

TWEEDE OVERZICHT VAN DE WERKZAAMHEDEN VAN DE WERKGROEP DER  
TECHNISCHE SCHELDECOMMISSIE BETREFFENDE DE AANZANDING EN  
AANSLIBBING VAN HET NOORDELIJK BEKKEN NA REALISATIE VAN DE  
BOCHTAFSNIJDING BIJ BATH.

Nota Studiedienst Vlissingen 76.2  
Verslag Waterbouwk.Laboratorium 76.6  
Verslag Antwerpse Zeediensten 76.2

INHOUD

	<u>blz.</u>
1. Inleiding	2
2. Zandtransport en zandsedimentatie in de huidige Westerschelde	2
3. Slibtransport en aanslibbingen in de huidige Westerschelde	4
4. IJking van de zand- en slibtransportberekeningsmethoden aan de hand van inhoudsberekeningen	6
5. Zandtransport en zandsedimentatie in het toekomstig Noordelijk Bekken	8
5.1 Voorafgaande ijkingsberekeningen	8
5.2 Zandtransportberekeningen voor de toekomstige toestand	11
5.3 Conclusies betreffende aansanding van het Noordelijk Bekken	12
6. De slibafzetting in het Noordelijk Bekken na realisatie van de bochtafsnijding	13
6.1 Het stromingsmechanisme	13
6.2 Berekening van de aanslibbing	14
6.2.1 Belgische berekening	14
6.2.2 Nederlandse berekening	14
6.3 Conclusies betreffende de aanslibbing van het Noordelijk Bekken	16
7. Algemene conclusies	16
8. Voorstel van de werkgroep	17
Bibliografie	18
Lijst der bijlagen	20
Appendix : Aanbevelingen voor verder onderzoek	I
A.1 Aanbevelingen voor verder onderzoek naar de zandbeweging	I
A.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek naar de slibbeweging	II
A.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek naar de sedimentatie op langere termijn	III

## 1. Inleiding

Onderhavige nota sluit aan bij de eerste nota "Overzicht der werkzaamheden van de Werkgroep Technische Scheldec commissie betreffende de aanzanding van het Noordelijk Bekken na realisatie van de bochtafsnijding bij Bath" d.d. mei 1975 (lit. 7). Het plan van bochtafsnijding en Noordelijk Bekken is weergegeven op bijlage 1.

Zoals vermeld in paragraaf vier van deze eerste nota zouden de resultaten van de uitgevoerde zand- en slibtransportberekeningen voor de huidige toestand der Westerschelde vergeleken worden met de resultaten der inhoudsberekening, waarbij tevens rekening zou gehouden worden met de inhoudsberekening voor de Belgische Schelde. Dit zou geschieden ten einde de gebezigde berekeningsmethoden te iken. Nadien zouden respectievelijk voor zand- en slibtransport hogergenoemde berekeningsmethoden worden toegepast, uitgaande van de modelgegevens van het Waterbouwkundig Laboratorium, ter bepaling van een prognose van het sedimentatieproces in het Noordelijk Bekken onmiddellijk na voltooiing van de bochtafsnijding bij Bath.

Het zijn de resultaten van deze studies en berekeningen, bij de huidige stand van de studie, die in deze tweede nota worden samengevat, gevolgd door een aantal opmerkingen en aanbevelingen voor verder onderzoek (zie Appendix).

Hierbij moet opgemerkt dat bij de huidige berekeningen geen rekening werd gehouden met eventuele additionele uitvoering van werken.

## 2. Zandtransport en zandsedimentatie in de huidige Westerschelde.

Voor het zandtransport in de huidige Westerschelde zou een nieuw empirisch verband tussen gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal en zandtransport toegepast worden op de beschikbare snelheidsmetingen in twee raaien, namelijk ter hoogte van Perkpolder-Waarde respectievelijk de Nederlands-Belgische grens (lit. 7 par. 3b). Deze raaien zijn weergegeven op bijlage 1.

In tegenstelling met nota 72.10 (lit. 1) kon bij dit verband de invloed van de waterdiepte op het zandtransport niet meer worden aangetoond (lit. 5). Voor verschillende stroomsnelheidsklassen ( $v \pm 0.10$  m/s) (zoals weergegeven in memo VL75.8) kon aldus uit de materiaaltransportmetingen in natuur telkens een rekenkundig gemiddeld transport  $\mu$  en een standaardafwijking  $\sigma$  worden bepaald, waarbij de bekomen transporten gemiddeld hoger kwamen te liggen dan deze gebezigt in nota 72.10. Bovendien werd, aan de hand van recentere monsternamen, uitgevoerd op een andere wijze, vastgesteld dat de vroeger toegepaste reductiecoëfficiënt  $\alpha$  niet constant is, maar variabel tussen 0.5 en 1 met toenemende snelheid. Bijlage 2 geeft het nieuwe verband transport in functie van de gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal.

Door toepassing van dit nieuw gevonden verband op de snelheidsmetingen van september 1964 respectievelijk mei 1970 voor de raai Perkpolder-Waarde en april 1965 respectievelijk maart 1971 voor een raai ter hoogte van de Nederlands-Belgische grens, komt men tot volgende resulterende transporten doorheen de raaien in  $m^3$  per maatgevend getij (d.w.z. dat de snelheden werden gereduceerd met  $\frac{1}{\text{tijfactor}}$  vooraleer over te gaan tot de zandtransportberekeningen in plaats van, zoals in nota 72.10, de uiteindelijk bekomen transporten te herleiden met  $(\frac{1}{\text{tijfactor}})^4$  .

Resultierend zandtransport + richting in  $m^3$  per maatgevend getij (lit. 8).

Verband	Perkp.-Waarde 1964	Perkp.-Waarde 1970	Ned.-Belg.grens 1965	Ned.-Belg.grens 1971
$\alpha (\mu + \sigma)$	1230 vl	3720 vl	2300 vl	5 vl
$\alpha \mu$	890 vl	2270 vl	1460 vl	210 eb
$\alpha (\mu - \sigma)$	550 vl	820 vl	620 vl	465 eb

Resultierend zandtransport + richting in  $10^6 m^3$ /jaar.

Verband	Perkp.-Waarde 1964	Perkp.-Waarde 1970	Ned.-Belg.grens 1965	Ned.-Belg.grens 1971
$\alpha (\mu + \sigma)$	0.863 vl	2.611 vl	1.615 vl	0.004 vl
$\alpha \mu$	0.625 vl	1.594 vl	1.025 vl	0.147 eb
$\alpha (\mu - \sigma)$	0.386 vl	0.576 vl	0.435 vl	0.326 eb

Deze tabel duidt op grote verschillen tussen de transporten in 1964-'65 respectievelijk 1970-'71, waarbij het oostelijk deel der Westerschelde in deze korte tijdspanne van acht jaar is overgegaan van een jaarlijkse ontzanding van  $(0.4 \pm 0.35) \times 10^6 \text{ m}^3$  naar een jaarlijkse aanzanding van  $(1.74 \pm 0.85) \times 10^6 \text{ m}^3$ . Een eerste veronderstelling, dat de wijziging in het zandtransport geleidelijk zou zijn opgetreden over de periode 1963-'71 leidt tot een aanzanding van het gebied tussen beide raaien van  $(4.58 \pm 1.72) \times 10^6 \text{ m}^3$  over acht jaar; een tweede veronderstelling, dat de wijziging in het zandtransport plots zou gebeurd zijn door menselijk ingrijpen (aan de afwaartse zijde door het inkorten van het Oude Hoofd in 1966, aan de opwaartse zijde door de aanleg van de leidam over de Ballastplaat in 1970), leidt tot een aanzanding van hetzelfde gebied van  $(2.82 \pm 1.51) \times 10^6 \text{ m}^3$  over acht jaar. De gedetailleerde berekeningen hiertoe staan weergegeven in bijlage 3, waarbij bij de bepaling der nauwkeurigheidsgrenzen verondersteld werd dat er zich ofwel altijd en overal een transport volgens het verband  $\alpha (\mu + \sigma)$  ofwel altijd en overal een transport volgens het verband  $\alpha (\mu - \sigma)$  voordeed, wat wel een beperking van deze grenzen tot gevolg kan hebben. In memo VL 75.9 (lit. 8) wordt hierop dieper ingegaan, maar betreffend onderzoek is nog niet afgerond.

### 3. Slibtransporten en aanslibbingen in de huidige Westerschelde.

In memo VL 75.2 (lit. 3) werd een aanvang gemaakt met de studie van de slibgehalten in het oostelijk deel der Westerschelde. Aandacht werd besteed aan het gemiddelde slibgehalte over het jaar, maar tevens aan de schommelingen over het jaar (invloed van de bovenafvoer) en over het getij (invloed van de mengingsverschijnselen). In memo VL 75.10 (lit. 9) wordt hierop dieper ingegaan, zodat uit beide memo's volgende conclusies kunnen worden getrokken :

- Het gemiddelde slibgehalte bij Bath is ca 95 mg/l en bij Hansweert 35 mg/l (droge stof).

Daar de gemiddelde rivierafvoer ca  $85 \text{ m}^3/\text{s}$  is zou men tot een slibtransport van  $85 \cdot 95 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s} = 8 \text{ kg/s} = 0.25 \cdot 10^6 \text{ t/jaar}$  bij Bath en  $85 \cdot 35 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s} = 3 \text{ kg/s} = 0.1 \cdot 10^6 \text{ t/jaar}$  bij

Hansweert kunnen besluiten.

- Hierbij is echter geen rekening gehouden met het feit, dat hoge afvoeren samengaan met hoge slibconcentraties. Bij benadering kan worden gesteld, dat het slibgehalte recht evenredig is met de rivierafvoer bij afvoeren kleiner dan  $90 \text{ m}^3/\text{s}$ ; bij hogere afvoeren neemt het slibgehalte echter niet verder toe. In memo VL 75.10 (lit. 9) is berekend, dat ten gevolge van deze correlatie de hogergenoemde transporten met een factor 1,44 vermenigvuldigd zouden moeten worden.
- Verder is geen rekening gehouden met het feit, dat de eb-stroom gemiddeld meer slib kan bevatten dan de vloedstroom. Dit o.a. ten gevolge van het feit, dat het water, dat met de vloedstroom terugkomt inmiddels gemengd is met slibbarmer zee-water (diffusie). Het belang van dit verschijnsel blijkt uit het feit, dat de gesommeerde jaarlijkse vloedtransporten (evenals de ebtransporten) van de orde van grootte van  $9 \cdot 10^6 \text{ t/jaar}$  zijn (1). Het is duidelijk, dat een klein verschil in concentratie van het eb- en vloedwater grote resulterende transporten kan geven: verschillen van 1 % méér eb-afvoer en 1 % minder vloedafvoer geven al een resulterend transport van  $0.18 \cdot 10^6 \text{ t/jaar}$ .
- Een belangrijk deel van memo VL 75.10 (lit. 9) is dan ook gewijd aan de vraag, met welke nauwkeurigheid het slibtransport uit de metingen kan worden bepaald.

Uiteindelijk wordt in dit memo voor het zeewaarts gerichte slibtransport bij Bath  $(0.75 \pm 1.2) \cdot 10^6 \text{ t/jaar}$  en bij Perkpolder-Waarde  $(0.6 \pm 2) \cdot 10^6 \text{ t/jaar}$  gevonden.

Dit resultaat is voorlopig; aan de hand van verder onderzoek kan de nauwkeurigheid vergroot worden (zie appendix).

---

(1) Dit getal is gevonden door het aantal getijden per jaar (702) te vermenigvuldigen met het slibtransport per getij (12.800 t). Het getal  $9 \cdot 10^6 \text{ t/jaar}$  moet dus wel iets worden gerelativeerd door te bedenken dat hetzelfde slib wel vele malen dezelfde doorsnede passeert.

4. IJking van de sand- en slibtransport- berekeningsmethoden aan de hand van inhoudsberekeningen.

Uit inhoudsberekeningen voor het gebied tussen Perkpolder-Waarde en de Nederlands-Belgische grens, met uitsluiting van het Verdrongen Land van Saeftinge en de schorren van Ossendrecht, werd uitgaande van peilingen over de periode 1963-1971, en rekening houdend met de baggerwerken, voor dit gebied een verondieping gevonden (aanzanding + aanslibbing) van  $(6.49 \pm 2.50) \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> op 8 jaar waarvan de gedetailleerde berekeningen weergegeven worden in nota 72.10 (lit. 1) en memo VL 75.1 (lit. 2).

Uit inhoudsberekeningen beneden gemiddeld laagwater en baggergegevens voor de Belgische Zeeschelde tussen de Nederlands-Belgische grens en respectievelijk Drijgoten op de Schelde en Rumst op de Rupel, volgt dat in dit riviergedeelte een natuurlijke aanvoer van vaste stoffen van  $10.21 \times 10^6$  m<sup>3</sup> op 8 jaar plaatsvindt (lit.6).

Het samenbrengen van de verschillende berekeningsresultaten voor het gebied tussen Perkpolder-Waarde en de Nederlands-Belgische grens over de periode 1963-'71 leidt dan ook tot volgende tabel (alle getallen in  $10^6$  m<sup>3</sup> op 8 jaar, positief bij aanzanding, negatief bij ontzanding) :

Natuurlijke inhoudswijziging	: + 6.49 ± 2.50
Zandtransport (opw. en afw.begrenzing)	
1° veronderstelling	: + 4.58 ± 1.72
2° veronderstelling	: + 2.82 ± 1.51
Slibtransport (opw. en afw.begrenzing)	
$0.15 \times 10^6$ t/j	: + 1.20 ± ? (1)

Aan de opwaartse grens van het beschouwde gebied der Belgische Zeeschelde werd, uitgaande van natuurmetingen van april 1972, voor Rupel en Schelde een transport aan vaste stoffen berekend (zand + slib) van 385.000 m<sup>3</sup>/jaar of  $3.08 \times 10^6$  m<sup>3</sup> op 8 jaar in ebrichting. De aanneme dat deze waarde slechts op ± 50 % nauwkeurig is lijkt gerechtvaardigd.

---

(1) Eén m<sup>3</sup> nat slib met een soortelijk gewicht van 1.6 t/m<sup>3</sup> bevat ongeveer 1000 kg droge stoffen, waarbij wordt gerekend met een poriëngehalte van 60 % .

Voor de Belgische Schelde bekomen we aldus :

Natuurlijke inhoudswijziging	:	+ 10.21 ± ?
Zand- + slibtransport (opw. begrenzing)	:	+ 3.08 ± 1.54
Zandtransport (afw. begrenzing)		
1° veronderstelling	:	+ 4.29 ± 3.30 (zie bijl. 3 transport aan Ned.-Belg.grens)
2° veronderstelling	:	+ 7.03 ± 4.30
Slibtransport (afw. begrenzing)		
- 0.75 x 10 <sup>6</sup> t/j	:	- 6.00 ± ? (1)

Een visueel overzicht van deze resultaten wordt gegeven in bijlage 4.

Uit de berekeningsresultaten voor het oostelijk deel der Westerschelde (zie hierboven en bijlage 4) zou kunnen blijken dat de berekende aanslibbing aan de lage kant is. Een verhogen van het zeewaartse slibtransport aan de grens leidt echter tot meer afwijkende resultaten voor de Belgische Schelde.

Het lijkt dan ook gerechtvaardigd aan te nemen dat de gebezigde zandtransportberekeningsmethode tot resultaten leidt die aan de lage kant gelegen zijn en dan ook in de verdere berekeningen als onderste waarde dienen aangehouden.

Aldus zou de aanname dat de zandtransporten, berekend volgens het verband  $\alpha (\mu + \sigma)$  de juiste zijn, leiden tot volgende ijkingsresultaten (alle waarden in 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> op 8 jaar) :

- Voor het oostelijk deel der Westerschelde :	
natuurlijke inhoudswijziging	: 6.49 ± 2.50
inhoudswijziging met zandtransportberekening volgens 1° veronderstelling	4.58 + 1.72 + 1.20 = 7.50
2° veronderstelling	2.82 + 1.51 + 1.20 = 5.53
	┌──────────┐
	zand            slib
	afw. + opw. begrenzing

---

(1) Eén m<sup>3</sup> nat slib met soortelijk gewicht van 1.6 t/m<sup>3</sup> bevat ongeveer 1000 kg droge stoffen, waarbij wordt gerekend met een poriëngehalte van 60 % .



- Voor de Belgische Zeeschelde :

natuurlijke inhoudswijziging 10.21 ± ?

inhoudswijziging met zandtransport-

berekening volgens :

1° veronderstelling  $3.08 + 1.54 + 4.29 + 3.30 - 6.00 = 6.21$

2° veronderstelling  $3.08 + 1.54 + 7.03 + 4.30 - 6.00 = 9.95$

zand + slib      zand afw.      slib afw.

opw.begrenz.    begrenzing    begrenzing

(De invloeden van het Verdronken Land van Saeftinge, de schorren van Ossendrecht, de Antwerpse dokken en de schorren op Belgisch gebied zijn hierbij niet in aanmerking genomen.)

Niettegenstaande men op deze wijze tot een vrij goede overeenkomst komt tussen transport- en inhoudsberekeningen, zijn verdere studie en meer metingen nodig, teneinde in de toekomst de nauwkeurigheidsgrenzen der berekeningsresultaten dichter bij elkaar te brengen.

## 5. Zandtransport en zandsedimentatie in het toekomstig Noordelijk Bekken.

### 5.1 Voorafgaande ijkingsberekeningen

Uitgaande van de meetresultaten (puntsnelheidsmetingen met micromolentjes en drijfvermetingen) van het Westerschelde-model te Bergerhout waarin de bodemtoestand volgens de lodingen van 1971 was ingebracht ( $T_0$ ) werden zandtransportberekeningen uitgevoerd in de raaien Perkpolder-Waarde en Nederlands-Belgische grens. Daar hiertoe hetzelfde verband en dezelfde werkwijze werd gebruikt als bij de berekeningen uitgaande van natuurmetingen, moest hieruit de representativiteit van het model blijken.

In wezen mochten de resultaten, uitgaande van de stroomgegevens gemeten in het prototype en die gemeten in het model, elkaar dus niet veel ontlopen. Nadere bestudering van de tabel in bijlage 5 (memo VL 76.3 lit. 12) leert echter dat op sommige plaatsen, bijzonder bij de eb, niet onaanzienlijke verschillen vastgesteld worden.

- In het Zuidergat vinden we voor de To-situatie een tweemaal zo groot ebtransport dan datgene gevonden uit de prototypegegevens, terwijl voor de vloed analoge transporten worden gevonden. Resultierend wordt er dan ook voor het Zuidergat een ruim viermaal groter transport in ebrichting gevonden dan voor het prototype werd berekend.
- In het Schaar van Waarde wordt in de To-situatie een ebtransport gevonden dat ongeveer 50 % groter is dan voor het prototype, terwijl voor de vloed het transport ongeveer 10 % kleiner is. Het resulterende transport in vloedrichting is hierdoor ongeveer 55 % van het voor het prototype berekende.
- Ten gevolge van genoemde verschillen wordt in de To-situatie voor de gehele meetraai Perkpolder-Waarde een per getij resulterend transport in ebrichting gevonden dat ongeveer anderhalve maal zo groot is als het voor het prototype berekende resulterende transport in vloedrichting .
- De voor de raai Vaarwater boven Bath gevonden verschillen tussen de voor de To-situatie en het prototype berekende zandtransporten zijn minder groot : de resulterende transporten hebben in elk geval dezelfde richting. Deze transporten zijn echter absoluut gezien veel geringer dan die aan de afwaartse begrenzing van het gebied.
- Voor het tussen beide meetraaien ingesloten gebied zou dan ook, uitgaande van de prototypemetingen, een aanzanding resulteren van  $1.74 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ , terwijl men, uitgaande van de modelresultaten, een ontzanding zou vinden van  $2.57 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{jaar}$ .

Deze grote afwijkingen zijn te wijten aan verschillende factoren :

- Niettegenstaande een correcte debietsverdeling op model kan een kleine wijziging in de snelheidsverdeling over het dwarsprofiel leiden tot grote transportverschillen

(het zandtransport komt immers bij benadering overeen met een vierdemachtsfunctie der snelheden). Dit fenomeen doet zich zeker voor tijdens de eb in het Zuidergat, waar de vertrekking van het model leidt tot een in de natuur onbestaan- de stroomconcentratie.

- De gebruikte drijfvergegevens, de correcte ligging van de raai en de nauwkeurigheid van meten en berekenen kan leiden tot grote afwijkingen (Uit bijlage 5 tabel 1 blijkt dat vrij uiteenlopende resultaten worden bekomen naargelang wordt uitgegaan van drijfvermetingen plus puntnelheidsmetingen, dan wel drijfvermetingen alleen).

Niettegenstaande deze bijkomende onnauwkeurigheid der bereke- ningsresultaten, zou in eerste instantie kunnen gesteld worden dat de nauwkeurigheidsgrenzen ten gevolge van de standaardaf- wijking op het transport- snelheid- verband ruim genoeg zijn om de verschillen natuur- model op te vangen (uitgezonderd voor het ebtransport door het Zuidergat).

Na overleg werd dan ook besloten, uitgaande van oppervlakte- drijfvermetingen op model waarin de eindsituatie der bochtafsnij- ding is ingebouwd (T 40) aan alle grenzen van het Noordelijk Bekken (opwaarts, afwaarts en over de leidam) en ook in ver- schillende raaien in het Noordelijk Bekken, te trachten per vak een resulterende waarde voor mogelijke aanzanding of ont- zanding te berekenen met bijbehorende nauwkeurigheidsgrenzen voortvloeiend uit de standaardafwijking op het  $S - \bar{v}$  verband, terwijl een uitgebreide gevoeligheidsanalyse van de beschik- bare gegevens natuur en model ( $T_0$ ) in de toekomst zou moeten uitwijzen of de aldus bekomen nauwkeurigheidsgrenzen in een later stadium dienen verruimd te worden. Een aanzet hiertoe is trouwens gegeven in memo 75.9 (lit. 8), doch voor een ver- dere uitwerking heeft tot op heden de tijd ontbroken.

## 5.2 Zandtransportberekeningen voor de toekomstige toestand.

Uitgaande van de modeldrijvermetingen, situatie T 40, en van het hogervermelde  $S - \bar{v}$  verband (volgens  $\alpha \mu$ ), werden dan ook tegelijkertijd door Studiedienst Vlissingen (memo VL 76.3 lit. 12) en door het Waterbouwkundig Laboratorium zandtransportberekeningen uitgevoerd voor elf raaien, verdeeld over het Noordelijk Bekken, waarbij de keuze van de ligging der raaien in het Noordelijk Bekken zelf gebeurde in functie van de huidige morfologie (bijlage 6).

De overeenkomst der resultaten was bevredigend behoudens in de dwarsraaien ter hoogte van Baalhoek en Zimmerman, zodat de prognose betreffende de aanzanding van het totale Noordelijk Bekken vrij goed overeenstemt ( $1435 \text{ m}^3/\text{getij}$  en  $1800 \text{ m}^3/\text{getij}$ ), terwijl echter de verdeling van aanzanding en erosie binnen het Noordelijk Bekken bepaalde afwijkingen vertoont.

Daar echter de resultaten van het Waterbouwkundig Laboratorium voor de raai ter hoogte van Baalhoek gesteund waren op extra-modelgegevens (metingen in een raai 500 m opwaarts en 500 m afwaarts de oorspronkelijke raai gelegen) en voor de raai ter hoogte van Zimmerman uitgingen van een meer aangepaste ligging van de raai ten opzichte van de huidige morfologie (speciaal voor het ebtransport) werd besloten verder te werken met deze laatste resultaten, en tevens het  $S - \bar{v}$  verband volgens  $\alpha (\mu + \sigma)$  en  $\alpha (\mu - \sigma)$  op de beschikbare gegevens toe te passen.

De resulterende transporten doorheen de raaien, voortvloeiend uit deze berekeningen, staan voor  $\alpha \mu$  en  $\alpha (\mu + \sigma)$  weergegeven op bijlage 7, terwijl de daaruit volgende prognose van de mogelijke aan- of ontzanding der verschillende vakken in onderstaande tabel werd geschematiseerd.

aan- of ontzanding (-) in  $m^3$ /getij.

vak S- $\bar{v}$	vak						
	I	II	III	IV	I+II	III+IV	I+II+III+IV
$\alpha(\mu+\sigma)$	4190	-7945	4370	1080	-3755	5450	1695
$\alpha \mu$	3115	-4930	2865	385	-1815	3250	1435
$\alpha(\mu-\sigma)$	695	-615	290	0	80	290	370

aan- of ontzanding (-) in  $10^6 m^3$ /jaar.

vak S- $\bar{v}$	vak						
	I	II	III	IV	I+II	III+IV	I+II+III+IV
$\alpha(\mu+\sigma)$	2.94	-5.58	3.07	0.76	-2.64	3.83	1.19
$\alpha \mu$	2.19	-3.46	2.01	0.27	-1.27	2.28	1.01
$\alpha(\mu-\sigma)$	0.49	-0.43	0.20	0	0.06	0.20	0.26

### 5.3 Conclusies betreffende aanzanding van het Noordelijk Bekken.

- Tijdens de vrij korte periode 1963-1971 blijkt uit de berekeningen dat de zandtransporten in het oostelijk deel der Westerschelde sterk zijn gewijzigd, wijziging waarschijnlijk opgetreden ten gevolge van de inkorting van het Oude Hoofd en de aanleg van de leidam over de Ballastplaat.

In 1964-1965 werd in het oostelijk gedeelte der Westerschelde een jaarlijkse ontzanding van  $0.4 \pm 0.35$  miljoen  $m^3$  berekend, in 1970-1971 daarentegen een jaarlijkse aanzanding van  $1.74 \pm 0.85$  miljoen  $m^3$ . Hieruit zou blijken dat reeds relatief kleine ingrepen een grote invloed hebben op het zandtransport in dit gedeelte van de Westerschelde.

- Bovendien valt op te merken dat de vakken III en IV, gelegen in het oostelijk deel van het Noordelijk Bekken, evenals vak I in het westelijk deel, aan grote aanzanding onderhevig zijn en het vak II in het centrale deel aan ontzanding toe is. Dit is uiterst belangrijk, daar dit tot gevolg heeft

dat belangrijke morfologische wijzigingen in het Noordelijk Bekken, onmiddellijk na het indienststellen van de bochtafsnijding, kunnen worden verwacht. Dit verschijnsel werd vroeger reeds waargenomen in het model dat voorzien was van een beweegbare bodem.

Men moet er dan ook nogmaals de nadruk op leggen dat de hieronder vermelde resultaten van de hiervoor genoemde berekeningen alleen betrekking kunnen hebben op de toestand onmiddellijk na het indienststellen van de bochtafsnijding.

- Uitgaande van de stelling dat het  $S - \bar{v}$  verband  $\propto (\mu + \sigma)$  tot de meest aanvaardbare overeenkomst leidt in de huidige situatie, kan als prognose betreffende de mogelijke aanzanding van het Noordelijk Bekken onmiddellijk na indienststelling van de bochtafsnijding uiteindelijk ongeveer één miljoen m<sup>3</sup>/jaar worden vooregesteld.

Rekening houdend met beide vorige conclusies, dient deze prognose als een relatieve, eerder dan als een absolute waarde te worden aangezien.

## 6. De slibafzetting in het Noordelijk Bekken na realisering van de bochtafsnijding.

### 6.1 Het stromingsmechanisme

De in- en uitstroming van water in het Noordelijk Bekken vindt voornamelijk plaats door het Schaar van Waarde. Het vloedvermogen door het Schaar van Waarde dient grotendeels als aanvulling van het Noordelijk Bekken; slechts een klein gedeelte keert over de leidam over de platen van Walsoorden en Valkenisse terug naar het Zuidergat, terwijl een deel door de overlaat in de rivier (opwaartse afsluiting van het Vaarwater boven Bath) en over de leidam over de Ballastplaat terug in de bestaande rivierbedding terecht komt. Tijdens de eb is ook slechts een klein deel van het bovenvermelde ebvermogen in het Schaar van Waarde afkomstig van de instroming aan de opwaartse zijde van het Noordelijk Bekken en van het Zuidergat : grotendeels is dit ebvermogen afkomstig van de lediging van het Noordelijk Bekken.

Ten oosten van de coördinaat 84.000 (zie bijlage 8) worden, na de verwezenlijking van de Bochtafsnijding in het Noordelijk Bekken, snelheden aangetroffen, welke zowel tijdens eb als tijdens de vloed ten allen tijde kleiner blijven dan 0,60 à 0,70 m/s . Westelijk van de coördinaat 84.000 zijn de snelheden van die orde van grootte, dat in eerste aannamen kan gesteld worden, dat aldaar praktisch geen of dan toch heel weinig aanslibbing mogelijk is. Bij de hierna volgende berekeningen en hypothesen wordt dan ook aanslibbing in het gebied westelijk van de coördinaat 84.000 uitgesloten en wordt er van uitgegaan dat, als er zich aanslibbing in het Noordelijk Bekken voordoet, dit alleen mogelijk zou zijn in het gebied oostelijk van de coördinaat 84.000.

De vloed- en ebvermogens van het oostelijk gebied zijn aan de hand van modelgegevens voor een gemiddeld getij op bijlage 8 weergegeven.

#### 6.2 Berekening van de aanslibbing.

##### 6.2.1 - Belgische berekening.

Langs Belgische zijde werd de aanslibbing voor het beschouwde gebied van bijl. 8 berekend in lit. 10. Door het maken van verschillende veronderstellingen over slibaanvoer door eb- en vloedvermogen, komberging, slibconcentraties ( 40 à 60 mg/l afwaarts, 100 mg/l opwaarts) en restconcentraties (0 à 20mg/l in het Noordelijk Bekken) werd de berekening uitgevoerd.

Door deze empirische methode wordt een aanslibbing gevonden van  $(2,- \pm 1,-) 10^6$  t/jaar.

##### 6.2.2 - Nederlandse berekening.

Langs Nederlandse zijde werd de aanslibbing meer theoretisch benaderd en wel als volgt :

- Uit stroomgegevens van het model werden verblijftijden van het water in het beschouwde oostelijk deel van het Noordelijk Bekken berekend zowel bij vloed als bij eb (memo VL.76.7 lit. 13).

- Uit een voorlopig zeer globaal onderzoek (memo VL. 76.8 lit.14) werd een indruk verkregen van de korrelgrootteverdeling (eigenlijk valsnelheidsverdeling van het slib). Na enig omwerken werd hieruit bijlage 9 verkregen betreffende het percentage bezonken slib als functie van de verblijfsduur van het slibhoudend water in het Noordelijk Bekken bij gegeven waterdiepte.

Uit de bestudering van de eb- en vloedwegen, die waterdeeltjes in het Noordelijk Bekken doorlopen, kwam een gemiddelde waterdiepte van 5 m als het meest reëel naar voren; hiermee werd gerekend.

Voor het water dat het bekken binnenstroomt bij L.W.-kentering vindt men op deze wijze dat 845 ton slib per getij afkomstig van de zeezijde in het bekken bezinken. Evenzo wordt gevonden dat 610 ton per getij afkomstig van rivieropwaartse zijde in het bekken bezinkt.

Neemt men deze gemiddelde omstandigheden als maatgevend aan en verwaarloost men de invloed van diffusie, dan wordt gevonden, dat per jaar  $1,27 \cdot 10^6$  t slib bezinkt.

Het is niet geheel ondenkbaar dat het vullen van het bekken hoofdzakelijk via stroming in de bovenlaag plaats vindt. In dat geval kan een voor de aanslibbing maatgevende waterhoogte van 3 m worden aangehouden. De totale aanslibbing per jaar is dan  $1,76 \cdot 10^6$  ton.

De gebruikte berekeningsmethode werd getoetst aan een nauwkeuriger mathematisch model dat besproken wordt in memo VL 76.2 (lit. 11).

Daar in het voorgaande geen rekening werd gehouden met het diffusieverschijnsel werd getracht hierover enig inzicht te bekomen. Het gebruikte diffusiemodel wordt beschreven in memo VL 76.9 (lit.15). Uit deze voorlopige studie zou blijken dat bovengenoemde cijfers aan de hoge kant zijn. Bovendien zijn bovengenoemde getallen wat nauwkeurigheid betreft beperkt. De verblijftijd van het water in het bekken waaruit de aanslibbing is berekend geeft een onnauwkeurigheid in de berekende waarden van circa 10 % .



De methode van de bepaling van de valsnelheden met een sedimentatiebalans is thans nog in ontwikkeling en het onderzoek naar de nauwkeurigheden van deze methode is nog niet afgesloten; zekerheidshalve wordt voorlopig in deze nota in verband met de nauwkeurigheid van de valsnelheden een nauwkeurigheid van 35 % op de aanslibbing aangehouden. De totale nauwkeurigheid komt dan op circa 45 %. Er is nog geen rekening gehouden met de positieve correlatie tussen slibconcentratie en Scheldefvoer. Wordt hier, evenals bij de huidige toestand een vermenigvuldigingsfactor 1,44 voor aangehouden en wordt anderzijds rekening gehouden met verlaging van de concentraties bij Bath en Hansweert, dan lijkt een redelijke schatting voor de aanslibbing van het Noordelijk Bekken:

$$(1.5 \pm 0.75) \cdot 10^6 \text{ ton/jaar.}$$

### 6.3 Conclusies betreffende de aanslibbing van het Noordelijk Bekken.

Uit de berekeningen vermeld onder paragraaf 6.2 volgt dat als redelijke schatting van de aanslibbing van het Noordelijk Bekken 1,5 à 2 miljoen ton/jaar kan worden vooropgesteld, aanslibbing welke zich, naar kan worden verondersteld, voornamelijk in het oostelijk deel van dit bekken zou voordoen.

Hierbij moet in aanmerking worden genomen, dat tot op heden nog geen gedetailleerde nauwkeurighedsanalyse heeft plaatsgevonden.

### 7. Algemene conclusies.

Op grond van het tot nu toe verrichte onderzoek wordt een aanzanding van circa 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar in het Noordelijk Bekken onmiddellijk na indienststelling van de bochtafsnijding verwacht. Er zullen grote morfologische veranderingen optreden die in een latere fase een andere waarde van aanzanding zullen geven. De aanslibbing van het Noordelijk Bekken na indienststellen van de bochtafsnijding is bepaald op circa 1.5 à 2 miljoen ton/jaar. Betreffende de nauwkeurigheid dezer getallen wordt verwezen naar de betreffende hoofdstukken, terwijl additionele werkzaamheden

op de Westerschelde een herziening van de berekeningen kunnen noodzakelijk maken.

In appendix tenslotte worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek om tot een betere benadering van hogervermelde waarden te komen.

8. Voorstel van de werkgroep .

Voorshands zijn de Nederlandse en Belgische deelnemers van de werkgroep onderling tot overeenstemming gekomen over de hogervermelde resultaten .

De werkgroep is van mening dat met de huidige beschikbare natuurgegevens en de huidige theoretische kennis van transport, erosie en sedimentatie van vaste stoffen binnen het huidige tijdsbestek nauwelijks een betere benadering voor de aanzanding en aanslibbing in het Noordelijk Bekken onmiddellijk na de indienststelling van de bochtafsnijding bij Bath zou verkregen worden. Men mag derhalve stellen dat hiermede aan de opdracht van de werkgroep is voldaan.

De werkgroep stelt echter voor dat door de bevoegde studiediensten in onderling overleg, door het uitvoeren van natuurmetingen en het verrichten van theoretische studies, de inzichten in transport en sedimentatie van vaste stoffen in de Westerschelde en de Schelde zouden verruimd worden. Een voorstel voor de te verrichten metingen en studies is opgenomen in appendix.

\*

\*

\*

Deze nota werd in gemeenschappelijk overleg tussen de Belgische en Nederlandse leden van de werkgroep opgemaakt.

Antwerpen      mei 1976  
Vlissingen

BIBLIOGRAFIE

(chronologisch)

- lit. 1 Nota 72.10. Voorlopige schatting der aanzanding van het Noordelijk Bekken der Westerschelde na voltooiing der bochtafsnijding bij Bath -  
Studiedienst Vlissingen, december 1972.
- lit. 2 Memo VL 75.1. Enkele opmerkingen over de nauwkeurigheid van de bij de inhoudsberekeningen voor de Westerschelde toegepaste methode -  
Studiedienst Vlissingen, januari 1975.
- lit. 3 Memo VL 75.2. Het slibgehalte in het oostelijk deel der Westerschelde - 1° bericht -  
Studiedienst Vlissingen, januari 1975.
- lit. 4 Memo VL 75.3. Toetsing van de zandconcentratieverticalen aan de zandtransportformule van Bijker.  
Studiedienst Vlissingen, januari 1975.
- lit. 5 Memo VL 75.8. Tweede bericht betreffende een empirische methode ter bepaling van de zandtransporten in de Westerschelde -  
Studiedienst Vlissingen, maart 1975.
- lit. 6 Vergelijking van de inhoud van Schelde en Rupel onder gemiddeld laagwater. Periode 1953 - 1973 -  
Antwerpse Zeediensten, maart 1975.
- lit. 7 Nota aan de Technische Scheldec commissie :  
"Oversicht der werkzaamheden van de werkgroep Technische Scheldec commissie betreffende de aanzanding van het Noordelijk Bekken na realisatie van de bochtafsnijding bij Bath" -  
Antwerpen - Vlissingen, mei 1975
- lit. 8 Memo VL 75.9. Schatting der aanzanding in het oostelijk deel der Westerschelde -  
Studiedienst Vlissingen, augustus 1975

- lit. 9 Memo VL 75.10. Het slibtransport en de aanslibbing in het oostelijk deel van de Westerschelde voor en na voltooiing van de bochtafsnijding bij Bath - Studiedienst Vlissingen, december 1975.
- lit. 10 Schatting van de te verwachten aanslibbing in het oostelijk deel van het Noordelijk Bekken na de verwezenlijking van de bochtafsnijding bij Bath - Waterbouwkundig Laboratorium, oktober 1975.
- lit. 11 Memo VL 76.2. Berekening van zand- en slibconcentraties in getijstromen - Studiedienst Vlissingen
- lit. 12 Memo VL 76.3. Aanzanding van het toekomstig Noordelijk Bekken na de bochtafsnijding bij Bath, uitgaande van de stroommetingen in het model te Borgerhout en een empirisch transportverband - Studiedienst Vlissingen, maart 1976.
- lit. 13 Memo VL 76.7. Berekening van de aanslibbing van het Noordelijk Bekken na de bochtafsnijding bij Bath - Studiedienst Vlissingen
- lit. 14 Memo VL 76.8. Bepaling van valsnelheden van slib met een sedimentatiebalans. Studiedienst Vlissingen
- lit. 15 Memo VL 76.9. Transport van slib door turbulente diffusie in het Noordelijk Bekken na de bochtafsnijding bij Bath. Eerste bericht - Studiedienst Vlissingen.

Verder werd bij het opmaken van deze nota gebruik gemaakt van discussienota's en van de verslagen der vergaderingen van de Werkgroep (juni, september en november 1974, februari, mei, augustus en oktober 1975, februari en april 1976).

LIJST DER BIJLAGEN

1. Situatieplan bochtafsnijding en Noordelijk Bekken
2. Verband tussen bemonsteringstransport en gemiddelde stroomsnelheid in de verticaal .
3. Gedetailleerde berekeningen van de aanzanding/verdieping van het oostelijk deel der Westerschelde in de periode 1963-1971.
4. Visueel overzicht der inhouds-, zandtransport- en slibtransport-berekeningsresultaten voor het oostelijk deel der Westerschelde en voor de Belgische Schelde.
5. Gedetailleerd overzicht der zandtransportberekeningsresultaten voor de huidige Westerschelde respectievelijk voor natuur en model.
6. Zandtransport doorheen de raaien in m<sup>3</sup>/getij volgens het  $S - v$  verband  $\propto \mu$
7. Resulterende zandtransporten, aan-(+) en ontsandingen (-) volgens  $S - \bar{v}$  verband  $\propto \mu$  en  $\propto (\mu + \sigma)$
8. Oostelijk gedeelte van het Noordelijk Bekken - eb- en vloedvermogens.
9. Gesedimenteerd deel van het slib ps als functie van de verblijfsduur .

APPENDIX

Aanbevelingen voor verder onderzoek.

A.1 Aanbevelingen voor verder onderzoek naar de zandbeweging.

Uit hoofdstuk 2 en 5 volgt dat er dient gestreefd naar een verdere verfijning van het zandtransport-snelheid verband. De vraag kan immers gesteld in hoeverre dit  $S - v$  verband, voortvloeiend uit bemonsteringstransporten op plaatsen met relatief grote diepten ( $> 9$  m) representatief is voor de ondiepe gedeelten in het Noordelijk Bekken. Bijkomende bemonsteringen in het gebied van het Noordelijk Bekken zelf, en bij lage snelheden zijn dan ook ten zeerste vereist.

Bovendien is niet geweten in hoeverre het zandtransport dient gereduceerd of bodem- en zwevend transport dienen gescheiden op plaatsen waar zich een discontinuïteit in de bodem voordoet.

Tenslotte heeft men onvoldoende gegevens betreffende de onnauwkeurigheden voortvloeiend uit de verschillen natuur - model, men kent onvoldoende het mechanisme van de ponderatie der onnauwkeurigheden en tenslotte wijst ook de ijking der berekeningsmethoden (hfdst 4) op een bijkomende onnauwkeurigheid van het  $S - v$  verband.

Met behulp van volgend toekomstig onderzoek zou in deze punten meer klaarheid kunnen komen :

1° Hernieuwd uitvoeren van zandtransportmetingen bij Bath en Perkpolder/Waarde (inmiddels uitgevoerd, resultaten worden uitgewerkt).

Uitvoeren van zandtransportmetingen in een tussengelegen raai (uit te voeren in 1977).

Bij deze metingen zijn, resp. zullen zoveel mogelijk punten in de raai gemeten worden.

2° Het simultaan meten van stroomsnelheid en sedimentgehalte in meerdere raaien (in één referentiepunt per raai) in het beschouwde gebied.

- 3° Het simultaan meten van stroomsnelheid en sedimentgehalte in de lengterichting van de geulen in punten met geringe onderlinge afstand (circa 500 m).
- 4° Onderzoek naar de nauwkeurigheid waarmee zandtransport door een raai kan worden bepaald (aansluitend op het gestelde in memo VL 75.9).
- 5° Het bepalen van de korrelgrootteverdeling van het bodemmateriaal en het getransporteerde materiaal van monsters genomen gedurende de transportmetingen.
- 6° Het toepasbaar maken van theoretische zandtransportberekeningsmethoden in de Westerschelde om in gewijzigde omstandigheden zandtransport nauwkeuriger te kunnen voorspellen.

Dit houdt in :

- a Analyse van het gevonden  $S - v$  verband aan de hand van theoretische concepties .(zie memo 75.3).
- b Nagaan in hoeverre theoretische zandtransportberekeningsmethoden een geringere spreiding geven dan die gevonden met het empirische  $S - v$  verband.

#### A.2 Aanbevelingen voor verder onderzoek naar de slibbeweging.

De berekende waarden van het thans optredend slibtransport zoals omschreven in hoofdstuk 3 zijn voorlopig.

Met behulp van het volgende toekomstige onderzoek is de nauwkeurigheid te vergroten :

- 1° nieuwe en nog meer doelgerichte metingen (terugkoppeling onder invloed van de in het rapport gevonden resultaten) ; verbeterde nauwkeuriger meetmethoden ;
- 2° onderzoek naar diffusie en naar het erosie- en sedimentatiemechanisme ;
- 3° onderzoek naar het oorzakelijk verband tussen slibgehalte en rivierafvoer.
- 4° onderzoek naar de invloed van de variatie in verticale zin van snelheid en slibconcentratie op het resulterend slibtransport (d.w.z. invloed van dichtheidstromen, etc.)

Betreffende de berekening van de aanslibbing in het Noordelijk Bekken is, hoewel reeds een aanzienlijke hoeveelheid onderzoek werd verricht, dit onderzoek nog bij lange niet afgerond.

In volgorde van prioriteit lijken de belangrijkste aktiepunten :

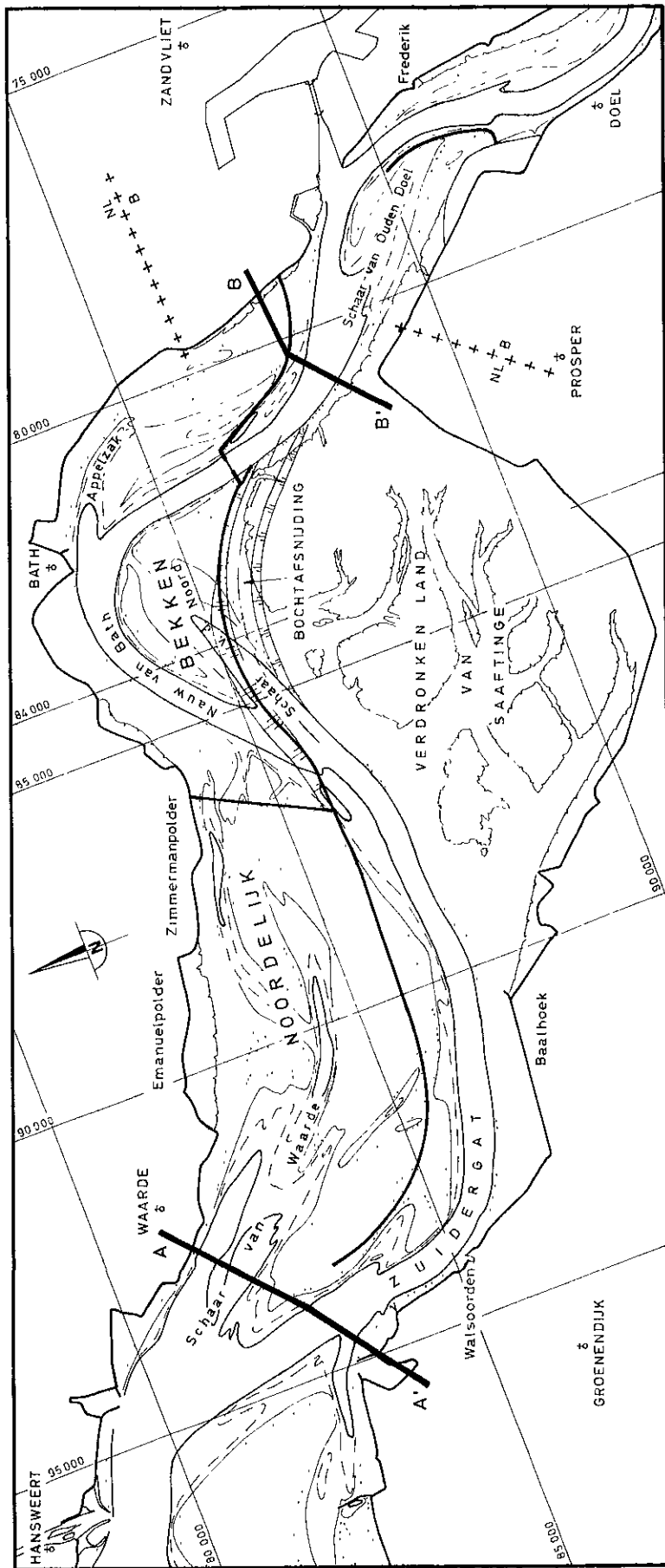
- 1e onderzoek naar het diffusiemechanisme ;
- 2e verrichten van meer en verfijnder metingen naar de korrelgrootteverdelingen (eigenlijk : valsnelheidsverdelingen) van het slib ;
- 3e onderzoek naar de nauwkeurigheid van de verkregen resultaten ;
- 4e koppeling tussen de verfijnder methoden, waarmee het huidige slibtransport in het Oostelijk deel van de Westerschelde werd bepaald (memo VL 75.10), met de methode, gebruikt in memo VL 76.2. Dit houdt in : apart beschouwen van toestanden met hoge Scheldeafvoer en toestanden met lage Scheldeafvoer, invloed van spring- en doottij, etc.

A.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek van de sedimentatie op langere termijn.

Om de aanzanding van het Noordelijk Bekken op langere termijn te kunnen bepalen, kunnen trapsgewijs, bijvoorbeeld voor tijdvakken van vijf jaar, de transporten, de aanzanding, de daaruit volgende transporten, enz. berekend worden.



**SITUATIEPLAN EINDSITUATIE BOCHTAFSNIJDING EN NOORDELIJK BEKKEN**



DIEPTELIJNEN

- 0
- 2
- 5
- 8m onder GLLWS

RECHTHOEKIGE COORDINATEN TOV. AMERSFOORT  
PELLINGEN 1970 - 1971



VERBAND TUSSEN BEMONSTERINGSTRANSPORT(S) EN  
GEM. STROOMSNELHEID IN DE VERTICALEAL( $\bar{v}$ ).

TOELICHTING

$\mu$  = rekenk. gem. v.d. bij de verschillen-  
de stroomsnelheidsklassen behoren-  
de bemonsteringstransporten

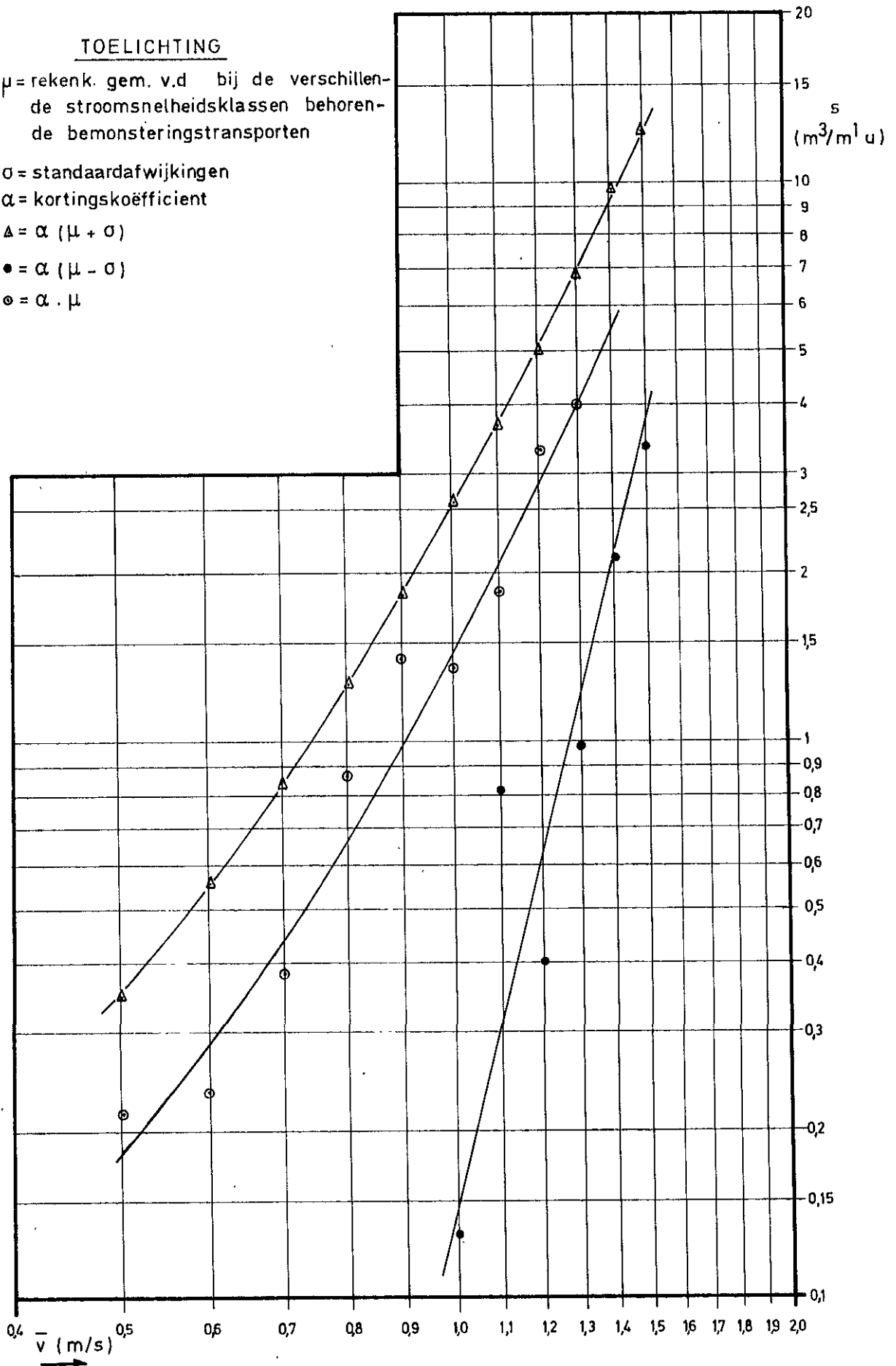
$\sigma$  = standaardafwijkingen

$\alpha$  = kortingscoëfficiënt

$\Delta = \alpha (\mu + \sigma)$

$\bullet = \alpha (\mu - \sigma)$

$\circ = \alpha \cdot \mu$



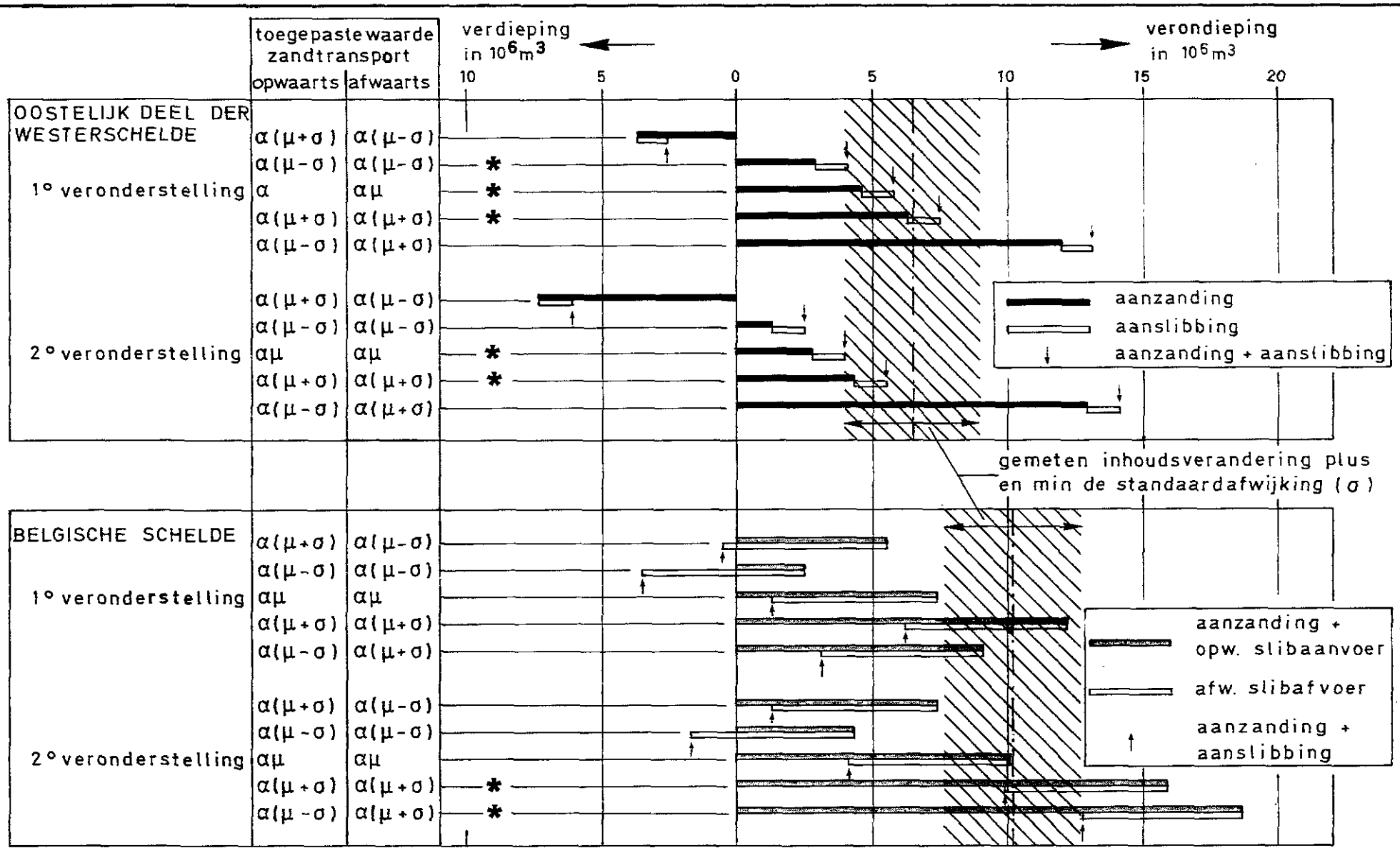
1e veronderstelling : de wijziging van het zandtransport is geleidelijk  
gebeurd over de periode 1963-1971.

Aanzanding/verdieping in  $10^6 \text{ m}^3$ .

	'63-'64	'64-'65	'65-'66	'66-'67	'67-'68	'68-'69	'69-'70	'70-'71	'63-'71	gem.jaarl.
<b>Perkp. - Waarde</b>										
$\alpha(\mu-\sigma)$	0,513a	<u>0,863a</u>	1,213a	1,562a	1,912a	2,261a	<u>2,611a</u>	2,961a	13,896a	1,737a
$\alpha\mu$	0,431a	<u>0,625a</u>	0,819a	1,013a	1,206a	1,400a	<u>1,594a</u>	1,788a	8,876a	1,110a
$\alpha(\mu+\sigma)$	0,348a	<u>0,386a</u>	0,424a	0,462a	0,500a	0,538a	<u>0,576a</u>	0,614a	3,848a	0,481a
<b>Ned. - Belg. grens</b>										
$\alpha(\mu-\sigma)$	1,884v	<u>1,615v</u>	1,347v	1,078v	0,810v	0,541v	0,273v	<u>0,004v</u>	7,552v	0,944v
$\alpha\mu$	1,220v	<u>1,025v</u>	0,830v	0,634v	0,439v	0,244v	0,048v	<u>0,147a</u>	<u>4,293v</u>	0,537v
$\alpha(\mu+\sigma)$	0,562v	<u>0,435v</u>	0,308v	0,181v	0,055v	0,072a	0,199a	<u>0,326a</u>	0,944v	0,118v
<b>Totaal</b>										
$\alpha(\mu-\sigma)$	1,371v	0,752v	0,134v	0,484a	1,102a	1,720a	2,338a	2,957a	6,344a	0,793a
$\alpha\mu$	0,789v	0,400v	0,011v	0,379a	0,767a	1,156a	1,546a	1,935a	<u>4,583a</u>	0,573a
$\alpha(\mu+\sigma)$	0,214v	0,049v	0,116a	0,281a	0,445a	0,610a	0,775a	0,940a	2,904a	0,363a

2e veronderstelling : de wijziging van het zandtransport is plots gebeurd door  
menselijk ingrijpen (afwaarts 1966, opwaarts 1970).

<b>Perkp. - Waarde</b>										
$\alpha(\mu-\sigma)$	<u>0,863a</u>	0,863a	0,863a	<u>2,611a</u>	2,611a	2,611a	2,611a	2,611a	15,644a	1,956a
$\alpha\mu$	<u>0,625a</u>	0,625a	0,625a	<u>1,594a</u>	1,594a	1,594a	1,594a	1,594a	9,845a	1,231a
$\alpha(\mu+\sigma)$	<u>0,386a</u>	0,386a	0,386a	<u>0,576a</u>	0,576a	0,576a	0,576a	0,576a	4,038a	0,505a
<b>Ned. - Belg. grens</b>										
$\alpha(\mu-\sigma)$	<u>1,615v</u>	1,615v	1,615v	1,615v	1,615v	1,615v	1,615v	<u>0,004v</u>	11,309v	1,414v
$\alpha\mu$	<u>1,025v</u>	1,025v	1,025v	1,025v	1,025v	1,025v	1,025v	<u>0,147a</u>	<u>7,028v</u>	0,879v
$\alpha(\mu+\sigma)$	<u>0,435v</u>	0,435v	0,435v	0,435v	0,435v	0,435v	0,435v	<u>0,326a</u>	2,719v	0,340v
<b>Totaal</b>										
$\alpha(\mu-\sigma)$	0,752v	0,752v	0,752v	0,996a	0,996a	0,996a	0,996a	2,607a	4,335a	0,542a
$\alpha\mu$	0,400v	0,400v	0,400v	0,569a	0,569a	0,569a	0,569a	1,741a	<u>2,817a</u>	0,352a
$\alpha(\mu+\sigma)$	0,049v	0,049v	0,049v	0,141a	0,141a	0,141a	0,141a	0,902a	1,319a	0,165a



\* overeenkomst tussen inhoudsverandering en transporten

Opmerking: Uitgaande van de berekende transporten en inhoudsveranderingen is de juistheid van de 2° veronderstelling en het verband  $\alpha(\mu + \sigma)$  voor het zandtransport het meest waarschijnlijk.

tabel 1 Zandtransport in  $m^3$ /getij volgens het verband  $\alpha\mu - \bar{v}$ 

meting	ZUIDERGAT			SCHAAR V. WAARDE			GEHELE RAAI		
	eb	vloed	result- terend	eb	vloed	result- terend	eb	vloed	result- terend
21-5-70	3670	2360	1310 eb	2050	5630	3580 vl	5720	7990	2270 vl
$T_o$ (opp. +vert. met.)	7965	2205	5760 eb	3145	5150	2005 vl	11110	7355	3755 eb
$T_o$ (opp. met.)	5450	1190	4260 eb	2380	4410	2030 vl	7830	5600	2230 eb
$T_{40}$	6860	1900	4960 eb	2280	4550	2270 vl	9140	6450	2690 eb

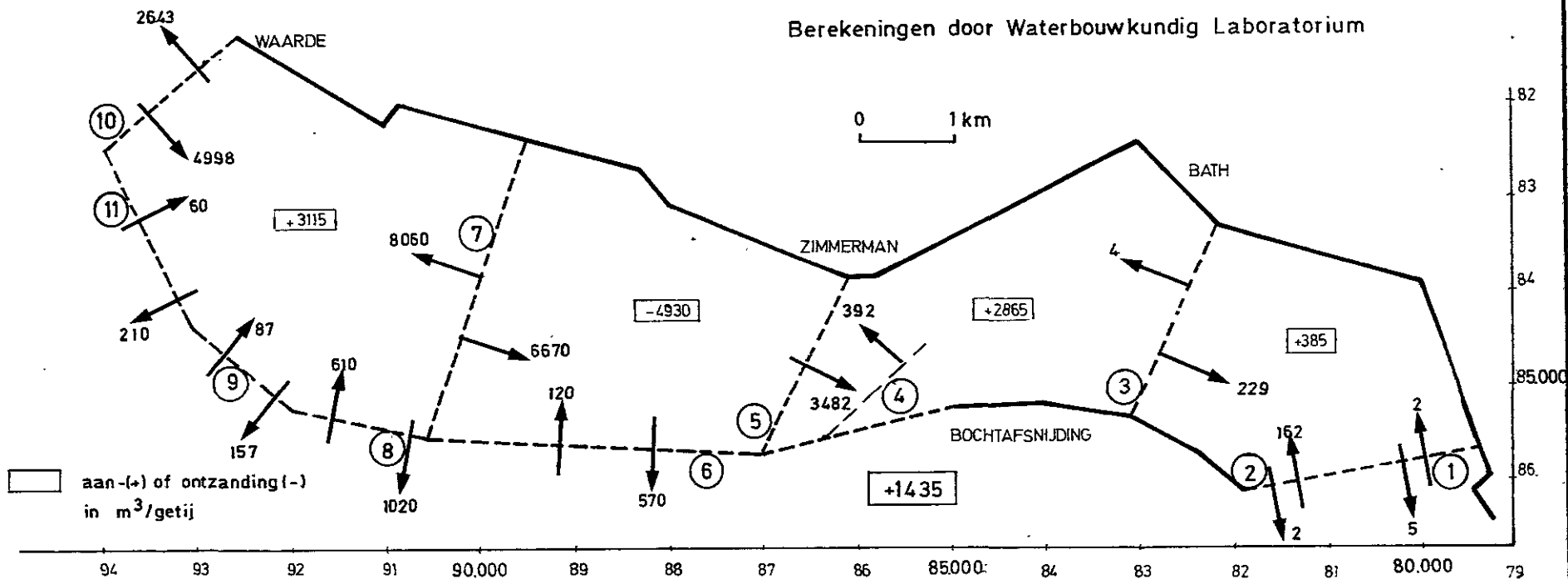
 tabel 2 Zandtransport in  $m^3$ /getij volgens het verband  $\alpha\mu - \bar{v}$ 

meting	VAARWATER BOVEN BATH			BALLASTPLAAT			GEHELE RAAI		
	eb	vloed	result- terend	eb	vloed	result- terend	eb	vloed	result- terend
31-3-71	1875	1795	80 eb	130	-	130 eb	2005	1795	210 eb
$T_o$	1385	1140	245 eb	65	220	155 vl	1450	1360	90 eb
$T_{40}$	1600	1940	340 vl	-	-	-	1600	1940	340 vl

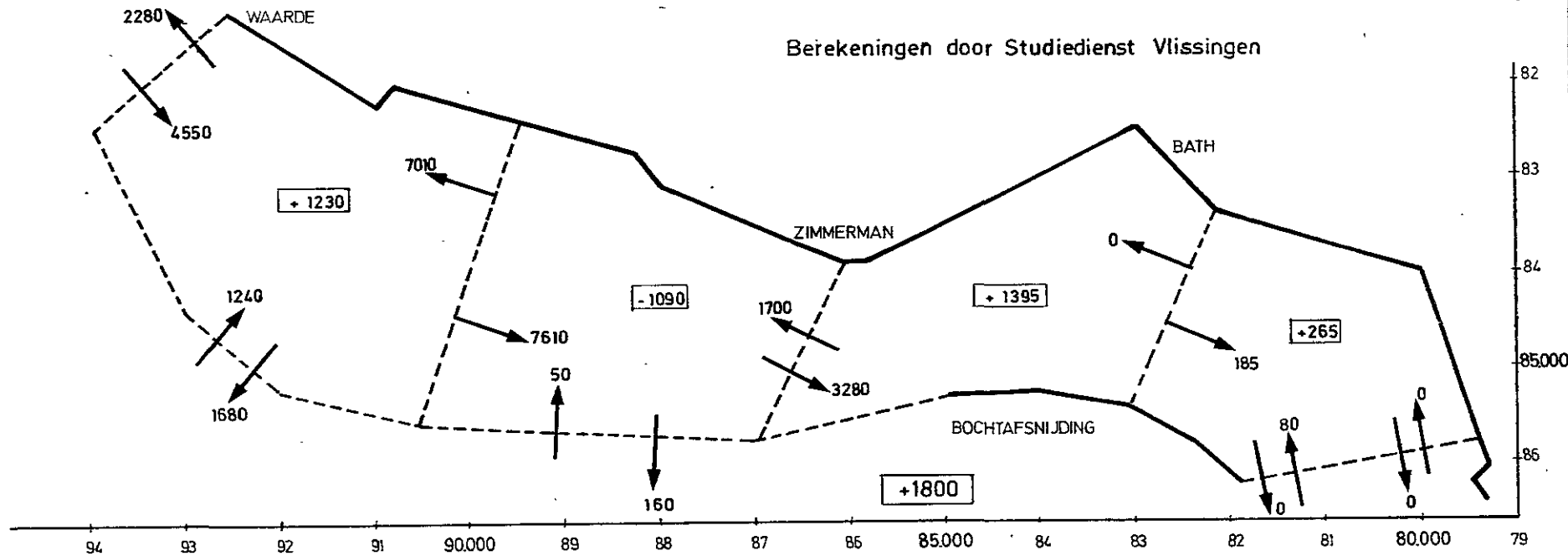
tabel 3

	ZANDTRANSPORT + TRANSPORTRICHTING $m^3$ /getij		VERDIEPING/ AANZANDING ( $m^3$ /getij)	VERDIEPING AANZANDING ( $10^6 m^3/j$ )
	Perkp./Waarde	Bath		
'70 en '71	2270 vl	210 eb	2480 aanz.	1,74 aanz.
$T_o$ (opp. +vert. met.)	3755 eb	90 eb	3665 verd.	2,57 verd.
$T_o$ (opp. met.)	2230 eb	90 eb	2140 verd.	1,50 verd.
$T_{40}$	2690 eb	340 vl	3030 verd.	2,12 verd.

Berekeningen door Waterbouwkundig Laboratorium



Berekeningen door Studiedienst Vlissingen

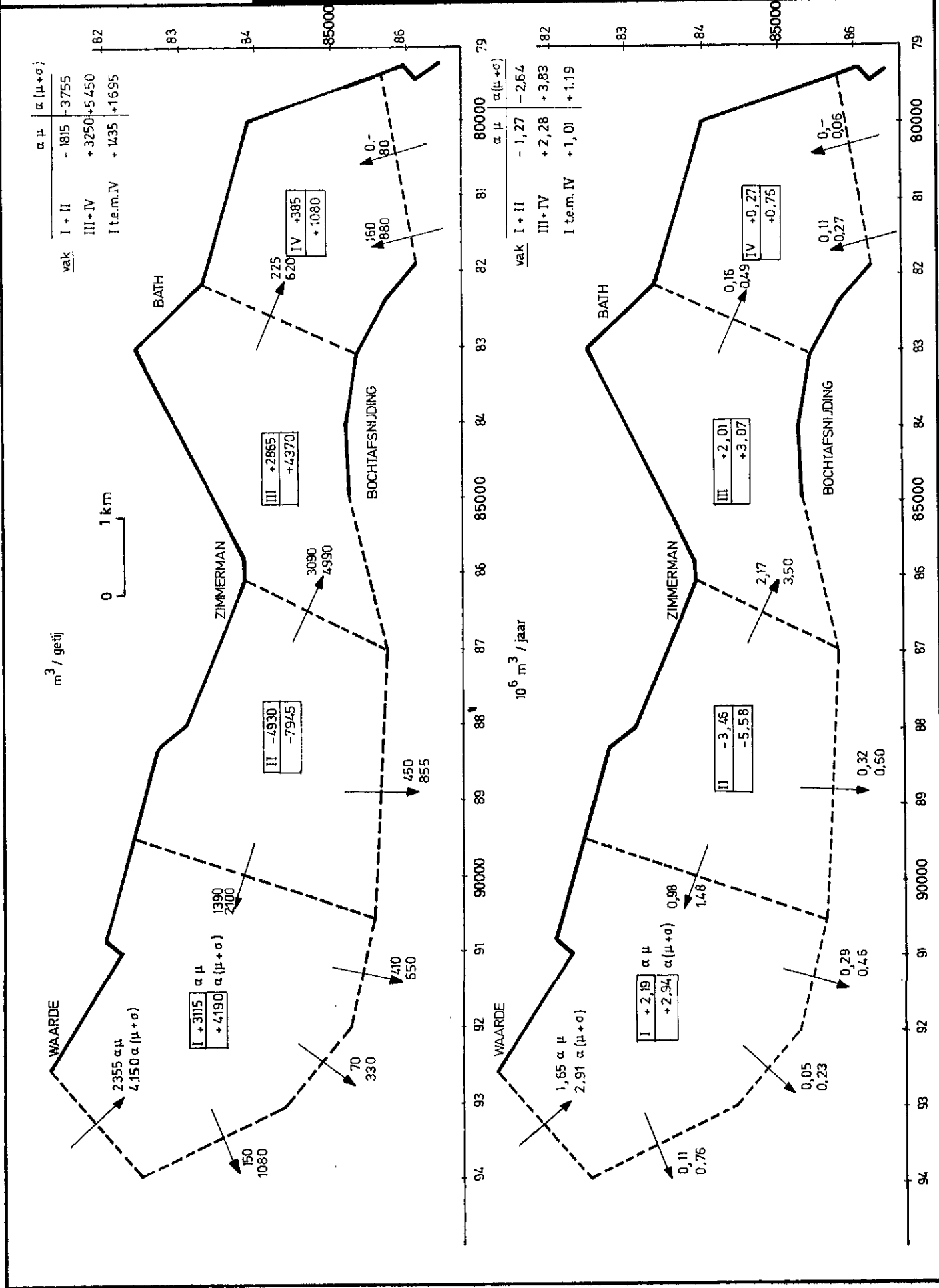


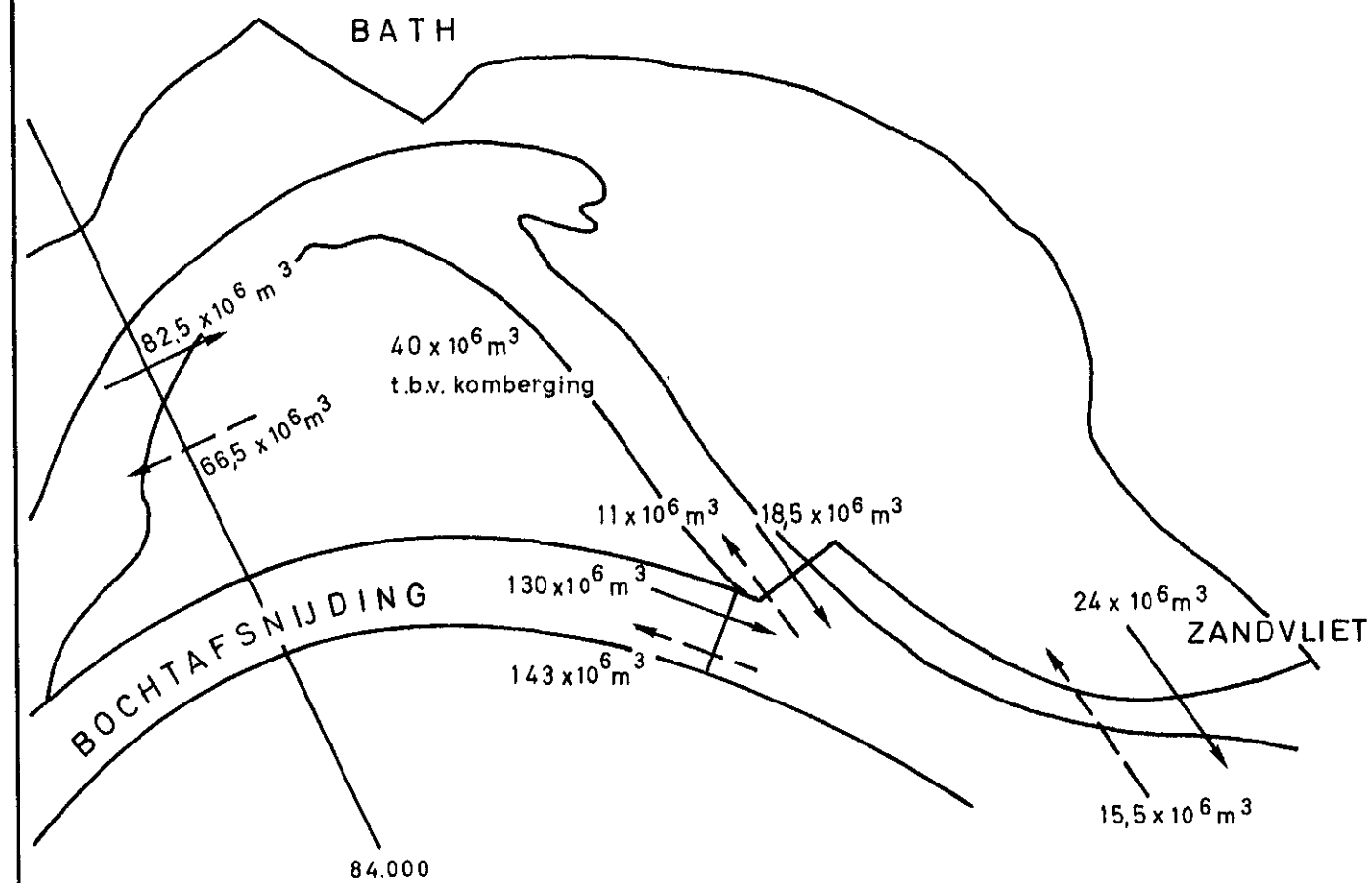
Rechtehoekige coördina-  
ten tov. Amersfoort

ZANDTRANSPORT DOORHEEN DE RAIEN IN  
m<sup>3</sup>/getij VOLGENS HET S-V VERBAND α μ

Rechthoekige coördina-  
ten t.o.v. Amersfoort

RESULTERENDE ZANDTRANSPORTEN, AAN-(+) EN ONTZANDINGEN(-)  
VOLGENS HET S- $\bar{v}$  VERBAND  $\alpha \mu$  en  $\alpha (\mu + \sigma)$



OOSTELIJK DEEL VAN HET NOORDELIJK BEKKEN  
EB - EN VLOEDVERMOGENS



GESEDIMENTEERD DEEL VAN HET SLIB  $P_s$   
ALS FUNCTIE VAN DE VERBLIJFSDUUR