

# Werkdocument

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee / RIKZ (voorheen Dienst Getijdewateren)

Aan

de Ruig (project Troebel), projectgroep OOSTWEST, werkgroep OOSTWEST-slib.

Van

J. Vroon

Datum

1-3-'94

Nummer

RIKZ/AB 94.820x

Onderwerp

Op zoek naar een referentie voor de troebelheid van het Schelde-estuarium.

Doorkiesnummer

01180-72232

Bijlage(n)

Project

OOSTWEST

## 1. Vraagstelling.

Binnen het project Watersysteemverkenningen (WSV) is o.a. de doelvariabele doorzicht (m) gekozen om het watersysteem te karakteriseren. Verwante grootheden zijn slib-, zwevend stofgehalte (mg/l) en troebelheid (deeltjes per m<sup>3</sup>). In opdracht van WSV wordt in het project Troebel voor de verschillende Nederlandse watersystemen toestands-, referentie- en doelvariabelen geformuleerd die de troebelheid van het water op een juiste manier definiëren.

De studie naar de troebelheid in het Schelde-estuarium, waar dit een aanzet toe is, is ook van belang voor het project OOSTWEST. Binnen dit project worden "referentiebeelden voor het Schelde-estuarium" en "streefbeelden vaarwegfunctie/natuurfunctie" opgesteld. Om deze beelden zo goed mogelijk te kwantificeren is meer inzicht nodig in de grootte doorzicht en de gevoeligheid van het systeem voor deze grootte. Dit laatste aspect is ook van belang in verband met een mogelijke verhoging van de troebelheid als gevolg van de komende vaarwegverdieping. Door de directie Zeeland is in verband hiermee opdracht gegeven aan het CEMO om met ecosysteemmodel MOSES te komen tot een inschatting van de effecten die kunnen optreden in het ecosysteem ten gevolge van de verdiepingswerkzaamheden.

Vestiging Middelburg

Postbus 8039, 4330 EA Middelburg

Bezoekadres Grenadierweg 31

Telefoon 01180-72200

Telefax 01180-16500

## 2. Probleemanalyse.

Doorzicht is een belangrijke ecologische parameter. Zo is voor het Schelde-estuarium doorzicht de limiterende factor voor de primaire productie (artikel Kromkamp et. al., 1993) en wordt het verdwijnen van oogjagers (vissen en vogels) vaak in verband gebracht met een verminderd zicht.

Troebelheid van het water beperkt het doorzicht. Voor het schetsen van een toekomstvisie is het daarom van belang te weten of de troebelheid door menselijk handelen hoger is dan onder natuurlijke omstandigheden. Het zoeken naar een referentie voor de troebelheid voor het Schelde-estuarium wordt bemoeilijkt door de van nature sterke variaties in zwevend stof -of slibconcentraties. Zo geeft de uitwerking van een meetset (van Maldegem en Storm, 1990) voor de Westerschelde een winter-gemiddelde slibconcentratie van 40 tot 90 mg/l en voor de zomer tussen de 15 tot 40 mg/l. De variaties worden veroorzaakt door hydrodynamische, chemische en biologische processen en (lokale) menselijke activiteiten als baggeren, storten en lozingen. E.e.a. is geïllustreerd in fig. 1.

## 3. Aanpak.

Er wordt vanuit gegaan dat de troebelheid wordt bepaald door de slibconcentratie in de waterfase.

Verder wordt aangenomen dat er een relatie bestaat tussen de slibconcentratie in de waterfase enerzijds en de aanvoer en afvoer van slib naar en uit het systeem, alsmede de "opslagcapaciteit" van het systeem anderzijds. In andere woorden : indien er significante veranderingen optreden in de aanvoer of afvoer van slib of in de "opslagcapaciteit" van het systeem, dan wordt aangenomen dat dit zich doorvertaalt in de slibconcentratie in de waterfase.

Het slib binnen het systeem ligt opgeslagen in de verschillende morfologische eenheden, zoals gedefinieerd in fig. 2 (van Maldegem, 1993). Het gaat hier vooral om de schorgebieden, waar permanente opslag van slib plaats vindt.

De analyse richt zich ten eerste op mogelijke veranderingen in de slibbalans : mogelijke veranderingen in de aanvoer van slib naar het systeem, de opslagcapaciteit binnen het systeem (areaal overstromingsgebieden) en de afvoer van slib het systeem uit. En ten tweede op mogelijke veranderingen in de processen die verantwoordelijk zijn voor het beschikbaar komen van slib (uitwisseling water-bodem).

De significantie van veranderingen wordt bepaald door deze af te zetten tegen de grootte van de totale inputterm in de huidige slibbalans. Momenteel loopt er in het kader van een afstudeeropdracht een studie waarbij rechtstreeks uit metingen wordt gezocht naar trendmatige veranderingen van slibconcentraties in de Westerschelde (zie bijlage 1).

#### 4. De slibbalans van het Schelde-estuarium.

##### 4.1 Opzet balans.

Een balans voor het Schelde-estuarium wordt in het algemeen opgesteld door uit te gaan van een input van fluviatiel slib aan de bovenstroomse zijde en vervolgens het systeem stroomafwaarts vakgewijs door te rekenen. Per vak wordt een verhouding tussen marien en fluviatiel slib op basis van metingen aangenomen, de berging in morfologische eenheden geschat en stortingen\onttrekkingen ingebracht. Sluitposten van deze balans vormen de import van marien slib en de export van fluviatiel slib over de rand van het geschematiseerde gebied aan de zeezijde.

##### 4.2 Orde van grootte balanstermen.

In figuur 3 is de slibbalans van het Schelde-estuarium gegeven (van Maldegem, 1993).

De balans is met veel onnauwkeurigheden omgeven. Door Ten Brinke is dit aangetoond door een slibbalans voor de Zeeschelde op te stellen op basis van beschikbare rapporten, fig. 4 (Holland volgens Ten Brinke, 1993).

Gevoelige termen in de balans zijn met name de input van fluviatiel slib, en de menging marien-fluviatiel slib. Door Claessens is de inputterm nauwkeuriger gekwantificeerd (Claessens, 1993); in het kader van OOSTWEST wordt nader onderzoek verricht naar de menging marien-fluviatiel slib, om ook deze term nauwkeuriger in te schatten.

Voor de hier te verrichten analyse wordt uitgegaan van de balans van van Maldegem, omdat de analyse kwalitatief van aard is en de balans van van Maldegem het hele estuarium bestrijkt en binnen de spreiding valt zoals aangegeven door Ten Brinke.

#### 5. Analyse opgetreden veranderingen.

##### 5.1 Veranderingen in de beschikbare hoeveelheid materiaal

###### 5.1.1 Slibbronnen.

Rivierzijde :input fluviatiel slib.

De belangrijkste manieren waarop slib in het watersysteem terecht komt zijn via huishoudelijk afvalwater, via industrieel afvalwater en via erosie van slibhoudende bodems. Orde van grootte van de totale input van fluviatiel slib is 300.000 ton/jaar. De verdeling is ongeveer als volgt (getallen D'Hondt en Jacques uit 1982 samengevat door Ten Brinke, 1993) : huishoudens 25 %, industrie 39 % en erosie 36 %.

Uit recent onderzoek is komen vast te staan dat de bijdrage van slib door erosie van landbouwgrond aanzienlijk hoger is (Ten Brinke refererend aan een Belgisch onderzoek).

Een trend van de inputterm is mij niet bekend, maar over lange tijd beschouwd, mag worden aangenomen dat de sliblast ten gevolge industriële en huishoudelijke lozingen is toegenomen. Mogelijk ook dat de erosie in het stroomgebied is toegenomen (artikel PT). Voor een meer betrouwbare schatting zou met name ook gekeken moeten worden naar veranderingen in het Scheldedebiet.

Zijdelingse input : lozingen.

Ook door zijdelings belasting zal in de laatste decennia de toevoer van zwevend materiaal zijn toegenomen. Schattingen over de zijdelingse belasting variëren sterk. Hier wordt uitgegaan van (op basis van conclusies Vereeke, 1993) :

|                                |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| Zijdelingse toevoer Zeeschelde | : ca. 40.000 ton/jr |
| Spuikanaal Bath                | : ca. 5000          |
| Kanaal Gent-Terneuzen          | : ca. 7000          |
| polderlozingen                 | : ca. 10.000        |
| neerslag                       | : ca. 8000          |
|                                | -----(+)            |
| totaal                         | : ca. 70.000 ton/jr |

Zeezijde : input marien slib.

De input van marien slib is alleen bekend als onderdeel in de sluitpost van de slibbalans. Eventuele bronnen voor de kust worden alleen impliciet meegenomen, door middel van de verhouding marien-fluviatiel slib. Er is echter wel een vermoedelijke bronterm: het zogenaamde mariene troebelheidsmaximum dat zich voor de kust oostelijk van Zeebrugge bevindt. Dit troebelheidsmaximum wordt gevoed met de stortingen van specie afkomstig uit de haven van Zeebrugge. Ten Brinke heeft getracht e.e.a. op basis van bestaande rapporten en gegevens te kwantificeren.

Hij komt tot de volgende getallen :

|                                   |                                           |
|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| hoeveelheid gestort slib          | : 12 milj. ton (werkjaar 1988-1989)       |
| stortefficiëntie                  | : 20-40 %.                                |
| invangpercentage troebelheidsmax. | : min. 85 % (op basis van tracermetingen) |

De "lek" bedraagt dus max. ca. 15 %, hetgeen neerkomt op ca. 1 milj. ton slib. Een deel van dit slib kan de Westerschelde in worden getransporteerd.

In het kader van de projecten OOSTWEST en SCHOON wordt nader onderzoek naar de problematiek verricht.

### 5.1.2. Berging van slib en onttrekking aan het systeem.

Natuurlijke berging binnen het systeem.

Door het verdwijnen van natuurlijke overstromingsgebieden ten gevolge van inpolderingen zijn natuurlijke bergingslokaties voor het grootste deel verdwenen. Nieuwe schorgebieden blijken niet te ontstaan en Saeftinge is al een eind "vol" (fig 5, OOSTWEST, 1993).

Op de ingepolderde gebieden is voor de inpoldering in de periode 1880-1950 ruim 100 miljoen m<sup>3</sup> materiaal gesedimenteerd, wat neerkomt op gemiddeld ca. 1,5 milj. m<sup>3</sup> per jaar. (OOSTWEST, 1993). Omgerekend betekent dat, uitgaande van een dichtheid van 750 kg/m<sup>3</sup>, ca. 1 milj. ton slib per jaar.

Overstromingsgebieden leveren dus een substantiële bijdrage aan de slibbalans.

Berging buiten het systeem : saneren.

België zal in een periode van drie jaar (looptijd WVO vergunning) ca. 1,3 miljoen ton verontreinigd slib aan de Zeeschelde onttrekken. Hoewel deze hoeveelheid op zich significant is, betreft het slechts een periode van drie jaren en is het de vraag of deze onttrekking structureel wordt. Met het belang van deze term moet daarom voorzichtig worden omgegaan.

### 5.2 Veranderingen in de relatie beschikbaar materiaal en de concentratie in de waterfase.

Er is opslag van materiaal in de bodem. De "opslagplaatsen" kunnen worden onderverdeeld op basis van morfologische kenmerken, zoals aangegeven in fig.2. Door fysische, chemische en biologische processen of door menselijk ingrijpen komt een deel van dit materiaal in de waterfase terecht, zie fig. 1. Deze processen zijn deels seizoensafhankelijk en variëren in de tijd. Deze variaties worden hier buiten beschouwing gelaten. Het gaat hier om significante veranderingen welke in de loop van de tijd zijn opgetreden. Wel moet worden gerealiseerd dat de fluctuaties, bijv door seizoensafhankelijke effecten, de mogelijke effecten ten gevolge van een trendmatige verandering sterk kunnen nuanceren.

Veranderingen in hydrodynamiek zijn ongetwijfeld opgetreden ten gevolge van ingrepen als verdieping van de vaargeul en inpoldering van buitendijkse gebieden.

Een van de opgetreden veranderingen in de hydrodynamiek welke doorwerkt op de slibhuishouding is een verandering in de getijasymmetrie. De getijasymmetrie is van invloed op de verblijftijd van het slib. Het bepalen van de verblijftijd van het slib is echter een moeilijk onderwerp (Ten Brinke stelt promotieonderzoek voor), zodat het aangeven van veranderingen in de verblijftijd ten gevolge van wijzigingen in de hydrodynamiek eveneens zeer lastig is. De mogelijke invloed van veran-

deringen in de hydrodynamiek op de slibconcentratie wordt hier daarom verder buiten beschouwing gelaten.

Ook de invloed van veranderingen in biologische processen, zoals primaire produktie en chemische processen worden buiten beschouwing gelaten.

Blijft over de menselijke factor, in dit geval het baggeren van de hoofdvaargeul, de toegangsgeulen naar havens en de havens zelf en het storten van de baggerspecie. Zo wordt in het oostelijk deel van de Westerschelde ten gevolge van het baggeren en storten een bodemoppervlakte van ruim 1000 ha. min of meer permanent in beweging gehouden (OOSTWEST, 1993). Dat is een derde deel van de totale oppervlakte onder GLW-niveau in dit deel van de Westerschelde.

Een schatting van de effecten op de slibconcentratie is gegeven door Storm en van Maldegem, 1990. Zij hebben de sliblast over de periode 1961 t/m 1988 per jaar uitgezet door de slibvolumes te berekenen, welke regelmatig en incidenteel vrijkomen bij het terugstorten van specie. Deze slibvolumes zijn vervolgens gedeeld door de volumeinhoud van het beschouwde gebied. De aldus berekende sliblast ligt voor de Westerschelde na 1970 rond de 1 à 3 kg/m<sup>3</sup>/jr. Uitgaande van een volume van 850 miljoen m<sup>3</sup> (van Maldegem, 1993, fig. 10) betekent dit 850.000 à 2 miljoen ton slib. Een andere benadering : de onderhoudsbaggerwerkzaamheden bedragen ca. 10 miljoen m<sup>3</sup>/jr. Bij een slibgehalte van 5% en een dichtheid gesteld op 750 kg/m<sup>3</sup> komt dit neer op ca. 375.000 ton/jaar. Het verschil in uitkomst kan worden verklaard uit het feit dat Storm en van Maldegem ook andere stortingen (havens, toegangsgeulen en incidentele), met veel hogere slibpercentages bij hun berekeningen hebben betrokken en mogelijk uit de gekozen dichtheid.

### 5.3 Overzicht veranderingen.

In tabel 1 is voorgaande samengevat. Behalve de recente saneringen werken alle ingrepen in dezelfde richting. De conclusie dat de slibconcentratie, en daarmee ook de troebelheid, in de loop der tijd is toegenomen lijkt gerechtvaardigd. Belangrijke onbekenden zijn de veranderingen in het Scheldedebiet en de waterbeweging (met als afgeleiden de import uit zee en de verblijftijd van slib).

## 6. Andere benaderingen.

### 6.1 Trends in zwevend stof.

Er zijn verschillende pogingen ondernomen trends in zwevend stof vanaf de 70-er jaren te onderkennen. De uitkomsten blijken zo verschillend (van Maldegem en Storm, 1990) dat de resultaten hier verder niet worden meegenomen.

Het lijkt verstandig eerst de resultaten van de afstudeeropdracht af te wachten, zie bijlage 1 en par. 3.

### 6.2 Trends in aanslibsnelheid van havens langs de Westerschelde.

De aanslibsnelheid van havens is recht evenredig met de concentratie van het slib in de waterfase. Veranderingen in de loop van de tijd in de hoeveelheden onderhoudsbaggerwerk in de havens langs de Westerschelde zouden dus kunnen duiden op een verandering van de slibconcentratie in de waterfase.

De veranderingen in baggerwerk zijn nader onderzocht; de resultaten staan in bijlage 2. Uit de bijlage blijkt dat de totale baggerhoeveelheid is gestegen in de periode 1965-1990. Deze toename is te verklaren uit de inspanningen in Sloe-, Braakman- en Terneuzenhaven. Worden deze buiten beschouwing gelaten dan verdwijnt de stijgende trend en slaat zelfs om in een licht dalende.

Uit de baggerhoeveelheden in de havens zijn geen significante trends (en in ieder geval geen stijging) voor de troebelheid af te leiden.

## 7. Conclusies.

- inpolderingen en het baggeren en storten hebben een significante invloed op het slibaanbod. Voor een referentie dient daarom te worden teruggegaan naar de periode voor de grootschalige menselijke ingrepen. Bepalend hierbij is het tijdstip dat begonnen is met het inpolderen van overstromingsgebieden.

- door het baggeren en storten, de speciéstortingen voor de Belgische kust, de inpolderingen en in mindere mate de toename van erosie, huishoudelijke en industriële activiteiten is het slibaanbod in de waterfase toegenomen. Alleen de sanering van de Zeeschelde leidt tot een vermindering. Dit wijst erop dat de slibconcentratie in de waterfase, en daarmee de troebelheid, kan zijn toegenomen. Belangrijke onbekenden zijn de veranderingen in het Scheldebiet en de waterbeweging (met als afgeleiden de import uit zee en de verblijftijd van slib).

- Een toename van de troebelheid is niet terug te vinden uit metingen. Mogelijk dat de lengte van de meetreeks en de natuurlijke variatie hier debet aan is. De studie naar trendmatige veranderingen van gemeten slibconcentraties kan mogelijk meer duidelijkheid bieden.

- ook uit het verloop in de baggerhoeveelheden in de havens zijn geen significante trends te halen.

- Een benadering van de andere kant lijkt ook zeer zinvol : hoe gevoelig reageert het systeem op veranderingen in troebelheid. Bij een zeer robuust systeem is een analyse van de veranderingen in troebelheid minder relevant.

Interessant is in dit kader het onderzoek dat wordt uitgevoerd door het CEMO.



## Literatuur.

1. Het Schelde-estuarium, méér dan een vaarweg.  
Pilotstudie OOSTWEST, nota GWWS-91.081
2. Het Schelde-estuarium, beheren of beheersen.  
Actuele beleids- en beheersrelevante inzichten betreffende de  
fysische structuur uit het project OOSTWEST, april 1993.  
Concept-rapport.
3. Projectplan OOSTWEST, fase 1993-1994.  
Werkdocument GWWS-93.813x.
4. Ten Brinke, 1992. Rapport R 92-10 (RUU-IMAU) \ GWA0-92.864x (RWS-  
DGW). Slib in het estuarium van de Schelde : Paden en lotge-  
vallen (2 delen).
5. Kromkamp et. al, 1993. Light, nutrient and phytoplankton primary  
production in the eutrophic, turbid Westerschelde estuary.
7. Van Maldegem, 1993. De slibbalans van het Schelde-estuarium.  
SAWES nota 91.08. Nota GWA0-91.081.
8. Van Maldegem en Storm, 1990. Verloop slibconcentratie Schelde  
langs het Schelde-estuarium in relatie tot de baggerwerken.  
Notitie OW-90.064/NWL-90.53.
9. J. Claessens, 1993. Beneden Zeeschelde, slibbalans 1992. Nr.  
AZ/93.3. Antwerpse Zeehavendienst.
10. Vereeke, 1993. Zijdelingse belasting Zeeschelde. Memo tbv OOST-  
WEST.



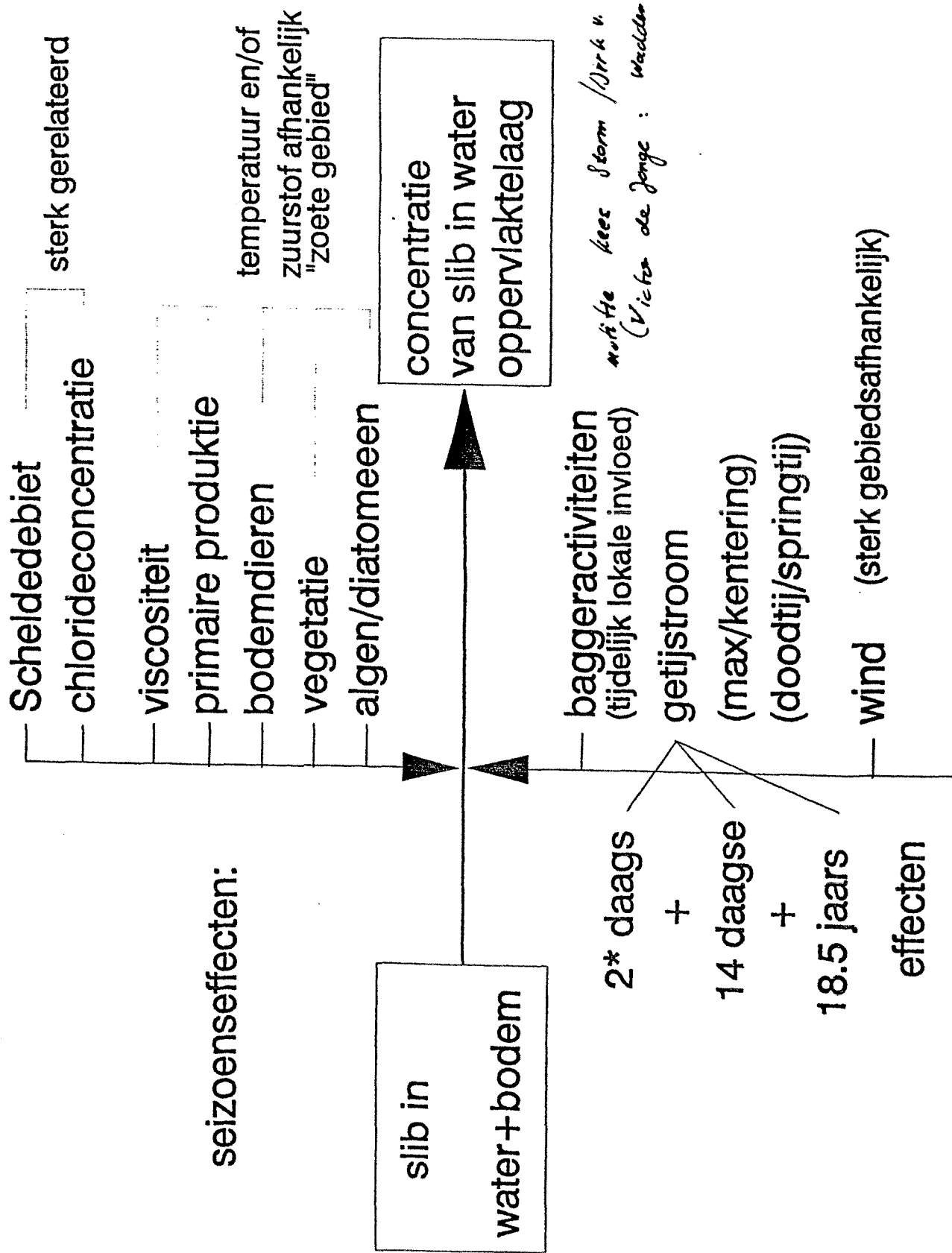
| SLIBTERM                   | BEPALENDE FACTOREN                                           | VERANDERINGEN                                                                  | EFFECT<br>TROEBEL-<br>HEID | SIGNIFI-<br>CANTIE 1)                            | SIGNIFI-<br>CANTIE<br>TOEKOMST 2) |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|
| B<br>A<br>L<br>A<br>N<br>S | FLUVIATIEL DEBIET<br>X<br>CONCENTRATIE                       | ?<br>HUISHOUDENS<br>INDUSTRIE<br>EROSIETOENAME(?)                              | ?<br>↑<br>↑<br>↑(?)        |                                                  |                                   |
|                            | ZIJDELINGSE<br>LOZINGEN                                      | HUISHOUDENS<br>INDUSTRIE<br>EROSIETOENAME                                      | ↑<br>↑<br>↑(?)             | $\frac{2 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^5} = 0,4$        | (0)                               |
|                            | MARIEN BESCHIKBAARHEID<br>SLIBKUSTGEBIED<br>+<br>RESTSTROMEN | SPECIESTOR-<br>TINGEN<br>BELGISCHE KUST<br>?                                   | ↑<br><br>?                 | $\frac{10^6}{5 \cdot 10^5} = 2$                  | (0)                               |
|                            | BERGING IN<br>SYSTEEM                                        | INPOLDERINGEN<br>VAN NATUURLIJKE<br>BERGINGSGEBIEDEN                           | ↑                          | $\frac{10^6}{5 \cdot 10^5} = 2$                  | ↑<br>(ONTPOLDEREN)                |
|                            | AFVOER UIT<br>SYSTEEM                                        | HYDRODYNAMIEK<br>MENSELIJK<br>INGRIJPEN                                        | ?<br>↑                     | $\frac{5 \cdot 10^5}{5 \cdot 10^5} = 1$          | ↑<br>(TIJDELIJK)                  |
| P<br>R<br>O<br>C<br>E<br>S | UITWISSELING<br>WATER-BODEM                                  | FYSISCHE,<br>CHEMISCHE<br>BIOLOGISCHE<br>PROCESSEN<br>MENSELIJK IN-<br>GRIJPEN | ?<br>↑                     | $\frac{5 \cdot 10^5 - 10^6}{5 \cdot 10^5} = 1-2$ | ↑<br>(VERDIEPING)                 |

1) significantie =  $\frac{\text{orde van grootte verandering per jaar}}{\text{orde van grootte totale input per jaar}}$

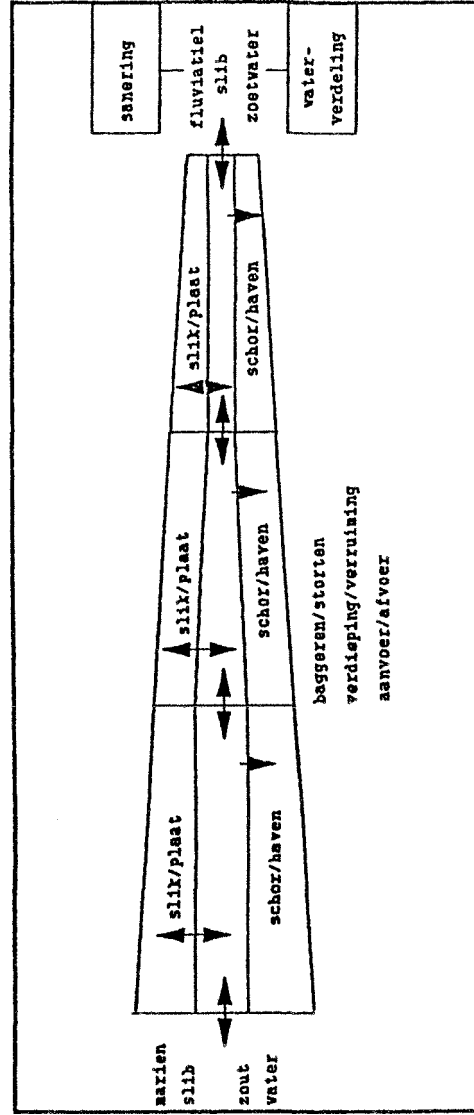
2) significantie toekomst: 0 = gelijk  
↑ = belangrijker  
↓ = minder belangrijk

Met orde van grootte totale input =  $0,5 \cdot 10^6$  ton slib

Fracties, die kleinste

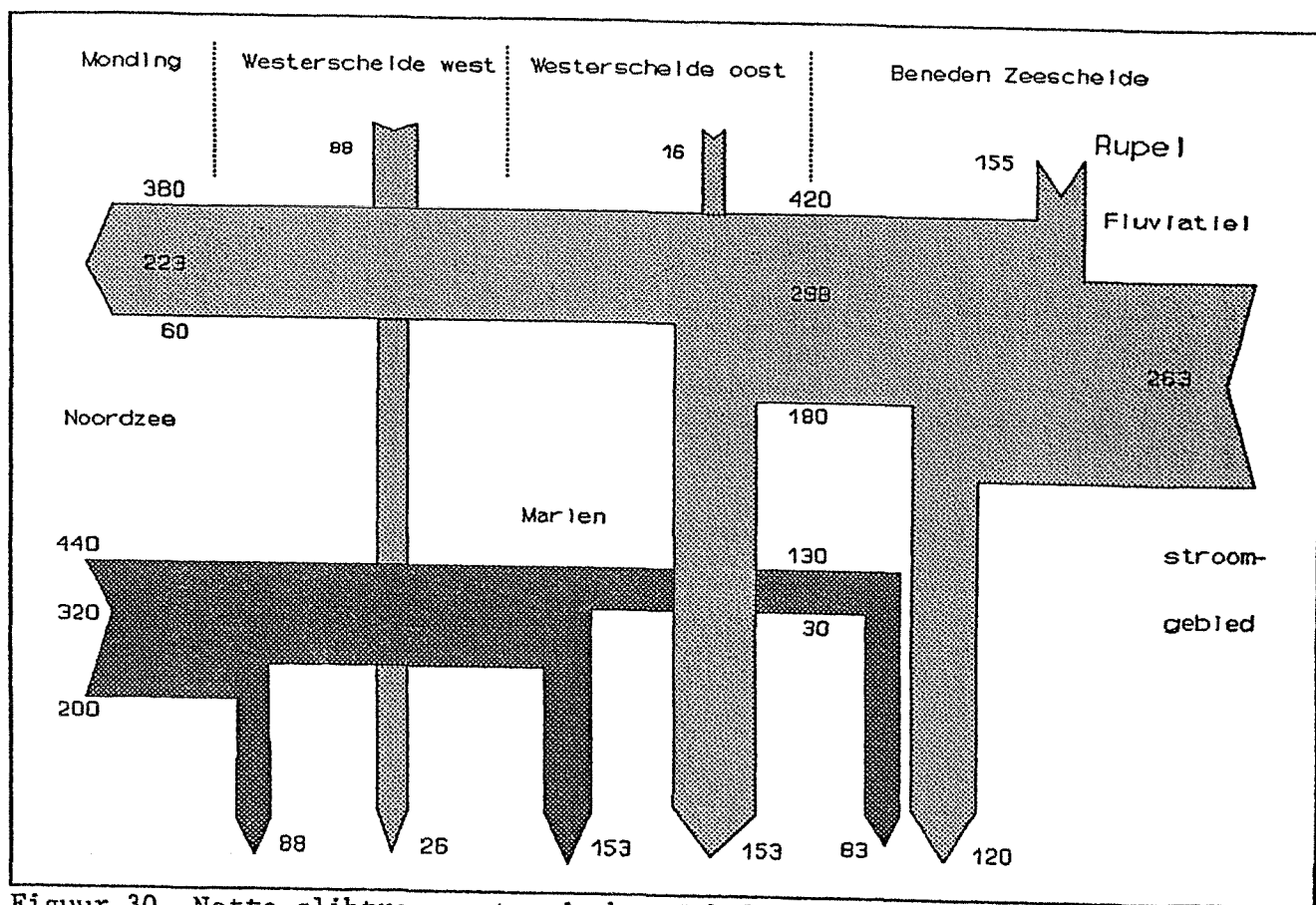


— Lia 1 — (van Nallegem).



figuur 9 Uitwisseling tussen de morfologische eenheden

fig. 2 (van Poldgen, 1993).



Figuur 30. Netto slibtransporten in het Schelde-estuarium [ $10^3$  t/jr.]

Fig 3 (v. Haldegen, 1993)

slibbalans in 1000t/jr (naar Ten Brinke)  
grenzen scenario 13

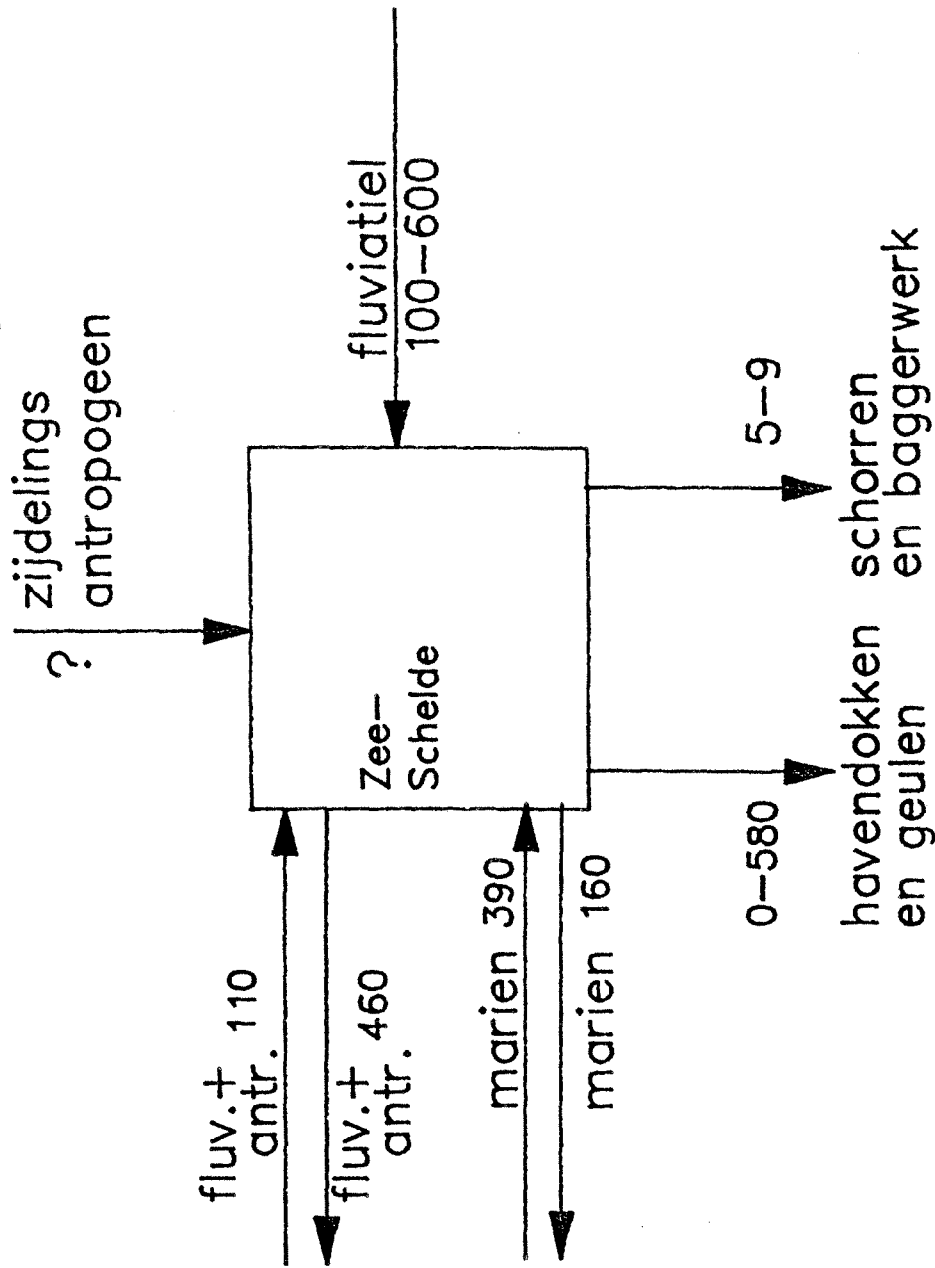


Fig. 4

**BIJLAGE 1**





GECOMBINEERDE STAGE/DOKTORAALOPDRACHT BIJ RIJKSWATERSTAAT

|                |                                                                                       |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Naam student   | Sandra Konings                                                                        |
| Vakgroep       | Systeem- en Besturingstheorie                                                         |
| Studieadviseur | Prof. A. Bagchi                                                                       |
| Titel          | Onderzoek naar trendmatige veranderingen<br>van slibconcentraties in de Westerschelde |
| Begeleiders    | B. de Jong, A. Bagchi (UT)<br>A. Heemink, A. Langerak en D. van Maldegem (RWS).       |

---

Kenmerk: TW93/SB/140/ml

OMSCHRIJVING

Reeds gedurende  $\pm 20$  jaar worden op diverse plaatsen in de Westerschelde 1 à 2 maal per week watermonsters genomen om het slibgehalte, het chloridegehalte en de temperatuur te meten. Dit om eventuele trendveranderingen t.g.v. menselijk ingrijpen (baggeren, storten, etc.) op te sporen.

Continue metingen, d.w.z. om de tien minuten, hebben echter een sterke afhankelijkheid van het slibgehalte van de getijfase aangetoond. Bovendien treden gedurende springtij en doottij extra veranderingen op. Behalve het getij zijn ook seizoensinvloeden waarneembaar. In de winter is de afvoer van de Schelde in de regel groter dan in de zomer. Derhalve zal een trendmatige verandering slechts aantoonbaar zijn wanneer deze getij- en seizoensinvloeden worden geëlimineerd. Continue metingen over een doottij-springtij fase van 14 dagen zijn beschikbaar. Globaal gesproken herhaalt een dergelijke cyclus zich.

De opdracht kan in enkele fasen worden onderverdeeld. In de eerste fase zal op min of meer experimentele wijze, gesteund door bevindingen uit de literatuur, een (niet-lineair) verband tussen de stroomsnelheden ten gevolge van het getij en de slibconcentraties moeten worden opgesteld. Deze relatie zal in sterke mate afhankelijk zijn van de locale geometrie ter plaatse van de meting. Verder zal de ebstroom een ander verband laten zien als de vloedstroom. Gedacht kan worden aan het ontwerpen van een (extended) Kalman filter om de parameters in deze relaties te identificeren. De data (slibgehalte, temperatuur, chloridegehalte, debiet) nodig voor een dergelijk onderzoek zijn in files beschikbaar. De stroomsnelheden in het Westerschelde gebied kunnen m.b.v. de bij Rijkswaterstaat beschikbare programmatuur worden berekend.

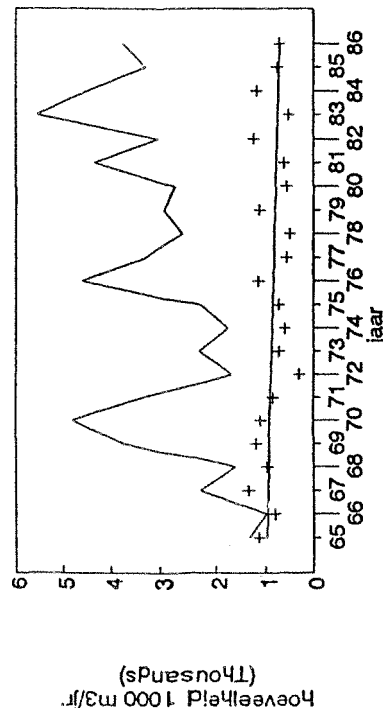
In de tweede fase zal geprobeerd moeten worden de seizoensinvloeden te elimineren. Zowel wat betreft de getij-invloeden als de seizoensinvloeden zal rekening moeten worden gehouden met fluctuaties ten gevolge van wisselende meteorologische omstandigheden.

**BIJLAGE 2**

ONDERHOUDSBAGGERWERK HAVENS (rijk + havenschappen) VOOR DE PERIODE 1965--1990.  
 Beuenvolumi 1000 m3  
 Bron: Van Dam/Quarel  
 {let op: het initieel baggerwerk is (soms) ook meegerekend}

| JAAR              | HAVENS (van west naar oost) |         |          |          |         |        |         |         |         |         | Hans-bi | Hans-bu | Kruis-vee | Perk-vee | Walsoo |
|-------------------|-----------------------------|---------|----------|----------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|----------|--------|
|                   | Bres-ve                     | Bres-ha | Vlis-koo | Vlis-bui | Vli-sbe | Braakm | Tem-was | Tem-kan | Tem-vee | Tem-zav | Tem-oos | Hoender |           |          |        |
| 65                | 297                         | 145     | 0        | 684      | 0       | 0      | 126     | 27      | 41      | 0       | 0       | 0       | 0         | 0        | 0      |
| 66                | 348                         | 149     | 6        | 0        | 0       | 0      | 125     | 0       | 51      | 0       | 0       | 43      | 0         | 109      | 0      |
| 67                | 277                         | 203     | 2        | 543      | 804     | 0      | 130     | 0       | 42      | 0       | 0       | 66      | 0         | 48       | 0      |
| 68                | 371                         | 170     | 0        | 0        | 407     | 0      | 70      | 0       | 58      | 74      | 0       | 55      | 0         | 223      | 9      |
| 69                | 279                         | 70      | 0        | 557      | 2453    | 0      | 0       | 0       | 27      | 0       | 65      | 41      | 0         | 150      | 0      |
| 70                | 372                         | 121     | 0        | 109      | 3037    | 0      | 576     | 0       | 28      | 0       | 66      | 76      | 0         | 233      | 14     |
| 71                | 0                           | 85      | 0        | 570      | 1808    | 0      | 546     | 146     | 22      | 0       | 0       | 51      | 0         | 89       | 21     |
| 72                | 0                           | 45      | 0        | 0        | 1017    | 0      | 280     | 0       | 0       | 0       | 67      | 0       | 0         | 82       | 9      |
| 73                | 156                         | 121     | 0        | 179      | 1141    | 0      | 299     | 69      | 25      | 0       | 65      | 0       | 0         | 133      | 12     |
| 74                | 148                         | 48      | 0        | 392      | 709     | 0      | 375     | 0       | 13      | 0       | 56      | 0       | 0         | 0        | 8      |
| 75                | 323                         | 120     | 0        | 0        | 1034    | 0      | 496     | 1       | 33      | 0       | 18      | 0       | 0         | 190      | 11     |
| 76                | 243                         | 98      | 0        | 638      | 944     | 1825   | 449     | 90      | 42      | 0       | 119     | 0       | 0         | 137      | 1      |
| 77                | 299                         | 70      | 0        | 0        | 634     | 1662   | 317     | 0       | 47      | 26      | 72      | 0       | 0         | 0        | 7      |
| 78                | 202                         | 60      | 0        | 0        | 1085    | 0      | 434     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         | 117      | 0      |
| 79                | 329                         | 144     | 0        | 542      | 825     | 513    | 325     | 0       | 55      | 0       | 93      | 0       | 0         | 70       | 12     |
| 80                | 304                         | 69      | 0        | 0        | 800     | 900    | 378     | 0       | 32      | 0       | 75      | 0       | 0         | 102      | 11     |
| 81                | 278                         | 148     | 0        | 170      | 1727    | 1537   | 406     | 0       | 53      | 0       | 105     | 0       | 0         | 0        | 5      |
| 82                | 431                         | 64      | 0        | 315      | 478     | 831    | 408     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         | 164      | 0      |
| 83                | 387                         | 120     | 0        | 0        | 3296    | 1438   | 324     | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0         | 0        | 8      |
| 84                | 326                         | 102     | 0        | 439      | 940     | 1788   | 483     | 0       | 57      | 0       | 57      | 0       | 0         | 155      | 0      |
| 85                | 465                         | 0       | 5        | 0        | 695     | 1328   | 447     | 0       | 39      | 0       | 39      | 0       | 0         | 150      | 4      |
| 86                | 292                         | 189     | 6        | 229      | 1651    | 867    | 420     | 0       | 33      | 0       | 77      | 0       | 0         | 0        | 2      |
| 87                | 373                         | 105     | 0        | 0        | 0       | 0      | 344     | 0       | 51      | 0       | 84      | 0       | 0         | 110      | 3      |
| 88                |                             |         |          |          |         |        |         |         |         |         |         |         |           |          |        |
| 89                |                             |         |          |          |         |        |         |         |         |         |         |         |           |          |        |
| 90                |                             |         |          |          |         |        |         |         |         |         |         |         |           |          |        |
| gemiddeld         | 281                         | 104     | 15       | 244      | 1123    | 1103   | 329     | 12      | ERR     | 4       | 110     | 15      | 66        | 97       | 6      |
| standaardafw      | 115                         | 49      | 2        | 249      | 866     | 553    | 151     | 36      | 19      | 15      | 39      | 25      | 75        | 72       | 9      |
| vak 14 359        |                             |         |          |          |         |        |         |         |         |         |         |         |           |          |        |
| vak gemiddeld vak |                             |         |          |          |         |        |         |         |         |         |         |         |           |          |        |
| standaardafw vak  |                             |         |          |          |         |        |         |         |         |         |         |         |           |          |        |

Baggeren havens Westerschelde vanaf 1965



— totaal + oude havens — trend oude havens

Opmerkingen:  
 1. Onbekend is of het silberc. is veranderd  
 2. Voor aanpassingen van kleine havens is niet gecorrigeerd  
 3. Onduidelijk is of 16 jarige cyclus invloed heeft

Lineaire regressieberekening  
 Regression Output:  
 Constant 1766  
 Std Err of Y Est 287  
 R Squared 0.07  
 No. of Observations 22  
 Degrees of Freedom 20  
 X Coefficient(s) -12  
 Std Err of Coef. 10  
 trend oude havens [%/jr]  
 (zonder Sloehaven, Braakman en Temeuzen)

# Baggeren havens Westerschelde vanaf 1965

