete water via het Noordelijk bekken wordt geloosd.

Door het Bouwbureau Schelde-Rijnverbinding van Rijkswaterstaat zijn enkele tracé's voor een mogelijk kanaal in onderzoek genomen. De rivierkundige aspecten van deze tracé's, die een verdere studie vragen, zijn door Rijkswaterstaat, Studiedienst Vlissingen aangegeven in Memo 75.6 [2].

Aan het Waterloopkundig Laboratorium is verzocht om de mogelijkheden aan te geven om met behulp van schaalmodellen een onderzoek te doen naar de problematiek rond de aansluiting van de kanalen aan de Westerschelde. Dit vooronderzoek wordt in eerste instantie beperkt tot het aangeven van de tijdsduur en de kosten van het in aanmerking komende modelonderzoek en de te verwachten resultaten. De in dit verslag vermelde onderzoekskosten dienen te worden beschouwd als zeer globale richtbedragen, gebaseerd op het prijspeil van 1976.

Dit verslag is samengesteld door ir. A.G. van Os, ir. R. Reinalda en ir. C. Veenigen van het Waterloopkundig Laboratorium.

2 Probleemstelling

Overeenkomstig de opdracht beperkt het vooronderzoek zich tot de volgende drie alternatieven, zoals die zijn opgenomen in het Rapport van de Commissie Compartimentering Oosterschelde (zie figuur 1):

- I Kanaal Rilland, met een ca 10 km lange buitendijkse aansluiting aan de Westerschelde. De mogelijkheid wordt overwogen om in de zuidelijke kanaaldijk nabij het Nauw van Bath een overlaat te projecteren, om zo mogelijk de aanslibbing in het buitendijkse kanaal te beperken door middel van het handhaven van een voldoende grote stroomsnelheid in het kanaal.
- II Kanaal Krabbendijke, met een aansluiting aan de Westerschelde nabij Waarde.
- III Kanaal door Zuid-Beveland, dat verruimd zal moeten worden met de aanleg van een nieuwe voorhaven bij Hansweert.

Voor de alternatieven I en II wordt gebruik van het scheepvaartkanaal voor de lozing van zoet water van het oostelijk bekken van de Oosterschelde overwogen. Gemiddeld over een getij dient te worden gerekend met een lozing van $100 \text{ m}^3/\text{s}$, tijdens welke de maximale afvoer $225 \text{ m}^3/\text{s}$ is. Zo nodig kan het sluizencomplex voor de scheepvaart bij de aansluiting aan de Westerschelde worden gescheiden van de zoetwaterlozing. Zoals echter reeds is vermeld kan ook worden besloten het zoete water via het Noordelijke bekken te lozen. Door het Kanaal door Zuid-Beveland, alternatief III, zal geen zoetwaterlozing plaats vinden.

Een verdere complicatie wordt gevormd door de omstandigheid dat ten behoeve van de zeescheepvaart naar en van Antwerpen een bochtafsnijding van het Nauw van Bath wordt overwogen. Voor zover van belang zullen daarom de verschillende alternatieven zowel met als zonder deze bochtafsnijding moeten worden bestudeerd.

Zoals beschreven in [2] dient afhankelijk van de te onderzoeken alternatieven het modelonderzoek te worden gericht op de volgende problemen:

- 1 stroomsnelheden bij het Nauw van Bath en bij de kanaalaansluiting in verband met de scheepvaart;
- 2 morfologische veranderingen in de Westerschelde, waarbij uiteraard een wisselwerking optreedt met de onder 1 genoemde stroomsnelheden.
- 3 aanslibbing van toegangsgeulen en voorhavens in verband met onderhoudskosten;
- 4 vormgeving van voorhavens in verband met 1 en 3;
- 5 verlies van kombergingsgebied door aanslibbing;
- 6 invloed van de zoetwaterlozingen op de aspecten genoemd in 1 t/m 5;
- 7 verspreiding van zoet water in verband met gevolgen voor het milieu.

Wat betreft de aard van het onderzoek is er een fundamenteel verschil, indien al of niet rekening moet worden gehouden met lozing van grote hoeveelheden zoet water en de daarmee gepaard gaande dichtheidsstromen. In het navolgende zullen daarom modellen met en zonder dichtheidsverschillen afzonderlijk worden behandeld.

3 Modellen met dichtheidsverschillen

3.1 Karakteristieken Westerschelde

Bij de opzet van het modelonderzoek, waarbij rekening wordt gehouden met de lozing van zoet water vanaf het oostelijk bekken van de Oosterschelde, is uitgegaan van de volgende globale gegevens van de Westerschelde.

- vloedvolume bij Vlissingen: ca. $1100 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- vloedvolume bij Perkpolder: ca. $350 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- gemiddelde bovenafvoer Schelde: $80 \text{ à } 90 \text{ m}^3/\text{s}$
- maximale afvoer in periode 1949-1958: ca. $600 \text{ m}^3/\text{s}$
- maximale stroomsnelheid tijdens vloed gemiddeld over de verticaal in de geulen: ca. $1,7 \text{ m/s}$
- gemiddelde stroomsnelheid tijdens vloed: ca. $0,8 \text{ m/s}$
- gemiddelde waterdiepte in de mond: ca. 13 m

Een belangrijke maat voor de menging is het estuariumgetal, dat als volgt is gedefinieerd:

$$E = \frac{V \cdot F^2}{Q \cdot T}$$

waarbij V = vloedvolume in de mond (m^3/getij)

Q = afvoer van zoet water (m^3/s)

T = getijperiode (s)

F = Froude-getal = $v/\sqrt{gd}$, waarin v = de gemiddelde stroomsnelheid tijdens vloed en d = de gemiddelde waterdiepte in de mond.

Voor verschillende omstandigheden is het estuariumgetal voor de Westerschelde:

- gemiddelde rivierafvoer: $E \approx 6,5$
- gemiddelde rivierafvoer + gemiddeld spuidebiet: $E \approx 3$
- maximale rivierafvoer + gemiddeld spuidebiet: $E \approx 0,8$

3.2 Te onderzoeken aspecten

In het volgende worden de aspecten genoemd, die door middel van modelonderzoek onderzocht dienen te worden. Daarbij wordt erop gewezen dat, zoals vermeld in 2, de verschillende alternatieven moeten worden onderzocht met en zonder een bocht-afsnijding van het Nauw van Bath.

- 1 Invloed van de voorgestelde werken en de spuistroom op het getijregime in de Westerschelde.
- 2 Invloed van de voorgestelde werken en de spuistroom op het stroombeeld in de Westerschelde, zowel in verband met de scheepvaart, als de aanzandingen en ontgrondingen.
- 3 Invloed van de spuistroom op de zoutverdeling in de Westerschelde.
- 4 Plaats en grootte van een door het spuien eventueel gevormde zoetwaterbel in verband met milieuoverwegingen.
- 5 Stroombeelden in en nabij de aansluiting van het kanaal aan de Westerschelde, zowel in verband met de scheepvaart, als de aanzandingen en ontgrondingen.
- 6 Vormgeving spuiopeningen in de voorhavens, inclusief stroomgeleidingswerken, in verband met de scheepshinder door de spuistroom.
- 7 Gevolgen van het aanbrengen van een overstort in de dijk van het Rillandkanaal voor het stroombeeld in de Westerschelde en in het kanaal.

3.3 Evaluatie

Het is duidelijk, dat alle genoemde aspecten niet in één model kunnen worden onderzocht. De invloed van de voorgestelde werken en de spuistroom op het getijregime, de stroombeelden en de zoutverdeling in de Westerschelde, alsmede een vergelijking van de verschillende alternatieven, dient te worden onderzocht in een overzichtsmodel, terwijl in een detailmodel de vormgeving van de voorhaven en van de spuiopeningen met stroomgeleidingswerken dient te worden bestudeerd. Daarbij kunnen de randvoorwaarden voor het detailmodel verkregen worden uit het overzichtsmodel. Eventueel kan de vormgeving van de voorhaven aan de binnenzijde in een ander detailmodel worden onderzocht.

Overwogen zou kunnen worden om het overzichtsmodel te vervangen door een drie-dimensionaal mathematisch waterkwaliteitsmodel. Een dergelijk model zou, evenals een fysisch model, ontworpen, gebouwd en geijkt moeten worden, zodat geen besparing in tijd of geld wordt verwacht. In dit verband kan worden opgemerkt, dat een bestaand Leendertse-model van de Westerschelde van Rijkswaterstaat enige tijd geleden instabiel is geworden en daarna niet meer operationeel is gekregen. De ervaring met waterkwaliteitsmodellen op dergelijke schaal is nog erg gering, terwijl ook de eb- en vloedscharen problemen opleveren. Een één-dimensionaal mathematisch model zou overigens een redelijk antwoord kunnen geven op de vragen ten behoeve van het milieu, maar dit geldt niet voor de overige onderzoekaspecten.

Een speciaal probleem vormt het onderzoek naar de mogelijke veranderingen in het materiaaltransport, en de daaruit voortvloeiende aanzandingen en ontgrondingen. In de Verenigde Staten zijn onderzoekingen uitgevoerd in getijmodellen met dichtheidsverschillen, waarbij de bodem beweeglijk was. Gezien het feit dat het reeds geen eenvoudige zaak is de juiste zoutverdelingen en stroombeelden in een getijmodel weer te geven, met name wanneer het estuarium goed gemengd is zoals in het geval van de Westerschelde ($E \gg 0,2$), wordt een juiste weergave van het materiaaltransport zeer problematisch. De betrouwbaarheid van de resultaten inzake de bodemveranderingen moet dan ook als zeer gering worden aangemerkt. Een beter inzicht in de bodemveranderingen kan worden verkregen door middel van berekeningen, waarbij wordt uitgegaan van de gemeten stroomwijzigingen in een model met vaste bodem en bekende transportformules of empirische relaties tussen de waterbeweging en het materiaaltransport. Eventueel te verwachten grote bodemveranderingen kunnen in het model worden aangebracht om de invloed ervan op de stromingen te bestuderen.

Zoals reeds werd vermeld is de Westerschelde een goed gemengd estuarium, ook in het geval van een spuistroom en een grote rivierafvoer. Het estuarium vertoont echter duidelijke eb- en vloedscharen, die wel een zekere mate van gelaagdheid kunnen bezitten. Tengevolge van het spuidebiet, dat van dezelfde orde van grootte is als de gemiddelde rivierafvoer, zal de zoutverdeling in het estuarium echter drastisch kunnen veranderen. Dit houdt in, dat de benedenstroomse begrenzing van het overzichtsmodel ver van de kanaaluitmonding in de Westerschelde verwijderd zal moeten zijn. Voorlopig kan worden aangenomen, dat het model een getrouwe weergave van de Westerschelde tussen Vlissingen en Antwerpen moet zijn. Bovenstrooms van Antwerpen kan de rivier sterk worden geschematiseerd. Het model zal zo minimaal een oppervlak in het prototype beslaan van $67 \times 23 \text{ km}^2$ (zie figuur 2). Ook in dit geval zullen mogelijke wijzigingen in het zoutgehalte ter plaatse van de zeerland van het model nog problemen kunnen opleveren.

In het algemeen zal men in verband met de nauwkeurigheid van de modeluitkomsten streven naar een grote schaal, d.w.z. een kleine schaalfactor, van het model. Anderzijds zullen bij toepassing van kleinere schaalfactoren zowel de bouwkosten als de exploitatiekosten hoger worden, terwijl bovendien de benodigde tijdsduur voor het onderzoek toeneemt. In het onderhavige geval is uitgegaan van een model met schaalfactoren $n_1 = 1000$, $n_d = 100$, terwijl tevens globaal de consequenties van een model met schaalfactoren $n_1 = 400$, $n_d = 50$ zijn aangegeven. De schaalfactoren voor de stroomsnelheden zijn respectievelijk $n_v = 10$ en $n_v = 7$. Het laatst-

genoemde model kan niet worden ondergebracht in één van de bestaande hallen van het Laboratorium, zodat de bouw van een aparte hal noodzakelijk is.

Het overzichtsmodel zal samengetrokken moeten zijn, wat in het algemeen voor het bestuderen van dichtheidsstromen geen probleem is. Nabij het lozingspunt van het zoete water kunnen echter problemen optreden. Er zal een principe-onderzoek nodig zijn om het gedrag van een zoetwaterstraal in een zout medium te bestuderen. Het kan noodzakelijk blijken plaatselijk ruwheid aan te brengen in de vorm van staafjes om de oppervlaktespuistraal voldoende af te remmen. Mogelijk kan ook elders enige extra ruwheid vereist zijn. Dergelijke staafjes zullen het meten van de stroomsnelheden met drijvers bemoeilijken.

Ten aanzien van het overzichtsmodel kan tenslotte worden opgemerkt, dat de Coriolis-versnellingen enige invloed zullen hebben op het stroombeeld in de Westerschelde. Het plaatsen van tollen in het model geeft echter problemen in verband met de stroombeeldmetingen en de menging. Overigens stelt [3] dat geen invloed van de Coriolis-versnellingen in de metingen is terug te vinden.

Wat betreft het onderzoek naar de aansluiting van het kanaal aan de Westerschelde in een detailmodel, waarin het verticaal getij en dichtheidsverschillen worden weergegeven, kan worden verwezen naar [5]. Dit geldt tevens voor een eventueel onderzoek van de voorhaven aan de binnenzijde van het kanaal met homogeen water. De betreffende voorstudies voor modellen in het kader van M1128, Zoutbestrijding Schutsluis Hansweert, kunnen rechtstreeks voor de hier bedoelde detailmodellen worden gebruikt.

3.4 Tijd en kosten van onderzoek

A Overzichtsmodel, $n_1 = 1000$, $n_d = 100$

tijd ontwerp + bouw	ca. 1½ jaar
tijd ijking	ca. ½ jaar
tijd onderzoek	ca. 1½ jaar (afhankelijk van omvang onderzoek)
totaal	ca. 3½ jaar

kosten ontwerp + bouw	f 2.500.000,--	
kosten ijking	- 750.000,--	
kosten onderzoek	- 2.225.000,--	(afhankelijk van omvang onderzoek)
totaal	f 5.500.000,--	

exploitatiekosten f 125.000,--/maand.

B Detailmodel, $n_1 = n_d = 40$

tijd ontwerp + bouw	ca. 1 jaar
tijd onderzoek	ca. 1 jaar
totaal	ca. 2 jaar
kosten ontwerp + bouw	f 1.000.000,--
kosten onderzoek	- 1.500.000,--
totaal	f 2.500.000,--

De kosten van een onderzoek van de binnenvoorhaven met homogeen water zullen ca. f 500.000,-- bedragen.

C Overzichtsmodeel, $n_1 = 400$, $n_d = 50$

De nauwkeurigheid van de resultaten van dit model zal uiteraard groter zijn dan van een overzichtsmodeel met schaaufactoren $n_1 = 1000$, $n_d = 100$, wat reeds blijkt uit het feit, dat de stroomsnelheden 1,4 x groter zijn. Overigens zal een absolute nauwkeurigheid ten opzichte van het prototype van 5% voor de stroomsnelheden, welke eis door de Studiedienst Vliissingen is gesteld in verband met de transportberekeningen, zeker niet gerealiseerd kunnen worden. Een dergelijke nauwkeurigheid van de stroommetingen in het prototype zal zelfs moeilijk haalbaar zijn. Zoals reeds is gesteld in 3.3 zal een indruk van de te verwachten veranderingen in de bodemligging verkregen dienen te worden uit de veranderingen in de stromingen ten gevolge van de voorgestelde werken en de zoete spuistroom.

In verband met de afmetingen van het model, ca 170 x 60 m², zou, indien het in het Laboratorium Delft wordt gebouwd, een tweede Zout-Zoethal naast de bestaande nodig zijn. De kosten en benodigde tijd voor de bouw van een dergelijke hal zijn thans niet bij benadering te schatten. Slechts na een zeer gedegen vooronderzoek,

inclusief voorontwerp van het model en de hal, zou een enigszins betrouwbare schatting van de kosten en de tijd gegeven kunnen worden. Dit geldt eveneens voor het geval dat het model in het Laboratorium De Voorst zou worden gebouwd.

Om de gedachten te bepalen om welke bedragen het hierbij gaat zij opgemerkt, dat voor de bouwkosten gerekend moet worden op een bedrag in de orde van f 7.500.000,-- à f 10.000.000,--. De exploitatiekosten van een dergelijk groot model worden geschat op f 150.000,-- per maand, waarbij opgemerkt wordt, dat de duur van het onderzoek langer zal zijn dan in een model met schaaufactoren $n_1 = 1000$, $n_d = 100$. Vanzelfsprekend geldt dit eveneens voor de bouw.

4 Modellen met homogeen water

4.1 Algemeen

Voor de karakteristieken van de Westerschelde en de te onderzoeken aspecten wordt verwezen naar 3.1 en 3.2, waarbij opgemerkt wordt, dat thans geen rekening wordt gehouden met dichtheidsstromingen ten gevolge van de bovenafvoer van de Schelde, terwijl geen zoetwaterlozing vanaf het oostelijk bekken van de Oosterschelde op de Westerschelde plaats vindt.

Een groot deel van de in paragraaf 2 genoemde onderzoek-aspecten heeft betrekking op sediment transport. Het ligt dus voor de hand om in de eerste plaats te denken aan een morfologisch model, waarin veranderingen in bodemligging worden onderzocht met beweeglijk bodemmateriaal in het model. Wat betreft de invloed op het rivierregime is alternatief I (zie figuur 1) het meest ingrijpend. Om de gevolgen van dit alternatief voor stroombeeld en bodemligging te onderzoeken, dient een gebied van relatief grote omvang in een model te worden weergegeven. Daar in het betreffende deel van de Westerschelde de eb- en vloeddebiëten grotendeels worden bepaald door komvulling en komlediging ter plaatse, kan een model met permanente stroming geen oplossing bieden. Een getijmodel is dus noodzakelijk.

Bij de alternatieven II en III is hoofdzakelijk het lokale stroombeeld in en nabij de aansluiting van belang. In deze gevallen kan worden volstaan met een detailmodel met permanente stromingen, waarvoor randvoorwaarden in het prototype of mogelijk in het getijmodel te Borgerhout kunnen worden bepaald.

4.2 Getijmodel met beweeglijke bodem

Een getijmodel met beweeglijke bodem, dat de Westerschelde tussen Hansweert en de Belgische grens omvat, is technisch gezien uitvoerbaar. Tot op heden heeft het Waterloopkundig Laboratorium een dergelijk type onderzoek niet uitgevoerd. In het buitenland zijn positieve resultaten bereikt (zie bijv. [6] en [7]), hoewel rekening moet worden gehouden met een langdurige ijking en vele detailproblemen, toenemend naarmate het bodemmateriaal fijner en minder homogeen is. Daarbij dient te worden vermeld, dat dergelijke modellen wel inzicht verschaffen in verdieping en verondieping van bepaalde gebieden, maar geen nauwkeurige informatie leveren omtrent de ontwikkeling van eventuele nieuwe geulen door platen ten gevolge van wijzigingen in de stromingen.

Belangrijk zijn de gegevens, die voor de ijking moeten worden gebruikt. Over de ontwikkeling van het geulen- en platenstelsel in de Westerschelde is veel informatie beschikbaar. Een moeilijker punt is het causale verband in het verleden tussen waterbeweging en morfologie, zodat wellicht moet worden afgezien van een ijking gebaseerd op een waargenomen bodemontwikkeling. Op verschillende plaatsen wordt het natuurlijke beeld bovendien verstoord door baggerwerkzaamheden enerzijds en dumpen van baggerspecie anderzijds. Als begin-situatie in het model zou de evenwichtsligging bij de huidige hydraulische randvoorwaarden kunnen gelden. Deze evenwichtsligging dient wel te gelijken op de huidige bodemligging, maar hoeft er niet geheel aan gelijk te zijn.

Uit het voorgaande volgt, dat bij een dergelijke opzet een empirische bepaling van de tijdschaal voor de morfologische processen in het model niet mogelijk is. Er zal dan moeten worden volstaan met een globale indruk van de tijdschaal, bepaald op theoretische gronden.

Voorlopig kan voor een dergelijk model worden uitgegaan van een schaalfactor $n_1 = 300$; de schaalfactor voor de diepte n_d dient in een later stadium te worden vastgesteld, aangezien deze nauw samenhangt met de eigenschappen van het bodemmateriaal in het model. Dit houdt in, dat, alvorens de schalen van het model definitief worden vastgesteld, een vooronderzoek vereist is. Verder zal het wellicht nodig zijn de stroomsnelheden groter weer te geven dan volgt uit de schaalwet van Froude, wat ook zijn invloed heeft op de hydraulische tijdschaal.

Met het oog op de onzekerheid die op dit ogenblik bestaat met betrekking tot de nauwkeurigheid van de resultaten die kunnen worden bereikt, is het twijfelachtig of dit type onderzoek aantrekkelijk is voor oplossing van de onderhavige problematiek. Wel moet worden overwogen of deze aanpak kan worden gerechtvaardigd in het kader van onderzoek naar een groter aantal problemen in de Wester-

schelde, en ten behoeve van de ontwikkeling van de methoden van morfologisch onderzoek in getijgebieden in het algemeen.

4.3 Getijmodel met vaste bodem

In een dergelijk model kan, na ijking van de waterbeweging in de huidige situatie, de stromingstoestand worden bepaald, die optreedt na voltooiing van het buitendijkse kanaal. Wijziging van het stroombeeld zal aanleiding geven tot veranderingen in bodemligging. In eerste instantie kan met behulp van berekeningen, uitgaande van de gemeten gewijzigde stroomcondities, een indruk worden verkregen van te verwachten erosie en aanzanding. Hoewel de exacte locatie van een eventuele nieuwe geul door de Platen van Valkenisse niet kan worden vastgesteld, is een reële benadering om in het model enkele op grond van de stroommetingen te verwachten ongunstige situaties in te bouwen, waarbij de invloed van deze situaties op de stromingstoestand in en nabij het Nauw van Bath wordt bestudeerd.

Bij deze opzet moet er noodzakelijkerwijs van worden uitgegaan dat de voor het Nauw van Bath ongunstigste situering van een waarschijnlijke geulligging in werkelijkheid ook kan voorkomen, zodat wellicht een te grote veiligheid in acht wordt genomen. De betrouwbaarheid van de resultaten kan mogelijk worden vergroot door het model zodanig te ontwerpen, dat in een deel van het model beweeglijk bodemmateriaal kan worden toegepast. Dit is voornamelijk een kwestie van een juiste keuze van de samentrekking, met het oog op de eigenschappen van het te gebruiken bodemmateriaal. Redelijke tendensen kunnen zelfs al worden waargenomen door kleine hoeveelheden polystyreen van geschikte afmetingen over de vaste bodem te laten bewegen. Hoewel de bovenbeschreven opzet geen zeer nauwkeurige kwantitatieve resultaten garandeert, worden ongetwijfeld belangrijke inzichten verkregen in de morfologische ontwikkelingen van de Westerschelde als gevolg van de voorgestelde ingrepen. De schaalfactoren van het getijmodel zullen bij benadering zijn $n_1 = 250$ en $n_d = 100$.

4.4 Detailmodellen

Indien alternatief I wordt onderzocht in een getijmodel met vaste bodem, of eventueel met beweeglijke bodem, is het gezien de schalen van dit model wellicht niet noodzakelijk de vormgeving van de kanaalaansluiting aan de Westerschelde te onderzoeken in een apart detailmodel.

De alternatieven II en III hebben slechts in een beperkt gebied van de Westerschelde invloed op de stromingen, zodat deze onderzocht kunnen worden in een detailmodel met vaste bodem en met permanente stromingen. Bij voorkeur zal een dergelijk model niet samengetrokken zijn en voorlopig kan worden uitgegaan van schaalfactoren $n_1 = n_d = 100$.

4.5 Tijd en kosten van onderzoek

A Getijmodel met beweeglijke bodem

tijd ontwerp + bouw	ca. 1½ jaar
tijd ijking	ca. 1½ jaar
tijd onderzoek	ca. 1 jaar
totaal	ca. 4 jaar
kosten ontwerp + bouw	f 3.000.000,--
kosten ijking	- 2.250.000,--
kosten onderzoek	- 1.500.000,--
totaal	f 6.750.000,--

exploitatiekosten f 125.000,-- per maand.

B Getijmodel met vaste bodem

tijd ontwerp + bouw	ca. 1 jaar
tijd ijking	ca. ½ jaar
tijd onderzoek	ca. 1 jaar
totaal	ca. 2½ jaar
kosten ontwerp + bouw	f 2.500.000,--
kosten ijking	- 750.000,--
kosten onderzoek	- 1.500.000,--
totaal	f 4.750.000,--

exploitatiekosten f 125.000,-- per maand.

C Detailmodel

tijd ontwerp + bouw	ca. ½ jaar
tijd ijking + onderzoek	ca. 1 jaar
totaal	ca. 1½ jaar

kosten ontwerp + bouw	f 150.000,--
kosten ijking + onderzoek	- 600.000,--
totaal	f 750.000,--

exploitatiekosten f 50.000,-- per maand.

5 Scheepvaartmodellen

Proeven met varende scheepsmodellen zijn van belang in gevallen met gecompliceerde stroombeelden en manoeuvres, zoals deze voorkomen bij grote gradiënten in de stroomsnelheden, gebogen vaarroutes, veranderingen in waterdiepte, enz. De invloed van allerlei discontinuïteiten op de veiligheid van de vaart laat zich zonder vaarproeven nog moeilijk kwantificeren.

Wanneer ruim vaarwater aanwezig is zijn vaarproeven meestal weinig waardevol. Is de breedte van de vaarweg echter beperkt en/of de beschikbare uitlooptengete bij havens gering, dan kunnen vaarproeven waardevolle informatie geven over de veiligheid van de vaart. In hoeverre vaarproeven voor het onderhavige onderzoek naar de aansluiting van een kanaal door Zuid-Beveland aan de Westerschelde gewenst zijn is op dit moment niet bekend. Voorlopig wordt ervan uitgegaan dat dergelijke proeven niet zullen worden uitgevoerd. Ten aanzien van de scheepvaart door het Nauw van Bath kan waarschijnlijk de norm worden aangehouden, dat het stroombeeld hier niet mag verslechteren.

6 Enkele opmerkingen betreffende modelonderzoek

Bij de voorgestelde onderzoeken in schaalmodellen kan men de vraag stellen in hoeverre daarmee de problemen in het prototype tot een oplossing kunnen worden gebracht. De schalen van de diverse modellen zijn zodanig vastgesteld, dat een aantal verschijnselen goed kan worden weergegeven. Dit betreft in het bijzonder de stromingen en voor de modellen met dichtheidsverschillen tevens de zoutverdeling in de Westerschelde. Een zeer belangrijk verschijnsel als het materiaaltransport wordt echter niet weergegeven in de modellen, waarbij wordt opgemerkt, dat het genoemde getijmodel met beweeglijke bodem het materiaaltransport vermoedelijk niet voldoende nauwkeurig weergeeft om betrouwbare resultaten inzake veranderingen in de bodemligging te mogen verwachten. Dit betekent, dat de informatie omtrent de mogelijke bodemveranderingen indirect ontleend moet worden aan de stroommetingen in de modellen. Aangezien het materiaaltransport reeds grote variaties vertoont ten gevolge van betrekkelijk kleine variaties in de stroomsnelheden, zal aan de nauwkeurigheid van de stroommetingen grote aandacht moeten worden besteed.

In het overzichtsmodel met relatief kleine stroomsnelheden kunnen de snelheden en richtingen worden gemeten met zogenaamde stroomrichtingsmeters en met drijvers. Voor stroomsnelheden van meer dan 5 cm/s is de meetnauwkeurigheid van de stroomrichtingsmeter minstens 1%, terwijl de minimaal te meten snelheid ca 2 cm/s is. Een voorwaarde is echter, dat de waterdiepte minstens 4 cm is. Dit laatste betekent, dat zowel in het zout-zoetmodel met schaalfactoren $n_1 = 1000$, $n_d = 100$, als in het homogene model met $n_1 = 250$, $n_d = 100$, veelal drijvers gebruikt moeten worden om de stroomsnelheden en richtingen te bepalen. Ofschoon in iets mindere mate geldt dit ook voor het zout-zoetmodel met schaalfactoren $n_1 = 400$, $n_d = 50$. De nauwkeurigheid van de snelheden gemeten met drijvers is niet precies aan te geven, maar zal zeker binnen 5% kunnen liggen. Op grond hiervan wordt geconcludeerd, dat zowel in het overzichtsmodel met $n_1 = 1000$, $n_d = 100$, als in het overzichtsmodel met $n_1 = 250$, $n_d = 100$, de veranderingen in de stroomsnelheden voldoende nauwkeurig kunnen worden gemeten om een betrouwbare indruk van de wijzigingen in de materiaaltransporten te verkrijgen.

Een ander punt is, dat voor de modelonderzoeken betrekkelijk weinig tijd beschikbaar is. Daarbij kan worden opgemerkt, dat een detailonderzoek van de kanaalaansluiting aan de Westerschelde pas kan aanvangen wanneer een keuze is gemaakt uit de drie voorgestelde alternatieven. Indien deze keuze dient te worden gemaakt op grond van waterloopkundige aspecten, zullen de alternatieven dus eerst onder-

zocht moeten worden in het overzichtsmodel. Ten einde de beschikbare tijd voor het modelonderzoek optimaal te benutten, is het gewenst zo mogelijk reeds thans aan te geven welke varianten zeker niet tot een aanvaardbare oplossing leiden. Indien dit niet mogelijk is, is het aanbevelenswaardig de twijfelgevallen eerst te onderzoeken ten einde te trachten het aantal varianten in een vroeg stadium te reduceren. Wegens onvoldoende informatie zal in dit verslag de vraag in hoeverre de lozing van zoet water uit het oostelijk bekken van de Oosterschelde op het totale regime van de Westerschelde aanvaardbaar is, niet aan de orde komen.

Wanneer de verschillende alternatieven in ogenschouw worden genomen, kan worden geconcludeerd, dat de kanaalaansluiting aan de Westerschelde voor de alternatieven II en III slechts een beperkte invloed heeft op de stromingscondities in de Westerschelde. Voor deze alternatieven is derhalve zeker een aanvaardbare oplossing te vinden, onafhankelijk van de vraag of de bochtafsnijding bij Bath wel of niet wordt uitgevoerd.

Voor alternatief I liggen de zaken echter veel moeilijker, enerzijds door het lange buitendijkse kanaal, anderzijds door de nabijheid van het Nauw van Bath. De aspecten waaraan speciale aandacht dient te worden geschonken zijn:

- eventuele geulontwikkeling door de Platen van Valkenisse;
- eventuele aanslibbing in bepaalde gebieden met gevaar voor een afname van het kombergingsgebied;
- invloed van buitendijks kanaal en eventuele overlaat op de zeescheepvaart in de Westerschelde;
- invloed van eventuele overlaat op de binnenscheepvaart in het kanaal.

Om na te gaan, of een aanvaardbare oplossing gevonden kan worden, is het nodig de verschillende varianten daarbij in beschouwing te nemen, te weten:

- wel of geen bochtafsnijding bij Bath;
- wel of geen overlaat in zuidelijke dam van kanaal;
- wel of geen zoetwaterlozing.

Tengevolge van de aanleg van het buitendijkse kanaal, waarin de huidige Zimmerman Geul is opgenomen, kan door de plaatselijk hoger wordende stroomsnelheden langs de zuidelijke dam een geul tot ontwikkeling komen, waardoor de stromingscondities voor de zeescheepvaart in het Nauw van Bath onaanvaardbaar worden. Mogelijk kan deze geulontwikkeling worden voorkomen door de aanleg van één of meer lage betuingelingsdammen over de Platen van Valkenisse. Een andere mogelijkheid is een overlaat in de zuidelijke dam van het kanaal aan te brengen, waardoor de huidige

stroomverdeling grotendeels kan worden gehandhaafd. Door de stroming over de overlaat kan echter ter plaatse van het Nauw van Bath nog een onaanvaardbaar stroombeeld ontstaan. Dit geldt met name wanneer via het kanaal tevens zoet water wordt geloosd, waarvan een groot deel de overlaat zal passeren. Bovendien zal de overlaat het stroombeeld in het kanaal nadelig beïnvloeden. Het is daarom zeer problematisch of de aanleg van een overlaat tot een aanvaardbare oplossing zal kunnen leiden, zeker in het geval van zoetwaterlozing.

Indien de bochtafsnijding bij Bath doorgang vindt, dan zullen de problemen ten aanzien van de scheepvaart in de Westerschelde veel minder worden. Voor de scheepvaart door het kanaal kan de overlaat echter nog onaanvaardbaar zijn. De genoemde bochtafsnijding voorziet in de aanleg van lage dammen, en mogelijk kunnen deze met eventuele modificaties dienen om een ongewenste geulontwikkeling door de Platen van Valkenisse te voorkomen.

Verder kan in sommige gebieden als gevolg van gewijzigde stromingscondities in bepaalde gebieden een sterke aanslibbing optreden met het gevaar voor een vermindering van het kombergingsgebied. Een dergelijke aanslibbing kan optreden in het ten noorden van het kanaal gelegen schorren- en slikkengebied voor de Emanuelpolder, en in de omgeving van het Nauw van Bath na een eventuele bochtafsnijding. Vermoedelijk is een aanslibbing in het laatstgenoemde gebied het meest te vrezen met een overlaat en zoetwaterlozing.

De conclusie kan zijn, dat voorshands niet met zekerheid kan worden gesteld of een bepaalde variant van alternatief I niet tot een aanvaardbare oplossing kan leiden. De grootste problemen zullen echter vermoedelijk optreden bij een overlaat in de zuidelijke dam van het kanaal, zodat het aanbeveling verdient deze variant het eerst te onderzoeken in een overzichtsmodel.

7 Conclusies

In het volgende wordt een samenvatting gegeven van de uit te voeren modelonderzoekingen van de aansluiting van een kanaal door Zuid-Beveland aan de Westerschelde.

A Zoetwaterlozing op de Westerschelde.

Alternatief I:

- getijmodel met vaste bodem en dichtheidsverschillen, $n_1 = 1000$, $n_d = 100$
- detailmodel met getij en dichtheidsverschillen, $n_1 = n_d = 40$

Alternatief II:

- getijmodel met vaste bodem en dichtheidsverschillen, $n_1 = 1000$, $n_d = 100$
- detailmodel met getij- en dichtheidsverschillen, $n_1 = n_d = 40$

Alternatief III:

niet van toepassing

B Geen zoetwaterlozing op de Westerschelde.

Alternatief I:

- getijmodel met vaste bodem en homogeen water, $n_1 = 250$, $n_d = 100$

Alternatief II:

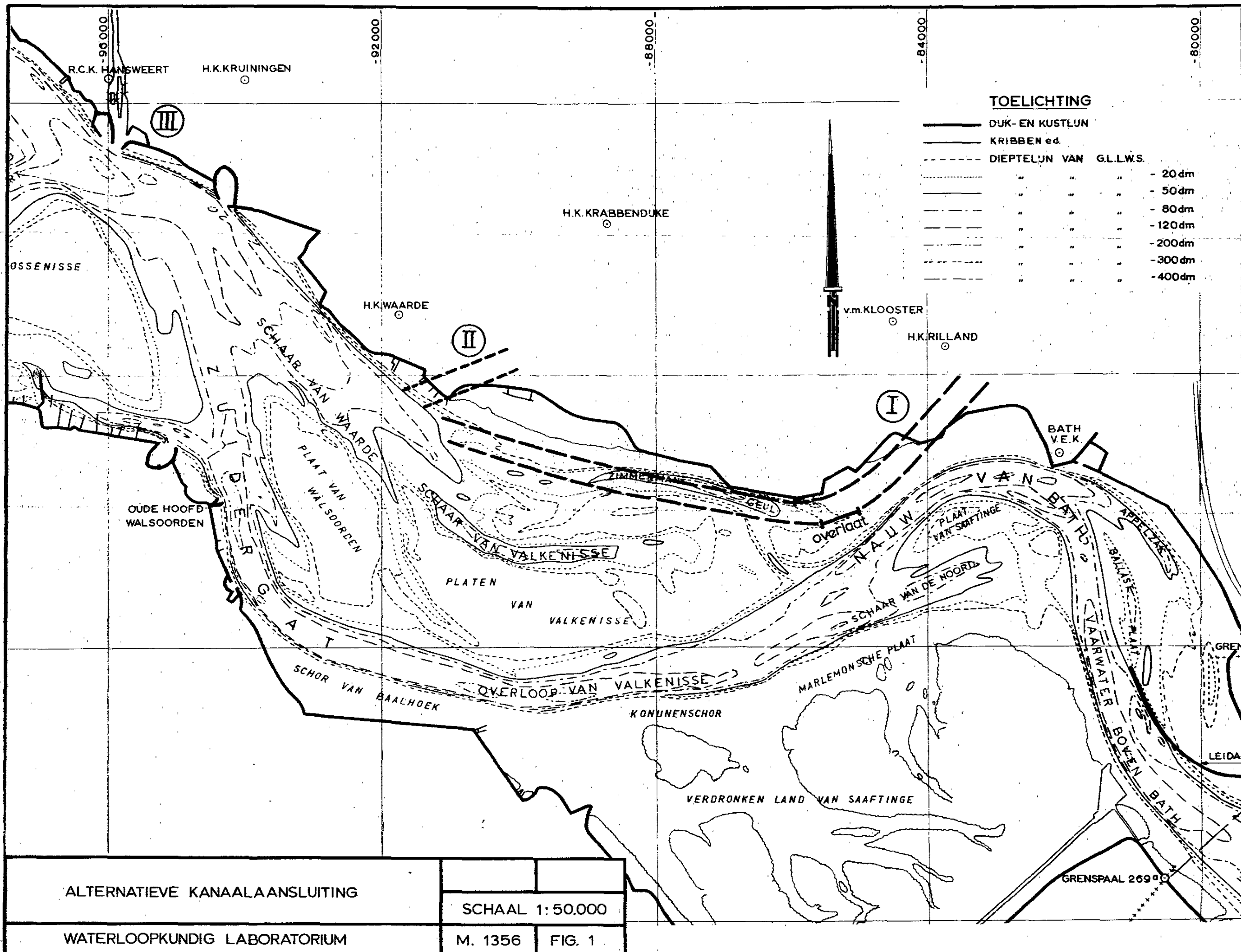
- detailmodel met permanente stromingen, $n_1 = n_d = 100$

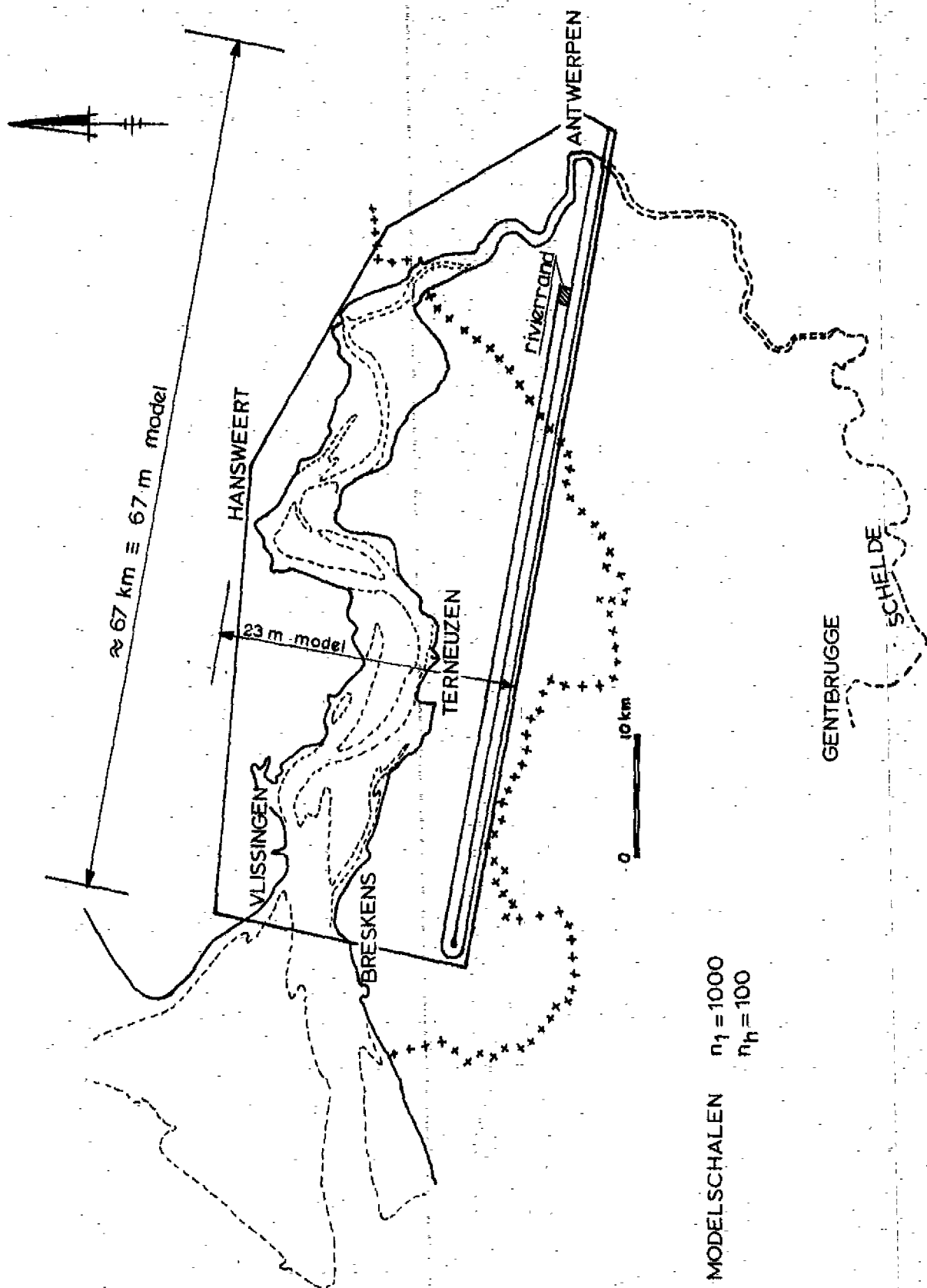
Alternatief III:

- detailmodel met permanente stromingen, $n_1 = n_d = 100$

LITERATUUR

- 1 Rapport van de Commissie Compartimentering Oosterschelde, april 1975
- 2 R.W.S. Studiedienst Vlissingen, Memo 75.6,
Rivierkundige aspecten met betrekking tot de bij een eventueel te maken "Waar-
de-kanaal" noodzakelijke toegangsgeul in de Westerschelde,
maart 1975
- 3 De Pauw, N. and J.J. Peters,
Contribution to the study of the salinity distribution and circulation in the
Western Scheldt Estuary, 1974
- 4 Waterloopkundig Laboratorium,
Haven van Ossensisse, stroombeeldonderzoek M 986/II, 1974
- 5 Waterloopkundig Laboratorium,
Voorstudies M 1128 Hansweert
- 6 Vollmers, H., Giese, E.,
Elbe tidal model with movable bed,
13th Coastal Eng. Conf., Vancouver, 1972
- 7 Vollmers, H., Giese, E.,
Die Reproduktion morphologischer Veränderungen in einem Tide modell mit Beweg-
licher Sohle,
Wasserwirtschaft 65 (1975) 7/8





OVERZICHTSMODEL MET DICHTHEIDSVerschillen

WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM

M. 1356

FIG. 2