

**MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP  
DEPARTEMENT LEEFMILIEU EN INFRASTRUCTUUR  
ADMINISTRATIE WATERWEGEN EN ZEEWEZEN  
AFDELING MARITIEME SCHELDE**

26349

---

**BEPALING VAN DE HOEVEELHEID SLIB IN DE  
BENEDEN-ZEESCHELDE**

---

**Frederic Francken, Stanislas Wartel & Reg Parker**



Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen  
Beheer van het Mariene Ecosysteem  
Sedimentologie  
Vautierstraat 29, 1000 Brussel  
juni 2000

**MINISTERIE VAN DE VLAAMSE GEMEENSCHAP  
DEPARTEMENT LEEFMILIEU EN INFRASTRUCTUUR  
ADMINISTRATIE WATERWEGEN EN ZEEWEZEN  
AFDELING MARITIEME SCHELDE**

---

**BEPALING VAN DE HOEVEELHEID SLIB IN DE  
BENEDEN-ZEESCHELDE**

---

**Frederic Francken, Stanislas Wartel & Reg Parker**



Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen  
Beheer van het Mariene Ecosysteem  
Sedimentologie  
Vautierstraat 29, 1000 Brussel  
juni 2000

## INHOUD

<i>Inhoud</i> .....	<i>i</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>ii</i>
<b>The amount of mud present in the Schelde estuary between Antwerp and the Dutch-Belgian border</b> .....	<b>ii</b>
<b><i>Methode I: Bepaling van de hoeveelheid slib in de Beneden-Zeeschelde volgens de methode zoals gebruikt door Bastin (1993)</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
<b>1. Het gebied</b> .....	<b>1</b>
<b>2. De gegevens - Methodiek</b> .....	<b>1</b>
2.1 Bijkomende gegevens.....	3
<b>3. Meting der oppervlakten</b> .....	<b>3</b>
<b>4. Slibcoëfficiënten</b> .....	<b>4</b>
4.1. Slib.....	4
4.2. Zandhoudend slib.....	4
4.3. Slibhoudend zand.....	4
4.4. Zand.....	5
4.5. Slikken .....	5
<b>5. Slibvolumes</b> .....	<b>5</b>
<b>6. Slibmassa</b> .....	<b>6</b>
<b>7. Vergelijking 1964 – 1986 – 1999</b> .....	<b>7</b>
<b>8. Slibmassa 1999</b> .....	<b>10</b>
<b><i>Methode II: Bepaling van de hoeveelheid slib steunend op lithoprobe en gammadensitometrie (1999)</i></b> .....	<b><i>13</i></b>
<b>9. Berekeningsmethode II</b> .....	<b>13</b>
9.1 De slibcoëfficiënten.....	13
9.1.1 Slib .....	14
9.1.2 Zandhoudend slib .....	14
9.1.3 Slibhoudend zand .....	16
9.1.4 Zand.....	16
9.1.5 Harde bodem .....	16
9.2 Slibvolumes.....	17
9.3 Slibmassa .....	17
<b>10. Slibvolume en -massa 1999 – Berekeningsmethode II</b> .....	<b>18</b>
<b>11. Referenties</b> .....	<b>21</b>
<b><i>Bijlagen</i></b> .....	<b><i>22-34</i></b>

## ABSTRACT

### The amount of mud present in the Schelde estuary between Antwerp and the Dutch-Belgian border

Frederic FRANCKEN<sup>1</sup>, Stanislas WARTEL<sup>2</sup> & Reg PARKER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>francken@kbinirsnb.be – <sup>2</sup>wartel@kbinirsnb.be – <sup>3</sup>reg@blackdown.demon.co.uk

The study area is situated between a cross-section positioned near Galgenweel (upstream of Antwerpen) and the Dutch-Belgian border. Previous determinations of the amount of mud were carried out in the same area (Bastin, 1993). The total quantity of mud was determined on the basis of data provided by the lithological map of the area of interest (Wartel *et al.*, 2000). The data was collected by means of an acoustic survey which classified the sediments into five groups (mud, sandy mud, muddy sand, sand and hard bottom). For each bottom type a mud coefficient was determined, representing the percentage of mud present.

In a first approach the sediment types were extrapolated to a depth of –1 m, using a mean sediment density of 1.3 tons/m<sup>3</sup> in the access channels to the different locks of the Antwerp harbour and 1.45 tons/m<sup>3</sup> in the main gully of the Schelde. At that time, reliable measurements of the upper bottom layer were not available. The second approach, which took the accurately measured thickness of the erosion sensitive layer for each sediment type into account, used specific densities for each sediment. The first approach yielded a total amount of 11.240.376 m<sup>3</sup> of wet mud, representing a total amount of 7.572.585 tons of dry mud. The second calculation method produced a total amount of 5.245.756 tons of dry mud.

The difference between the two approaches is that in the first approach the bottom sediment was assumed to be uniform over a thickness of one meter and to have an even sensitivity to erosion. The second approach, on the contrary, is based on a reliable measurement of the properties of the erosion sensitive layer, which thickness' appeared to be variable and less than one meter.

# METHODE I: BEPALING VAN DE HOEVEELHEID SLIB IN DE BENEDEN-ZEESCHELDE VOLGENS DE METHODE ZOALS GEBRUIKT DOOR BASTIN (1993)

## 1. Het gebied

Het gebied waarop de berekening en opvolging van het slibvolume werd uitgevoerd ligt tussen een dwarssectie ter hoogte van het Galgenweel en de Belgisch-Nederlandse grens. De keuze van dit gebied stemt overeen met de Beneden-Zeeschelde en berust op het feit dat de vorige bepalingen van het slibvolume op bodemkaarten van hetzelfde gebied (Bastin 1974, 1988) betrekking hadden, zodat een onderlinge vergelijking mogelijk is.

## 2. De gegevens - Methodiek

De slibhoeveelheid in deze sectie werd bepaald aan de hand van de bodemkaart van de Beneden-Zeeschelde van 1999 (Wartel *et al.*, 2000). Deze hoge-resolutie kaart werd opgesteld gebruik makend van “remote sensing” technieken. Bij deze akoestische metingen wordt het signaal van de echosounder via een reeks algoritmen omgevormd tot drie beschrijvende parameters of Q-waarden (Collins & Lacroix, 1997). Deze Q-waarden zijn een maat voor de vorm van specifieke energiepieken in het echogram. Signalen van een zelfde bodemtype zullen Q-waarden opleveren die een cluster vormen in een 3-dimensionale projectie van deze parameters. Via het nemen van bodemstalen werden deze clusters gecorreleerd met een bepaald bodemtype. De lithologische kaart van de Beneden-Zeeschelde van 1999 geeft de gedetailleerde bodemsamenstelling weer, onderverdeeld in 5 types, namelijk: slib, zandhoudend slib, slibhoudend zand, zand en harde bodem (zie bijlage I). De kaart werd digitaal samengesteld, zodat de gegevens voor latere verwerking of vergelijking gemakkelijk toegankelijk blijven.

De bodemkaarten van 1964-1965 en 1986-1987 werden enigszins anders opgesteld, namelijk door het detecteren van de natuurlijke straling, afkomstig van de bodemsedimenten, met behulp van een onderwatersonde met ingebouwde gammastralendetector. Hierbij gebeurde de classificatie in vier bodemtypes (zand, zand met slib, los slib en vastere klei) op basis van enkele veronderstellingen aangaande de concentratie van de natuurlijke radioactieve isotopen Kalium-40, Thorium-232 en Uranium-238 (Bastin, 1993). De eerste veronderstelling is dat kleirijke sedimenten relatief meer van deze natuurlijke isotopen bevatten dan zandrijke sedimenten. De tweede veronderstelling is dat de meetsonde, die over de bodem gesleept wordt, dieper zal wegzakken in slib dan in zand, waardoor de geometrie van de meetopstelling verandert en een hogere activiteit gemeten wordt. Bij gebruik van deze methode dient echter opgemerkt te worden dat niet alleen klei een verhoogd gehalte aan natuurlijke radio-isotopen bevat. Glauconietrijk zand, dat vooral in de omgeving van de Rede van Antwerpen tot 80% van het sediment kan uitmaken, is zeer rijk aan kalium-40. Daarbij komt dat in het gebied tussen Lillo en Zandvliet een zekere hoeveelheid uranium-238 en dochterisotoop radium-226 in het sediment aangetroffen wordt, zodat ook daar het slibhoudend zand verkeerdelijk als slib gekarteerd kan worden. Bovendien zijn de veronderstellingen waarop deze methode berust, noch het resultaat van een kritische observatie, noch van enig andere vorm van onderzoek en dienen bijgevolg nog bewezen te worden. Waarnemingen met ondermeer de "lithoprobe" geven te kennen dat ook in slibhoudend zand en in zandhoudend slib de in 1964-1965 en 1986-1987 gebruikte meetsonde een zekere indringing zal vertonen. Tezamen met de geringe densiteit van deze sedimenten wordt ook de veronderstelling van de meetgeometrie van de sonde gerelativeerd.

Gecombineerd met een goed uitgewerkt meetnet en zorgvuldig gekozen kalibratiemonsters is de methode van de akoestische karakterisering van de bodemsedimenten veruit te verkiezen boven die van de meting van de natuurlijke radio-isotopen.

## 2.1 Bijkomende gegevens

De "lithoprobe" is een *in situ* sonde, ontworpen om bodemsedimenten, doorheen de welke de sonde passeert, te karakteriseren. Ze wordt gebruikt op dezelfde manier als een boortoestel, maar er wordt geen staal genomen. Het instrument detecteert de sedimenten *in situ*, waardoor het vergaren van data voor kalibratiedoeleinden van geofysische sensoren gevoelig versneld wordt en een serie bodemstaalnames geoptimaliseerd kan worden. De sonde wordt met een penetratiesnelheid van om en bij de 0.2 m/s in de bodem geduwd door middel van gewichten. Afhankelijk van de bodemeigenschappen en het gebruikte gewicht is het mogelijk de sonde tot 5 m diep in de bodem te laten penetreren. De sensoren in de sonde kunnen discrimineren tussen slib, silt en zand, en laagdikten groter dan 5 cm detecteren. De bewegingen van de sonde worden opgevolgd met een druksensor, een altimeter en een clinometer om de positie-diepte en helling van de meetsonde nauwkeurig te bepalen. De data worden weggeschreven met behulp van een analoge of van een hoge-snelheids-digitale-datalogger. Het instrument, dat voor het opstellen van de bodemkaart van 1999 werd gebruikt, is op deze wijze in staat de dikte van de sedimentpakketten binnenin de erosiegevoelige laag op te meten.

## 3. Meting der oppervlakten

Om de evolutie van het slibvolume meer in detail te kunnen bekijken werd de sectie onderverdeeld in 22 vakken. Deze onderverdeling is dezelfde als deze gebruikt door Bastin (1993), nl. elk vak is ongeveer één kilometer in langsrichting. Uitzonderingen vormen het vak 2, dat ongeveer 2 kilometer lang is, en het vak 13, dat een hoeksegment is tussen de vakken 12 en 14. Sinds het opstellen van de lithologische kaart van 1986-1987 is het oppervlak van vak 21 vergroot door het aanleggen van de Berendrechtsluis. Een overzicht van de vakken is gegeven op kaart 1, bijlage 1.

Het meten van de oppervlakten gebeurt aan de hand van de lithologische kaart, die opgesteld werd door interpolatie van de meetgegevens tot 0 m GLLWS.



## 4. Slibcoëfficiënten

In de verschillende bodemsedimenten (zand, slibhoudend zand, zandhoudend slib en slib) is telkens in variabele hoeveelheden slib aanwezig. Per bodemtype dient daarom een slibcoëfficiënt, die aangeeft welk aandeel slib de specifieke bodemtype bezit, bepaald te worden.

### 4.1. Slib

Slib, dat op de kaarten blauw werd ingekleurd, heeft als coëfficiënt 100%. Dit pure slib treffen we hoofdzakelijk in de toegangseulen tot de sluizen aan. Het omvat alle detritische materiaal, kleiner dan 63  $\mu\text{m}$ , met daarbij het kalk en het organisch materiaal.

### 4.2. Zandhoudend slib

Het zandhoudende slib stemt overeen met het bodemtype “slib” op de kaarten van 1964-1967 en 1986-1987 en bevat voor 69% slib. Wartel (1974) toonde al aan dat het slib op de kaarten van Bastin ruimer dient geïnterpreteerd te worden dan het begrip slib op zich doet vermoeden. De zandhoudende slibbodems in de Beneden-Zeeschelde bevatten voor 69% slib. Deze coëfficiënt is verkregen door het gemiddelde slibgehalte te berekenen van de overeenkomstige zandhoudend slib-bodemmonsters. Het zandhoudend slib is lichtblauw ingekleurd op de bodemkaart van 1999.

### 4.3. Slibhoudend zand

Dit bodemtype stemt overeen met het bodemtype “zand met sliblaag” van de vorige bodemkaarten en wordt groen ingekleurd op de bodemkaart van 1999. Op basis van het gemiddeld slibgehalte in de overeenstemmende bodemmonsters werd de slibcoëfficiënt voor slibhoudend zand op 36% gesteld.

#### 4.4. Zand

Zand dat op de bodemkaart geel is ingekleurd, bevat volgens de methode gebruikt in 1993 een hoeveelheid van 6% slib (Bastin, 1993).

#### 4.5. Slikken

Hiervoor werden de coëfficiënten en oppervlakten van 1964-1967 en 1986-1987 gebruikt. Er werd voor de slikken van een onveranderde toestand uitgegaan.

### 5. Slibvolumes

Hoewel de bodemkaart van de Beneden-Zeeschelde de samenstelling van de bodemsedimenten in de toplaag van de bodem weergeeft, is voor de berekening van de slibvolumes in 1993 een extrapolatie tot 1 meter diepte doorgevoerd. Dit is over het algemeen een dikkere laag dan de laag die in aanmerking komt voor erosie, wat in 1999 gebleken is uit de metingen met de "lithoprobe" (zie bijlage IV, tabel 7). Om een vergelijking met de vorige berekeningen van de slibvolumes mogelijk te maken, is echter beslist geworden om – voor berekeningsmethode I – de extrapolatie tot 1 meter diepte te behouden. Ook voor het slib in de toegangseuilen tot de sluizen werd de berekeningswijze van Bastin (1993) overgenomen. De redenering is namelijk dat de toegangseuilen meer slib dan de bovenste meter herbergen, meer bepaald de volledige laag tussen de aanlegdiepte en de onderhoudsdiepte. Dit verschil in aanleg- en onderhoudsdiepte geeft een sliblaag die in aanmerking komt voor volledige herwerking in het systeem. Voor de Royers-, Van Cauwelaert-, en Boudewijnsluis bedraagt dit 1 meter, voor de Zandvliet- en Berendrechtsluis is dit 1.5 meter en voor de Kallosluis is dit maar liefst 6.5 meter.

Het slibvolume wordt berekend door het oppervlak per bodemtype te vermenigvuldigen met de slibcoëfficiënt en een diepte van 1 m. De oppervlakte van de bodemtypes (bijlage II, tabel 1 – 6) en de slibvolumes (bijlage III, tabel 8 – 14) zijn per vak weergegeven in de bijlagen.

## 6. Slibmassa

Tijdens slibaggerwerken met de "Scoop-dredger" BRABO in de toegangseul tot de Kallosluis wordt regelmatig de slibdensiteit bepaald. Ook tijdens de recente campagne van 26 en 27 oktober 1998 werd de *in situ* densiteit van boormonsters bepaald (Anonymus, 1998). Hieruit blijkt dat de densiteit snel toeneemt van  $\pm 1.20 \text{ T/m}^3$  aan de bodem, naar  $1.27 \text{ T/m}^3$  op een diepte van 1 meter, om dan geleidelijk toe te nemen tot  $1.35 \text{ T/m}^3$  op een diepte van 5 m. Dit resulteert in een gemiddelde densiteit van  $1.31 \text{ T/m}^3$  over het ganse pakket, een waarde die zich tussen de resultaten van vorige, gelijkaardige campagnes situeert, namelijk 1.29 in 1996, 1.33 in 1994 en 1.30 in 1993. De densiteit van  $1.3 \text{ T/m}^3$ , zoals gebruikt bij de vorige slibkubatuur, lijkt dan ook een verantwoorde waarde om de slibmassa in de toegangseulen tot de sluizen te berekenen.

Voor de rivierbodem werd een gemiddelde waarde van  $1.45 \text{ T/m}^3$  gehanteerd. Deze waarde werd overgenomen uit de berekening van het slibvolume van 1993 (Bastin, 1993) en is de gemiddelde densiteit van de verschillende sedimenttypes die de Scheldebodem samenstellen.

De slibmassa kan dan als volgt berekend worden:

$$\text{slibmassa} = \frac{V_{\text{slib}} \cdot (\rho_{\text{slib}} - 1) \rho_{\text{sed}}}{\rho_{\text{sed}} - 1}$$

met  $V_{\text{slib}}$  het slibvolume in  $\text{m}^3$ ,  $\rho_{\text{slib}}$  de densiteit van slib ( $1.3 \text{ T/m}^3$ ) en  $\rho_{\text{sed}}$  de densiteit van de sedimentpartikels ( $2.6 \text{ T/m}^3$ ).

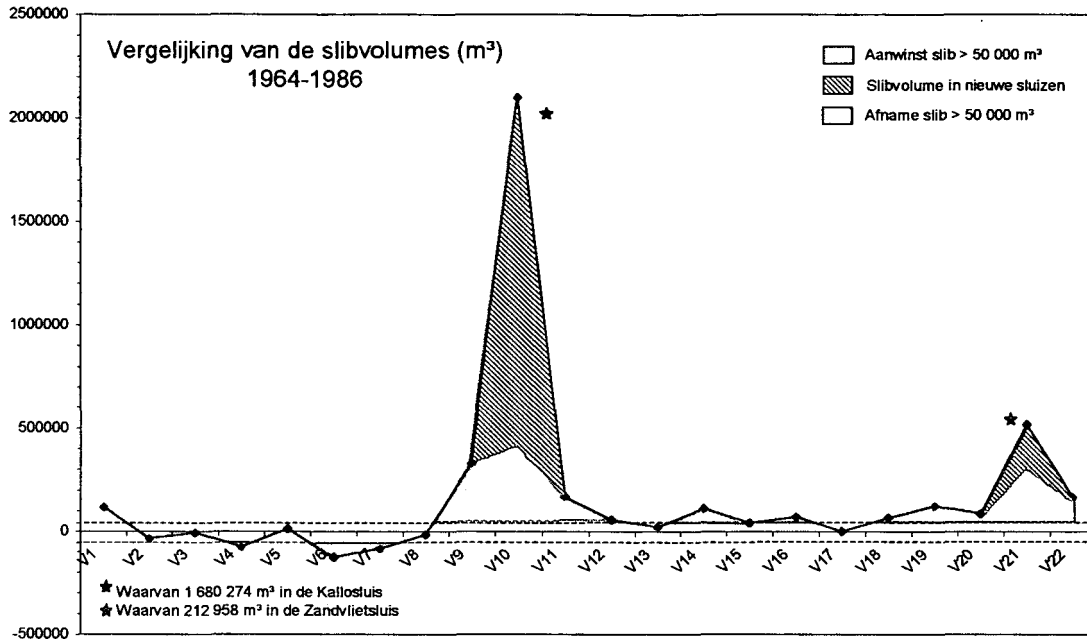
De slibmassa wordt per bodemtype en per vak opgesomd in bijlage VI, tabel 21-27.

## 7. Vergelijking 1964 – 1986 – 1999

### (Berekeningsmethode I, zoals gebruikt door Bastin, 1993)

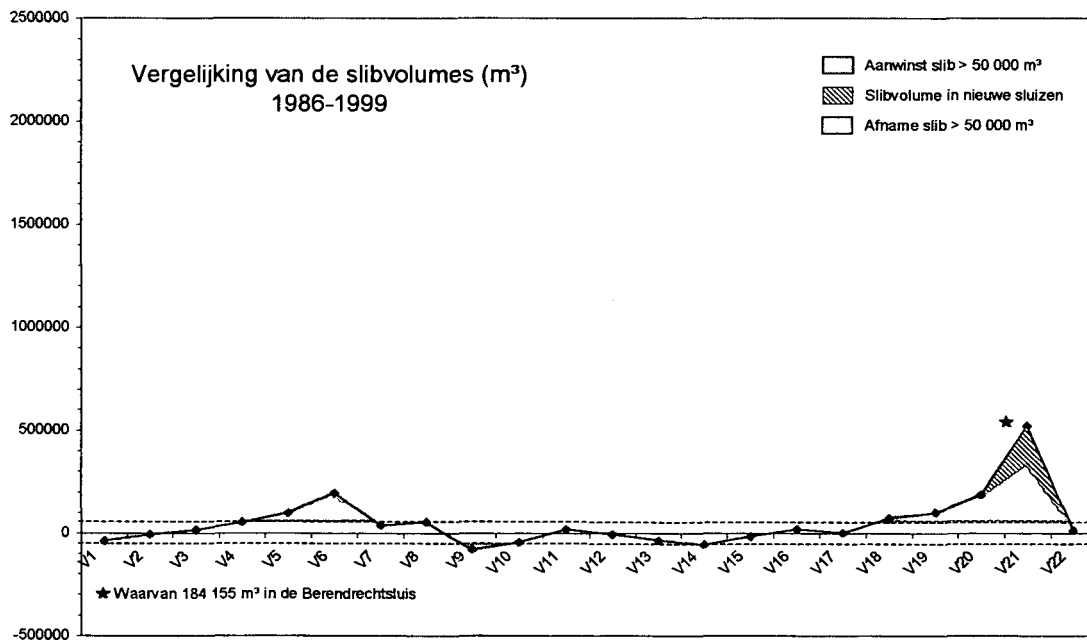
De vergelijking met de slibhoeveelheden van de vorige bodemkaarten staat opgesomd in tabel 15-20, bijlage V. Voor 1999 is de totale bestudeerde oppervlakte 21.749.363 m<sup>2</sup>, inclusief slikken en toegangseulen tot de sluizen. Omgerekend naar slibvolume geeft dit 11.240.000 m<sup>3</sup> slib, waarvan 2.654.000 m<sup>3</sup> of ±24% in de toegangseulen tot de sluizen en 8.586.000 m<sup>3</sup> of ±76% in de rivier. De volgende figuren (figuur 1 en 2) geven de tendensen weer tussen respectievelijk 1964-1986 en 1986-1999. Het valt op dat bij de vergelijking van de slibvolumes tussen 1964 en 1986 de grootste aanwinst in slib zich situeert in het gebied rond de Kallosluis en het gebied rond de Zandvlietsluis. Deze twee sluizen werden in die tussentijdse periode aangelegd en trokken blijkbaar een grote hoeveelheid slib aan. De toegangseulen, die dieper en breder zijn dan vroeger, zijn aangelegd vanuit de vaargeul in de rivier en slibben samen met de toegangseul tussen de betonnen kades preferentieel aan. Zelfs zonder de komberging van de toegangseulen tot de nieuwe sluizen zelf (1.680.000 m<sup>3</sup> slib in de Kallosluis en 213.000 m<sup>3</sup> in de Zandvlietsluis) is er een significante stijging van het slibvolume waarneembaar. Een lichte afname (meer dan 50.000 m<sup>3</sup>) werd waargenomen in de vakken 4, 6 en 7.

De vergelijking tussen 1986 en 1999 levert een totaal ander beeld op. De sterke aangroei in de rivier rond de Kallosluis bestaat niet meer. Er is nu een afname van meer dan 50.000 m<sup>3</sup> in vak 9. De accumulatie van slib is nu stroomopwaarts geschoven en concentreert zich in de vakken 4, 5 en 6 telkens met meer dan 50.000 m<sup>3</sup>. Stroomafwaarts is er nog steeds een toename van de hoeveelheid slib vanaf vak 18, met een uitgesproken toename rond de Zandvliet- en Berendrechtsluis. Deze laatste is alleen al verantwoordelijk voor een toename van 184.000 m<sup>3</sup> door berging in de toegangseul die in de tussentijdse periode werd verbreed voor de bouw van de tweede sluis.



Figuur 1: Vergelijking van de slibvolumes tussen 1964 en 1986 (berekeningsmethode I). Gegevens van Bastin (1993).

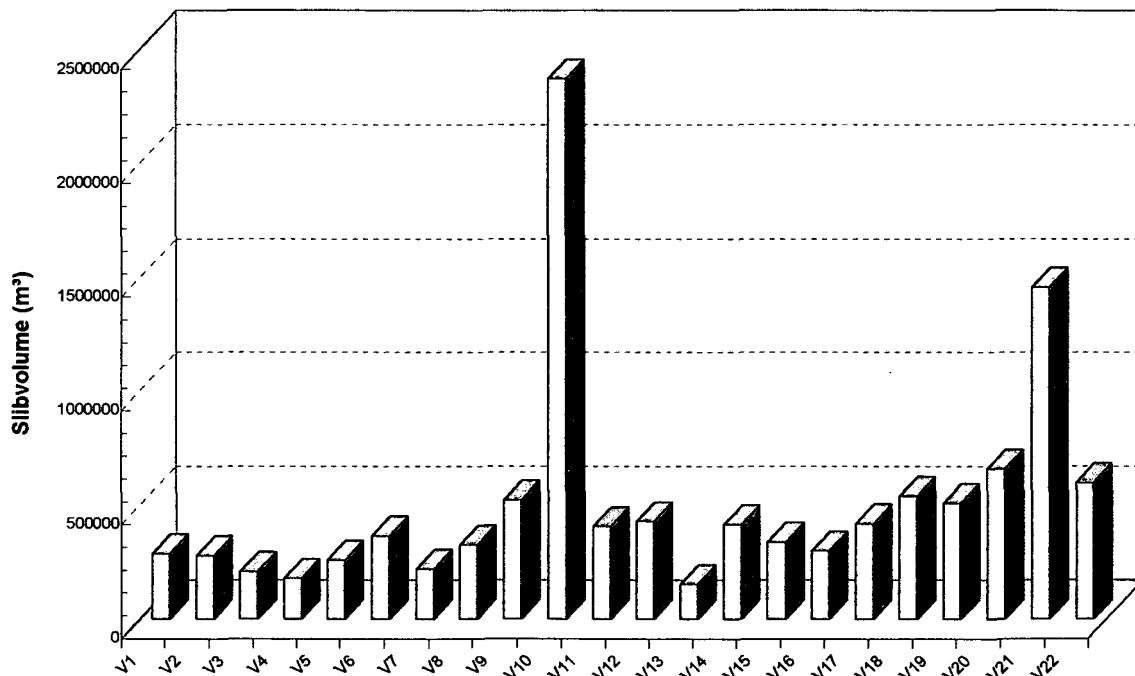
Figure 1: Comparison of the mud volumes between 1964 and 1986 (calculation method I). Data from Bastin (1993).



Figuur 2: Vergelijking van de slibvolumes tussen 1986 en 1999 (berekeningsmethode I). Gegevens van Bastin (1993) en Wartel et al. (2000).

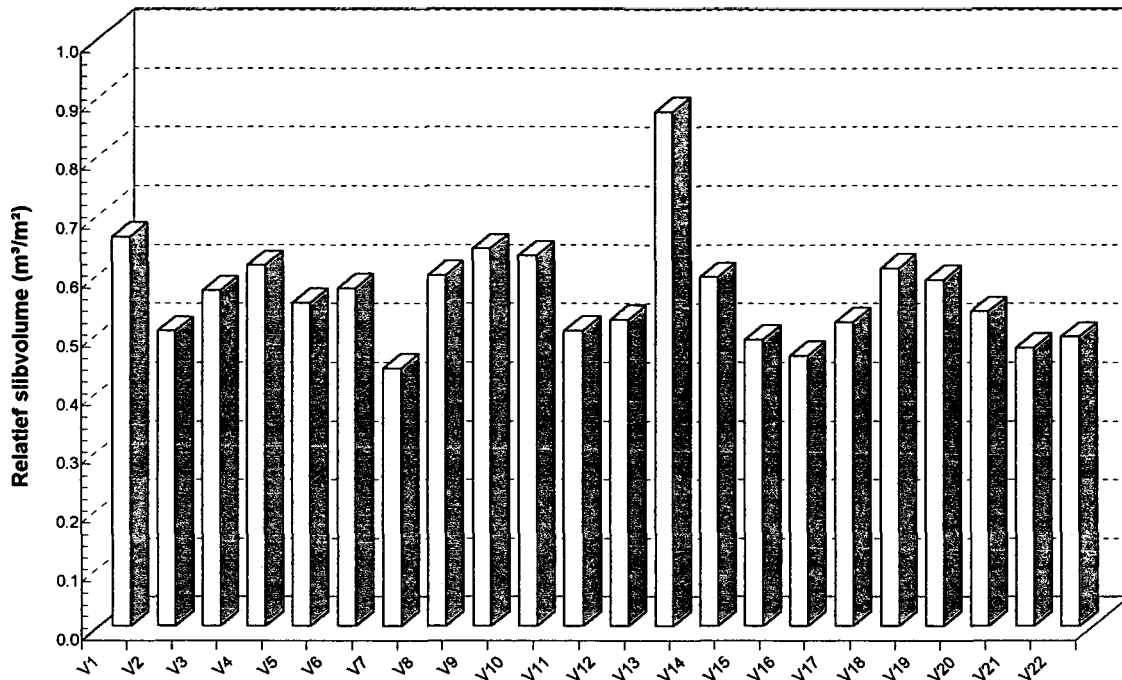
Figure 2: Comparison of the mud volumes between 1986 and 1999 (calculation method I). Data from Bastin (1993) and Wartel et al. (2000).

Het slibvolume per vak (figuur 3) toont weer aan dat de grote slibhoeveelheden zich concentreren in de gebieden rond de Kallosluis en de Zandvliet- en Berendrechtsluis. De toegangsheulen tot de sluisen herbergen echter een grote hoeveelheid slib, zodat het totale beeld vertekent wordt. Indien men de toegangsheulen tot de sluisen buiten beschouwing laat en de volumina uitmiddelt over het vakoppervlak, dan kan men zien dat er weinig verschil is over de lengtes van de Beneden-Zeeschelde, met waarden die schommelen tussen 0.4 en 0.7 m<sup>3</sup> slib per eenheidsoppervlak (figuur 4). De hoge waarde in vak 13 ( $\pm 0.9$  m<sup>3</sup>/eenheidsoppervlak) is te wijten aan de vorm van dit vak. Daar dit vak een hoeksegment is (zie bijlage I, kaart1), kan het niet met de andere vakken vergeleken worden.



Figuur 3: Slibvolumes per vak, gebaseerd op de bodemkaart van 1999 (berekeningsmethode I).

Figure 3: Mud volume for each sector, based on the bottom map of 1999 (calculation method I).



Figuur 4: Relatief slibvolume per vak op de bodem van de Beneden-Zeeschelde, zonder de toegangseulen tot de sluisen (berekeningsmethode I).

Figure 4: Relative mud volume on the bottom for each sector in the study area without the access channels to the sluices (calculation method I).

### 8. Slibmassa 1999

Bijlage VI somt de slibmassa in de verschillende vakken op, zoals berekend volgens methode I (erodeerbare laag van 1 m, met dezelfde samenstelling als de toplaag). Op basis van de gegevens van 1999 levert dit een totaal van 7.573.000 ton slib op. Hiervan ligt 6.279.000 ton slib ( $\approx 83\%$ ) in de Beneden-Zeeschelde en 1.294.000 ton ( $\approx 17\%$ ) in de toegangseulen van de Royers-, Kallo-, Boudewijn-, Van Cauwelaert-, Berendrecht- en Zandvlietsluis. In vergelijking met 1986, waarbij een totaal van 6.950.000 ton slib werd gemeten, is dit een toename met 623.000 ton of ongeveer 9%. Deze toename is uitsluitend toe te schrijven aan de Beneden-Zeeschelde, zonder de slikken, vermits we uitgaan van een onveranderde situatie voor de slikken. Deze slikken zijn verantwoordelijk voor 2.620.000 ton slib, 3.659.000 ton ligt onder de 0 m GLLWS lijn van de Beneden-Zeeschelde.

Tabel 1 geeft een overzicht van de evolutie van de slibvolumina (in m<sup>3</sup>) tussen 1964, 1986 en 1999. Tabel 2 vat de berekeningen samen van de evolutie van de slibmassa (in ton) in het bestudeerde gebied.

	1964	1986	1999
Beneden-Zeeschelde	6.506.000	8.243.000	8.804.000
Sluisgeul Zandvliet		213.000	367.000
Sluisgeul Kallo		1.680.000	1.885.000
Sluisgeul Berendrecht			184.000
Totaal	6.506.000	10.136.000	11.240.000

Tabel 1: Totale slibvolumina (m<sup>3</sup>) in de Beneden-Zeeschelde en de toegangseuilen der sluizen (berekeningsmethode I). Bij de totalen van de Beneden-Zeeschelde zijn de slikken en de toegangseuilen van de Royers-, Van Cauwelaert- en Boudewijnsluis opgeteld.

*Table 1: Total mud volume (m<sup>3</sup>) in the study area (calculation method I). The mud flats and the Royers, Van Cauwelaert and Boudewijn sluice have been added up to the total volume of the Beneden-Zeeschelde.*

Uit tabel 1 kan men afleiden dat voor de Beneden-Zeeschelde de aangroei voor 1964-1986 75.500 m<sup>3</sup>/jaar bedraagt. Tussen 1986 en 1999 komt dit neer op 40.000 m<sup>3</sup>/jaar, wat er op wijst dat de aangroei gehalveerd is ten opzichte van de periode 1964-1986. Dit komt neer op een respectievelijke toename van 0.9% per jaar voor de periode 1964-1986 en 0.4% per jaar voor de periode 1986-1999. Deze daling kan zijn oorsprong vinden in de intensieve baggerwerken gedurende die laatste periode.



	1964	1986	1999
Beneden-Zeeschelde	4.757.000	6.027.000	6.385.000
Sluisgeul Zandvliet		104.000	179.000
Sluisgeul Kallo		819.000	919.000
Sluisgeul Berendrecht			90.000
Totaal	4.757.000	6.950.000	7.573.000

Tabel 2: Totale hoeveelheden slib (ton) in de Beneden-Zeeschelde en de toegangsheuven der sluizen (berekeningsmethode I). Bij de totalen van de Beneden-Zeeschelde zijn de slikken en toegangsheuven van de Royers-, Van Cauwelaert- en Boudewijnsluizen opgeteld

*Table 2: Total amount of mud (tons) in the study area (calculation method I). The mud flats and the Royers, Van Cauwelaert and Boudewijn sluice have been added up to the total amount of the Beneden-Zeeschelde.*

**METHODE II: BEPALING VAN DE HOEVEELHEID  
SLIB STEUNEND OP LITHOPROBE EN  
GAMMADENSITOMETRIE**

## METHODE II: BEPALING VAN DE HOEVEELHEID SLIB STEUNEND OP LITHOPROBE EN GAMMADENSITOMETRIE

### 9. Berekeningsmethode II

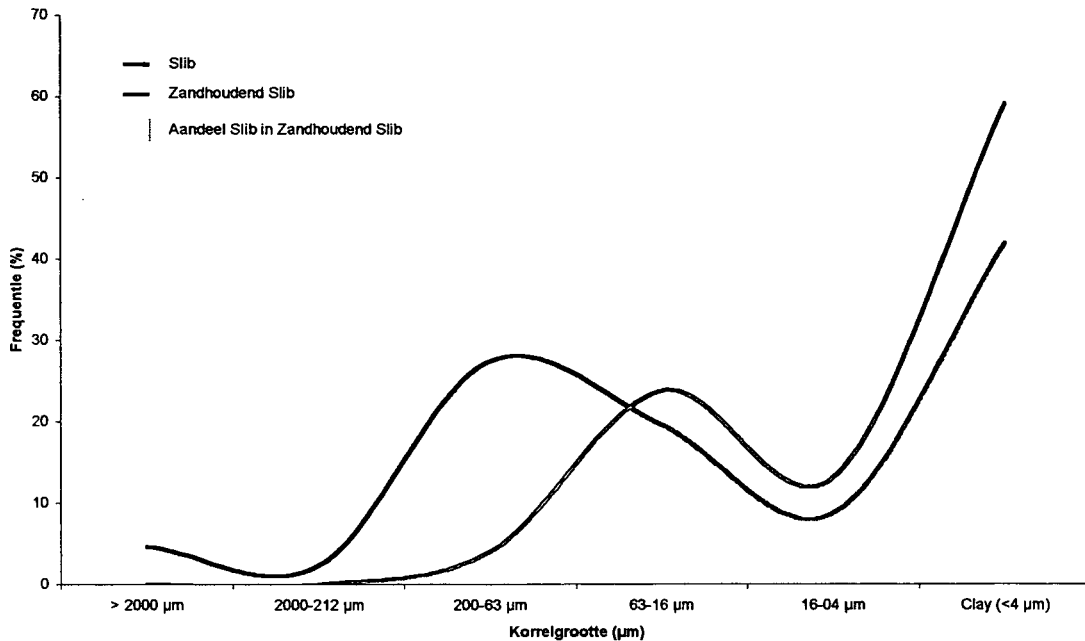
Behalve de berekeningswijze volgens Bastin (1993) om de gegevens van 1999 met de vorige slibkuberingen te kunnen vergelijken, is een herberekening van de nieuwe gegevens uitgevoerd die, volgens de auteurs, dichter bij de werkelijkheid zal liggen.

Metingen met de lithoprobe toonden namelijk aan dat de voor de berekeningen aangenomen erosiegevoelige bodemlaag van 1 meter in werkelijkheid kleiner is (Bijlage III – tabel 7). Het slibvolume in de rivier zal hierdoor kleiner zijn dan berekend volgens een extrapolatie tot 1 meter diepte. Het slibaandeel per bodemtype werd opnieuw bepaald aan de hand van kalibratiemonsters en voor de berekening van de slibmassa werd per bodemtype de densiteit bepaald in plaats van één densiteit te gebruiken voor de totale bodem van de Beneden-Zeeschelde.

Gebruik makend van deze nieuwe parameters en dezelfde oppervlaktes per bodemtype, berekend aan de hand van de gegevens van de bodemkaart van 1999, werd getracht een nieuwe berekening van de slibvolumina en –massa te bewerkstelligen. Alvorens deze resultaten te overlopen, worden de nieuwe parameters toegelicht.

#### 9.1 De slibcoëfficiënten

Om de slibcoëfficiënt in de verschillende bodemtypes te bepalen, werden de respectievelijke frequentie-distributies vergeleken met die van slib, zoals gemeten in de kalibratiestalen voor de ijking van de akoestische metingen (zie figuur 5).



Figuur 5: Bepaling van het aandeel slib (geel oppervlak) in zandhoudend slib (blauwe lijn) door vergelijking met de frequentie-distributie van een kalibratiemonster slib (rode lijn).

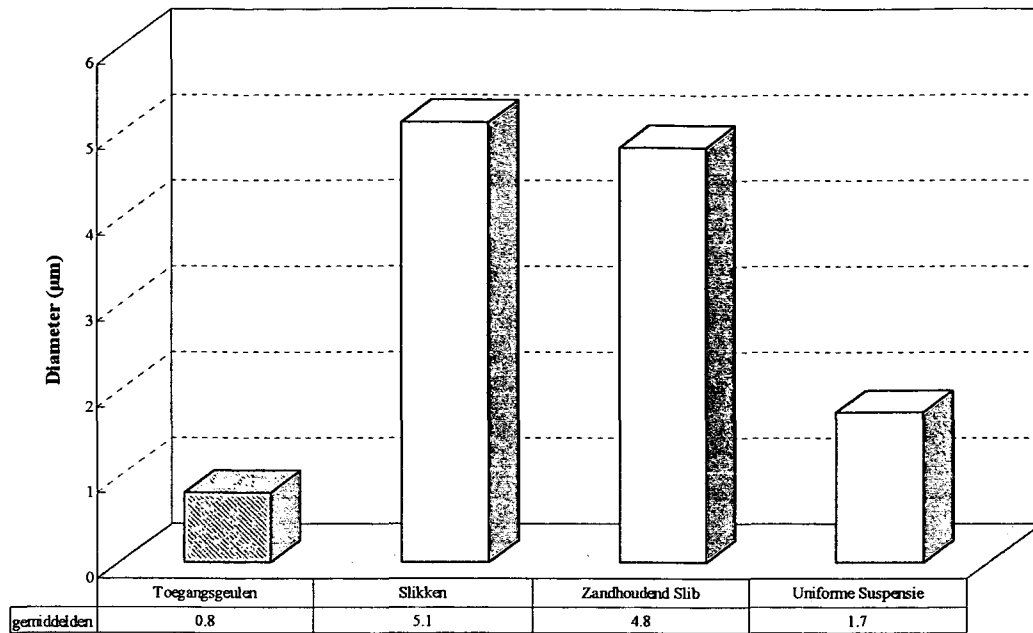
*Figure 5: Examination of the amount of mud (yellow surface) in sandy mud (blue line) through comparison with the frequency distribution of a mud-calibration sample (red line).*

### 9.1.1 Slib

Als referentie wordt het slib uit de toegangsgeulen tot de sluizen genomen. Dit slib heeft dan ook een coëfficiënt van 100% en is het fijnste sediment dat in het estuarium van de Schelde aangetroffen werd met een gemiddelde silt + kleifractie van 95%. Daarenboven heeft het een soortgelijke samenstelling als het gesuspendeerde sediment in de waterkolom (uniforme suspensie) op dezelfde plaats volgens de lengtes van de rivier, zoals blijkt uit figuren 6 t.e.m. 8. Dit is vooral belangrijk voor de studies met betrekking tot de aanvoer en afzetting van slib in het estuarium.

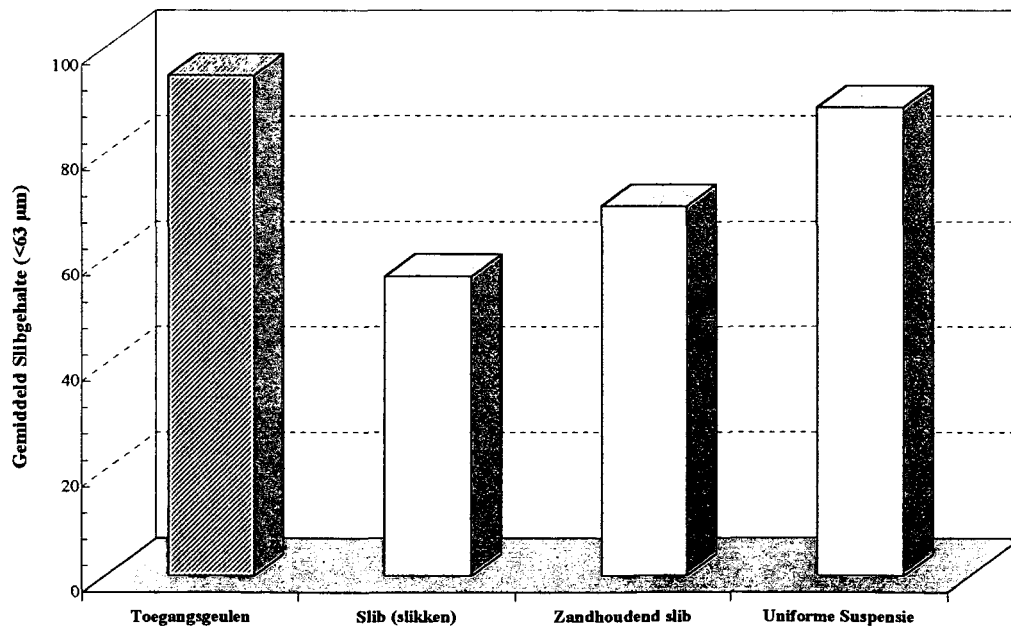
### 9.1.2 Zandhoudend slib

De kalibratiestalen voor het zandhoudend slibbodemtype bevatten gemiddeld 74% slib.



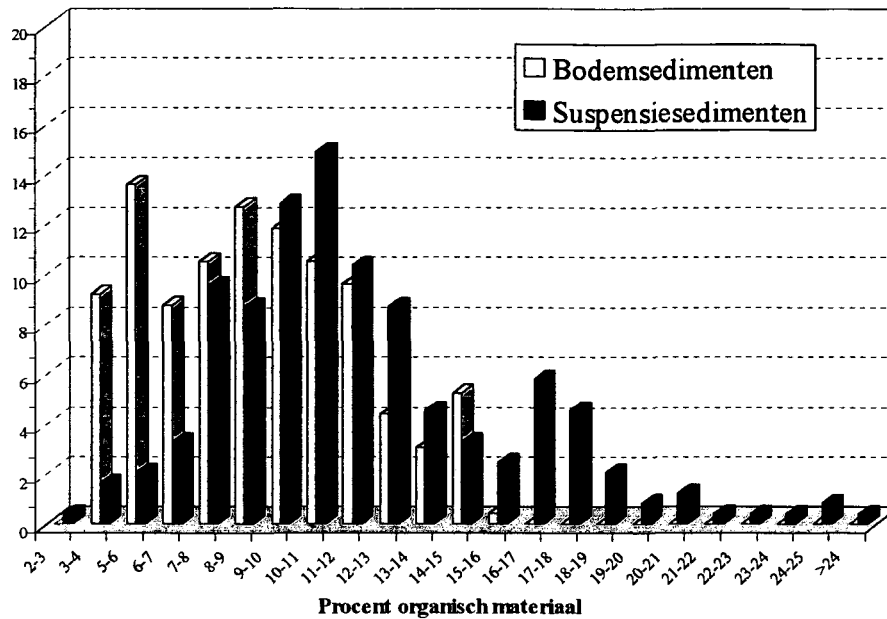
Figuur 6: Gemiddelde korrelgrootte in de toegangsgewen, op slikken, van zandhoudend slib en in de waterkolom (uniforme suspensie). De korrelgrootte van het slib in de toegangsgewen tot de sluizen is vergelijkbaar met die van het gesuspendeerd materiaal in de waterkolom.

Figure 6: Mean grain-size in the access channels, on the mud flats, of sandy mud and in the water column (uniform suspension). The grain-size of the mud in the access channels is comparable to the suspended sediments in the water column.



Figuur 7: Gemiddeld slibgehalte in de toegangsgewen, op de slikken, in zandhoudend slib en in de uniforme suspensie van de waterkolom. De toegangsgewen en de waterkolom vertonen vergelijkbare slibgehaltenes.

Figure 7: Mean mud content in the access channels, on the mud flats, in sandy mud and in the uniform suspension in the water column. The mud content in the access channels and the uniform suspension are more or less the same.



Figuur 8: De hoeveelheid organisch materiaal in het slib van de toegangsgeulen ligt tussen 10 en 12% wat in overeenstemming is met de hoeveelheid organisch materiaal dat het meest voorkomt in het gesuspenderde sediment.

Figure 8: The amount of organic matter in mud originating from the access channels lies between 10 and 12%, which falls at the highest occurrence of organic matter in suspended sediments.

### 9.1.3 Slibhoudend zand

Het slibhoudend zand bevat voor 43% slib.

### 9.1.4 Zand

Het zand in de Beneden-Zeeschelde bevat nog voor 21% slib.

### 9.1.5 Harde bodem

De harde bodem, zoals gekarteerd op de bodemkaart van 1999, bevat een verwaarloosbare hoeveelheid slib en bestaat meestal uit zand met schelpfragmenten, grof grind en puin. De slibcoëfficiënt werd dan ook op 0% gesteld. De lithoprobe kon niet in deze bodem penetreren zodat er bijgevolg weinig erosie te verwachten is.

## 9.2 Slibvolumes

Zoals eerder vermeld toonden de metingen met de "lithoprobe" aan dat de erosiegevoelige bodemlaag minder dan 1 meter dik is (zie bijlage III – tabel 7). In geen enkel geval kon de "lithoprobe" tot een diepte van 1 meter in de grond binnendringen, wat op een stevige, geconsolideerde ondergrond duidt. In 1974 toonde Wartel reeds aan dat de slibpakketten slechts in een beperkt aantal gevallen, zoals in de toegangseulen tot de sluizen, een dikte bereiken van 2 à 3 meter. Over het algemeen schommelde de dikte van de sliblaag in de rivier tussen de 0.3 tot 0.5 meter. Als bijkomend argument tegen de extrapolatie tot 1 meter diepte werd de gemiddelde penetratiediepte van box-corer stalen, die de afgelopen jaren in het Schelde-estuarium werden genomen, berekend. Ook hier wordt, met een gemiddelde diepte van 0.45 m, aangetoond dat de erosiegevoelige laag minder diep ligt. In plaats van een extrapolatie tot 1 meter door te voeren, zijn per bodemtype de cijfers van tabel 1 gebruikt.

BODEMTYPE	GEMIDDELDE PENETRATIEDIEPTE
Slib	0.60 m
Zandhoudend slib	0.23 m
Slibhoudend zand	0.30 m
Zand	0.25 m

Tabel 1: Gemiddelde penetratiediepte per bodemtype, zoals gemeten met de "lithoprobe".

*Table 1: Mean penetration depth for four bottom types (mud, sandy mud, muddy sand and sand) as measured by the lithoprobe.*

## 9.3 Slibmassa

Ook voor de berekening van de slibmassa worden andere waarden gebruikt. In plaats van één gemiddelde densiteit voor de bodem van de Beneden-Zeeschelde te gebruiken, verschilt hier de densiteit naar gelang het bodemtype. De densiteit werd

bepaald aan de hand van bulk-densiteitsmetingen op boorkernen genomen door het KBIN in de afgelopen jaren. De bulk-densiteit wordt gemeten met behulp van een gammadensitometrie-bank (Wartel & Francken, 1998). Hierbij wordt de attenuatie van een gammastraal die een bodemkern met 8 cm diameter passeert gemeten. De intensiteit van de uittrede straling is een maat voor de dichtheid van het sediment. De volgende tabel geeft de gemiddelde densiteit per bodemtype weer, gebaseerd op metingen van de bulkdensiteit met behulp van gammadensitometrie.

Bodemtype	Gemiddelde densiteit
Slib – sluizen	1.3
Slib – Schelde	1.4
Zandhoudend slib	1.45
Slibhoudend zand	1.5
Zand	1.65

Tabel 2: Gemiddelde bulkdensiteit per bodemtype, verkregen met gammadensitometrie.

*Table 2: mean bulk-density for 5 bottom types (mud in access channels, mud in the main gully of the Schelde, sandy mud, muddy sand and sand), as measured by gamma-densitometry.*

## 10. Slibvolume en -massa 1999 – Berekeningsmethode II

Rekening houdend met de resultaten van de lithoprobe en de gemiddelde penetratiediepte van de boxcore stalen in de Beneden-Zeeschelde, werd een nieuwe berekening gemaakt. De slibvolumina per vak staan opgesomd in bijlage VII - tabel 28-34, de slibmassa per vak in bijlage VIII - tabel 35-41. De totale slibmassa in de Beneden-Zeeschelde komt hierbij op 5.246.000 ton droge stof. Hiervan ligt 1.294.000 ton ( $\approx 25\%$ ) in de toegangsgeulen tot de sluizen en 3.952.000 ton ( $\approx 75\%$ ) in de rivier. De slikken nemen weer 2.620.000 ton voor hun rekening, terwijl 1.332.00 ton slib onder de 0 m GLLWS lijn ligt.



Tabel 3 geeft een overzicht van de berekende slibvolumina volgens methode II en vergelijkt de waarden met die van de berekening volgens Bastin (1993).

	1999 <sup>1</sup>	1999 <sup>2</sup>
Beneden-Zeeschelde	3.419.000	8.804.000
Sluisgeul Zandvliet	367.000	367.000
Sluisgeul Berendrecht	184.000	184.000
Sluisgeul Kallo	1.885.000	1.885.000
Totaal	5.855.000	11.240.000

Tabel 3: Totale slibvolumina (m<sup>3</sup>) in de Beneden-Zeeschelde en de toegangseulen der sluizen. Bij de totalen van de Beneden-Zeeschelde zijn de slikken en de toegangseulen van de Royers-, Van Cauwelaert- en Boudewijnsuis opgeteld. <sup>1</sup>Berekeningmethode II. <sup>2</sup>Berekeningmethode volgens Bastin (1993).

*Table 3: Total mud volume (m<sup>3</sup>) in the study area. The mud flats and the Royers, Van Cauwelaert and Boudewijn sluice have been added up to the total volume of the Beneden-Zeeschelde. <sup>1</sup>Calculation II. <sup>2</sup>Calculation according to Bastin (1993).*

Door de geringere diepte waarop de extrapolatie in de rivier werd doorgevoerd, liggen de slibvolumina merkkelijk lager. Het slibvolume bedraagt hier slechts 52% van het volume berekend volgens Bastin (1993). Het verschil tussen beide berekeningswijze wordt gedeeltelijk weggewerkt bij het berekenen van de slibmassa. Bij deze berekening wordt namelijk per bodemtype een bijbehorende densiteit in rekening gebracht, in plaats van één gemiddelde densiteit voor de rivierbodem. Het verschil tussen de twee berekeningswijzen komt hierdoor op 69%. De resultaten van de berekende slibmassa en de vergelijking tussen de twee methodes staan opgesomd in tabel 4.

	1999 <sup>1</sup>	1999 <sup>2</sup>
Beneden-Zeeschelde	4.058.000	6.385.000
Sluisgeul Zandvliet	179.000	179.000
Sluisgeul Berendrecht	90.000	90.000
Sluisgeul Kallo	919.000	919.000
Totaal	5.246.000	7.573.000

Tabel 4: Totale hoeveelheden slib (ton) in de Beneden-Zeeschelde en de toegangseulen der sluizen. Bij de totalen van de Beneden-Zeeschelde zijn de slikken en toegangseulen van de Royers-, Van Cauwelaert- en Boudewijnsuis opgeteld. <sup>1</sup>Berekeningmethode II. <sup>2</sup>Berekeningmethode volgens Bastin (1993).

*Table 4: Total amount of mud (tons) in the study area. The mud flats and the Royers, Van Cauwelaert and Boudewijn sluice have been added up to the total amount of the Beneden-Zeeschelde. <sup>1</sup>Calculation II. <sup>2</sup>Calculation according to Bastin (1993).*

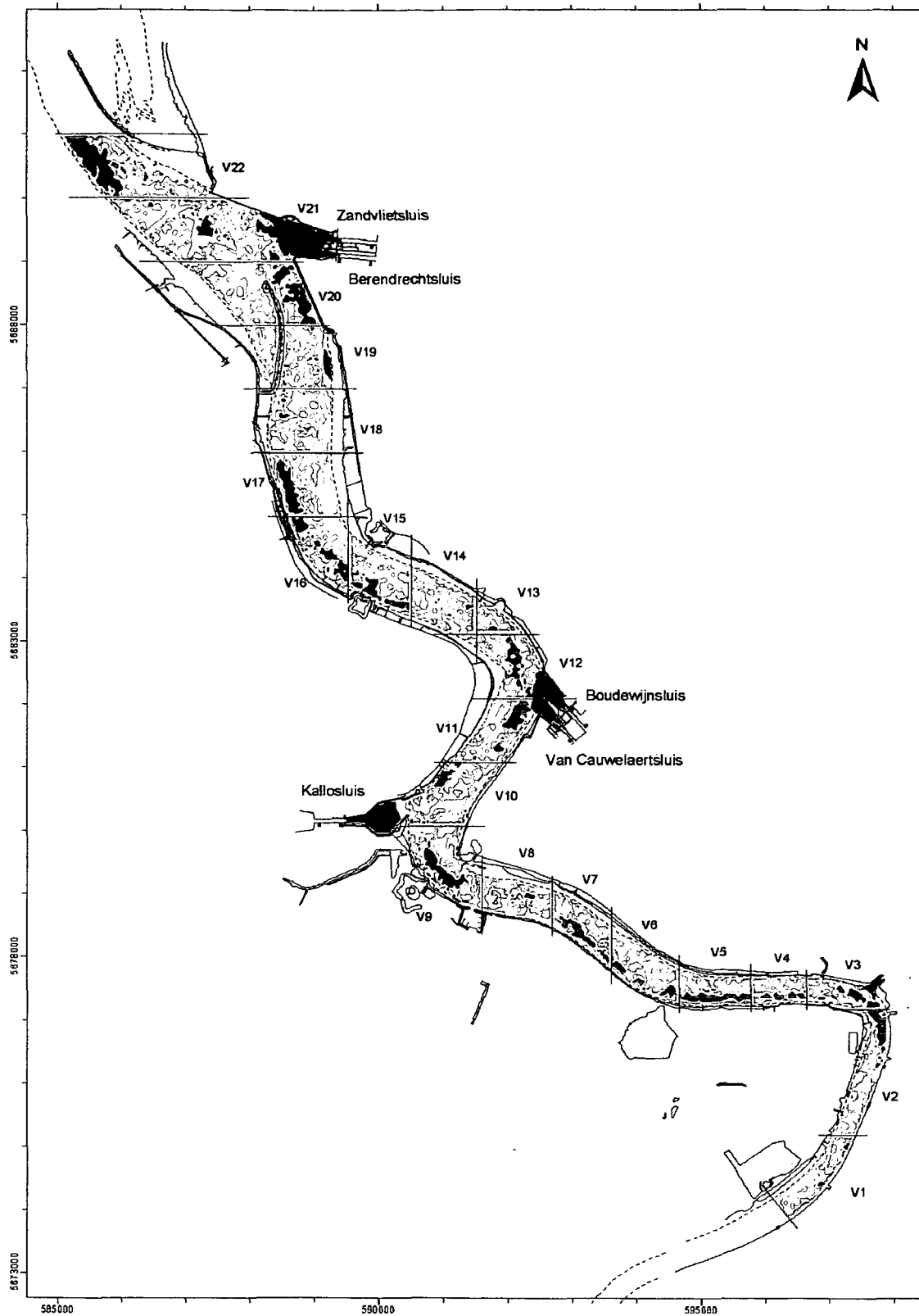
## 11. Referenties

- Anonymous (1998) Baggercampagne Brabo 1998 Kallosluis – Bepalen van de *in situ* densiteit. 17 pp. Rapport IMDC, Antwerpen.
- Bastin, A. (1974) Regionale sedimentologie en morfologie van de Zuidelijke Noordzee en het Schelde estuarium. 91 pp. Doctoraatsthesis, Katholieke Universiteit Leuven.
- Bastin, A. (1988) Schelde, Lithologische kaart 1986-1987. Ministerie van Openbare Werken, Antwerpse Zeediensten.
- Bastin, A. (1993) Evaluatie van de hoeveelheid slib in de Beneden-Zeeschelde, evolutie tussen 1964 en 1986, pp. 98. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen, Antwerpse Zeehavendiensten, Antwerpen.
- Collins, W.T. & P. Lacroix (1997) Operational Philosophy of Acoustic Waveform Data Processing for Seabed Classification. COSU '97 – Oceanology International '97. 8 pp. <http://www.questertangent.com>
- Wartel, S & F. Francken (1998) Sedimenttransport en sedimentatieprocessen in de Schelde tussen Zandvliet en Gent. OMES Rapport DS6.1-7 (1). Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Maritieme Schelde, Antwerpen.
- Wartel, S. (1974) Bed features in the estuary of the Schelde (Belgium). Geological Survey of Belgium Professional Paper, 1974(11), 1 - 30.
- Wartel, S., R. Parker & F. Francken (2000) Bepaling van de sedimenttypes en opstelling van een lithologische kaart van de Beneden-Zeeschelde, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterwegen en Zeewezen, Afdeling Maritieme Schelde, Antwerpen.

**BIJLAGE I**

**KAART 1:**

**LIGGING DER VAKKEN**



Kaart 1: Ligging van de 22 vakken voor de berekening van het slibvolume in de Beneden-Zeeschelde.

Map 1: Location of the 22 sectors, used for the calculation of the mud volume in the study area.

**BIJLAGE II**

**TABEL 1-6:**

**OPPERVLAKTE PER BODEMTYPE**

**BIJLAGE II – OPPERVLAKTE PER BODEMTYPE**

		<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>
<b>Cumulatief</b>	slib	0	222	182	325
	zand slib	131399	111461	24480	57493
	slib zand	333258	355411	141169	172263
	zand	421570	471433	260303	253122
	hard	432593	553868	323819	291312
<b>Werkelijk</b>	slib	0	222	182	325
	zand slib	131399	111240	24299	57168
	slib zand	201859	243949	116689	114770
	zand	88312	116022	119134	80859
	hard	11023	82436	63517	38191
<b>Percentage</b>	slib	0%	0%	0%	0%
	zand slib	30%	20%	8%	20%
	slib zand	47%	44%	36%	39%
	zand	20%	21%	37%	28%
	hard	3%	15%	20%	13%

		<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
<b>Cumulatief</b>	slib	1114	0	149	722
	zand slib	93277	200648	97656	145077
	slib zand	270765	443335	278688	389169
	zand	379821	574635	420069	534565
	hard	472601	633886	501357	543866
<b>Werkelijk</b>	slib	1114	0	149	722
	zand slib	92163	200648	97507	144355
	slib zand	177488	242687	181032	244092
	zand	109056	131301	141381	145396
	hard	92780	59250	81288	9301
<b>Percentage</b>	slib	0%	0%	0%	0%
	zand slib	20%	32%	19%	27%
	slib zand	38%	38%	36%	45%
	zand	23%	21%	28%	27%
	hard	20%	9%	16%	2%

		<b>V9</b>	<b>V10</b>	<b>V11</b>	<b>V12</b>
<b>Cumulatief</b>	slib	112	41	156	75
	zand slib	105425	127811	123008	123299
	slib zand	423950	495689	369635	343242
	zand	677889	731462	501875	530354
	hard	813924	773916	613881	637636
<b>Werkelijk</b>	slib	112	41	156	75
	zand slib	105313	127770	122851	123224
	slib zand	318525	367878	246628	219943
	zand	253939	235773	132240	187112
	hard	136035	42453	112006	107282
<b>Percentage</b>	slib	0%	0%	0%	0%
	zand slib	13%	17%	20%	19%
	slib zand	39%	48%	40%	34%
	zand	31%	30%	22%	29%
	hard	17%	5%	18%	17%

**BIJLAGE II – OPPERVLAKTE PER BODEMTYPE**

		<b>V13</b>	<b>V14</b>	<b>V15</b>	<b>V16</b>
Cumulatief	slib	46	2565	0	0
	zand slib	33498	164311	182376	157169
	slib zand	139587	527139	428632	374459
	zand	167013	690840	588163	528353
	hard	175037	697649	688897	651389
Werkelijk	slib	46	2565	0	0
	zand slib	33453	161746	182376	157169
	slib zand	106089	362828	246256	217290
	zand	27426	163701	159530	153894
	hard	8024	6809	100735	123037
Percentage	slib	0%	0%	0%	0%
	zand slib	19%	23%	26%	24%
	slib zand	61%	52%	36%	33%
	zand	16%	23%	23%	24%
	hard	5%	1%	15%	19%

		<b>V17</b>	<b>V18</b>	<b>V19</b>	<b>V20</b>
Cumulatief	slib	326	1726	145	927
	zand slib	309035	290150	241989	318170
	slib zand	535639	725179	665857	775691
	zand	678854	870291	811539	1049371
	hard	811424	885189	861434	1230263
Werkelijk	slib	326	1726	145	927
	zand slib	308709	288424	241844	317243
	slib zand	226603	435029	423868	457521
	zand	143215	145111	145682	273679
	hard	132570	14899	49895	180892
Percentage	slib	0%	0%	0%	0%
	zand slib	38%	33%	28%	26%
	slib zand	28%	49%	49%	37%
	zand	18%	16%	17%	22%
	hard	16%	2%	6%	15%

		<b>V21</b>	<b>V22</b>
Cumulatief	slib	2921	3503
	zand slib	401755	133663
	slib zand	1272677	509379
	zand	1779130	882938
	hard	1914159	1216510
Werkelijk	slib	2921	3503
	zand slib	398834	130159
	slib zand	870922	375716
	zand	506453	373559
	hard	135029	333572
Percentage	slib	0%	0%
	zand slib	21%	11%
	slib zand	45%	31%
	zand	26%	31%
	hard	7%	27%

Tabel 1-6: Oppervlakte (m<sup>2</sup>) per bodemtype – Table 1-6: Surface (m<sup>2</sup>) for each bottom type.



**BIJLAGE III**

**TABEL 7:**

**RESULTATEN METINGEN LITHOPROBE**

<i>Station</i>	<i>Tijd</i>	<i>Diepte</i>	<i>Resultaat</i>
<i>2-sep-99</i>			
28	1007	No Alt	Zand op slibhoudend zand
1SAM11	1057	No Alt	grind op slibhoudend zand
1 SAM 12	1110	0.66m	sliblaag op zand op slibhoudend zand met zandlaag
9	1119	0.3m	zandhoudend slib - redelijk vast
1SAM14	1126	0.2m	zand
8	1139	0.2m	zandlaag op slib op zandhoudend slib
1SAM15	1147	0.3m	zandlaag op slib
7	1152	no pen	zandhoudend slib - redelijk vast
10	1159	0.3m	zand op slibhoudend zand
6	1212	0.4m	silthoudend slib op zand
5	1222	0.3m	dunne sliblaag op zand
4	1232	<0.3m	Zand op slibhoudend zand
2	1258	>0.2m	slib met klastische fragmenten
1R	1314	<0.1m	zand
1SAM17	1319	<0.3m	dunne zandlaag op zandhoudend slib
1SAM16	1323	>0.35m	zand
Site0	1339	<0.3m	dunne zandlaag op slib met zandlaagjes
1SAM19	1345	0.40 m	zand
1SAM20	1355	0.20 m	zand met sliblaagjes
<i>3-sep-99</i>			
100	947	0.45m	zand op slib
81	952	<0.10 m	slib op zand
79	1057	< 0.10 m	zand op slibhoudend zand - redelijk vast
73	1107	< 0.10 m	slibhoudend zand - redelijk vast
64	1115	< 0.10 m	zand vast
63	1120	< 0.15 m	slib
62	1153	0.20 m	zandlaag op slib
61	1157	<0.10 m	zandhoudend sib op zand
58	1202	<0.10 m	sliblaag op zand
52	1213	<0.10 m	sliblaag op zand
50	1218	<0.10 m	slib

Tabel 7: Resultaten metingen Lithoprobe.

*Table 7: Results of the lithoprobe measurements.*

## **BIJLAGE IV**

### **TABEL 8-14:**

#### **SLIBVOLUME PER VAK**

Volgens berekeningsmethode I :  
Extrapolatie bodemtype tot 1 m diepte

**BIJLAGE IV – SLIBVOLUME PER VAK**

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>
slib	0	0	0	0
zand slib	91000	77000	17000	39000
slib zand	73000	88000	42000	41000
zand	5000	7000	7000	5000
slikken	118000	107000	119000	93000
<b>Totaal slib</b>	<b>287000</b>	<b>278000</b>	<b>185000</b>	<b>179000</b>

	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
slib	1000	0	0	1000
zand slib	64000	138000	67000	100000
slib zand	64000	87000	65000	88000
zand	7000	8000	8000	9000
slikken	125000	131000	79000	128000
<b>Totaal slib</b>	<b>260000</b>	<b>365000</b>	<b>220000</b>	<b>325000</b>

	<b>V9</b>	<b>V10</b>	<b>V11</b>	<b>V12</b>
slib	0	0	0	0
zand slib	73000	88000	85000	85000
slib zand	115000	132000	89000	79000
zand	15000	14000	8000	11000
slikken	320000	253000	127000	157000
<b>Totaal slib</b>	<b>523000</b>	<b>488000</b>	<b>309000</b>	<b>333000</b>

	<b>V13</b>	<b>V14</b>	<b>V15</b>	<b>V16</b>
slib	0	3000	0	0
zand slib	23000	112000	126000	108000
slib zand	38000	131000	89000	78000
zand	2000	10000	10000	9000
slikken	90000	160000	112000	104000
<b>Totaal slib</b>	<b>153000</b>	<b>415000</b>	<b>336000</b>	<b>300000</b>

	<b>V17</b>	<b>V18</b>	<b>V19</b>	<b>V20</b>
slib	0	2000	0	1000
zand slib	213000	199000	167000	219000
slib zand	82000	157000	153000	165000
zand	9000	9000	9000	16000
slikken	116000	174000	179000	258000
<b>Totaal slib</b>	<b>419000</b>	<b>540000</b>	<b>508000</b>	<b>659000</b>

	<b>V21</b>	<b>V22</b>
slib	3000	4000
zand slib	275000	90000
slib zand	314000	135000
zand	30000	22000
slikken	285000	348000
<b>Totaal slib</b>	<b>907000</b>	<b>599000</b>

	<b>Royers</b>	<b>Kallo</b>	<b>Kruis</b>	<b>Zand</b>
slib	25000	1885000	193000	551000
zand slib				
slib zand				
zand				
slikken				
<b>Totaal slib</b>	<b>25000</b>	<b>1885000</b>	<b>193000</b>	<b>551000</b>

Tabel 8-14: Slibvolume (m<sup>3</sup>) per vak (berekenningsmethode I). Royers: Royerssluis, Kallo: Kallosluis, Kruis: Van Cauwelaert- en Boudewijnsluis, Zand: Berendrecht- en Zandvlietsluis.

*Table 8-14: Mud volume (m<sup>3</sup>) for each sector (calculation method I). Royers: Royers sluice, Kallo: Kallo sluice, Kruis: Van Cauwelaert and Boudewijn sluice, Zand: Berendrecht and Zandvliet sluice.*

## **BIJLAGE V**

### **TABEL 15-20:**

#### **SLIBVOLUME PER VAK – VERGELIJKING**

Volgens Berekeningsmethode I :  
Extrapolatie bodemtype tot 1 m diepte

**BIJLAGE V - SLIBVOLUME PER VAK - VERGELIJKING**

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>
1964	208000	319000	201000	200000
1986	325000	284000	194000	125000
1999	287000	278000	210000	179000
<b>Verschil 1986</b>	-38000	-5000	16000	54000

	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
1964	149000	297000	267000	288000
1986	161000	169000	182000	271000
1999	260000	365000	220000	325000
<b>Verschil 1986</b>	99000	195000	38000	53000

	<b>V9</b>	<b>V10</b>	<b>V11</b>	<b>V12</b>
1964	271000	316000	220000	382000
1986	602000	2417000	388000	437000
1999	523000	2373000	406000	429000
<b>Verschil 1986</b>	-79000	-44000	17000	-8000

	<b>V13</b>	<b>V14</b>	<b>V15</b>	<b>V16</b>
1964	167000	358000	313000	213000
1986	190000	470000	353000	282000
1999	153000	415000	336000	300000
<b>Verschil 1986</b>	-36000	-55000	-16000	18000

	<b>V17</b>	<b>V18</b>	<b>V19</b>	<b>V20</b>
1964	419000	403000	286000	385000
1986	417000	469000	408000	471000
1999	419000	540000	508000	659000
<b>Verschil 1986</b>	2000	71000	100000	188000

	<b>V21</b>	<b>V22</b>
1964	416000	420000
1986	935000	586000
1999	1458000	599000
<b>Verschil 1986</b>	523000	14000

Tabel 15-20: Overzicht van het slibvolume per vak (berekeningsmethode I). Verschillen tussen 1986 en 1999 met meer dan 50.000 m<sup>3</sup> worden in het rood weergegeven voor stijgingen, groen voor dalingen.

*Table 15-20: Overview of the mud volume for each sector (calculation method I). Differences between 1986 and 1999 larger than 50.000 m<sup>3</sup> are shown in red in case of increasing difference, in green in case of a decreasing difference.*

## **BIJLAGE VI**

### **TABEL 21-27:**

### **SLIBMASSA IN TON PER VAK**

Volgens Berekeningsmethode I :  
Extrapolatie bodemtype tot 1 m diepte



**BIJLAGE VI – SLIBMASSA PER VAK**

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>
slib	0	0	0	0
zand slib	66000	56000	12000	29000
slib zand	53000	64000	31000	30000
zand	4000	5000	5000	4000
slikken	86000	78000	87000	68000
<b>Totaal slib</b>	210000	204000	135000	131000

	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
slib	1000	0	0	1000
zand slib	47000	101000	49000	73000
slib zand	47000	64000	48000	64000
zand	5000	6000	6000	6000
slikken	91000	96000	58000	93000
<b>Totaal slib</b>	190000	267000	161000	237000

	<b>V9</b>	<b>V10</b>	<b>V11</b>	<b>V12</b>
slib	0	0	0	0
zand slib	53000	64000	62000	62000
slib zand	84000	97000	65000	58000
zand	11000	10000	6000	8000
slikken	234000	185000	93000	115000
<b>Totaal slib</b>	382000	357000	226000	243000

	<b>V13</b>	<b>V14</b>	<b>V15</b>	<b>V16</b>
slib	0	2000	0	0
zand slib	17000	82000	92000	79000
slib zand	28000	96000	65000	57000
zand	1000	7000	7000	7000
slikken	66000	117000	82000	76000
<b>Totaal slib</b>	112000	303000	246000	219000

	<b>V17</b>	<b>V18</b>	<b>V19</b>	<b>V20</b>
slib	0	1000	0	1000
zand slib	156000	146000	122000	160000
slib zand	60000	115000	112000	120000
zand	6000	6000	6000	12000
slikken	85000	127000	131000	189000
<b>Totaal slib</b>	307000	395000	371000	482000

	<b>V21</b>	<b>V22</b>
slib	2000	3000
zand slib	201000	66000
slib zand	229000	99000
zand	22000	16000
slikken	208000	255000
<b>Totaal slib</b>	663000	438000

	<b>Royers</b>	<b>Kallo</b>	<b>Kruis</b>	<b>Zand</b>
slib	12000	919000	94000	269000
zand slib				
slib zand				
zand				
slikken				
<b>Totaal slib</b>	12000	919000	94000	269000

Tabel 21-27: Massa slib in ton per vak (berekeningsmethode I). Royers: Royerssluis, Kallo: Kallosluis, Kruis: Van Cauwelaert- en Boudewijnsuis, Zand: Berendrecht- en Zandvlietsuis.

*Table 21-27: Amount of mud (tons) for each sector (calculation method I). Royers: Royers sluice, Kallo: Kallo sluice, Kruis: Van Cauwelaert and Boudewijn sluice, Zand: Berendrecht and Zandvliet sluice.*

## **BIJLAGE VII**

### **TABEL 28-34:**

#### **SLIBVOLUME PER VAK VOLGENS METHODE II**

Aard en diepte van de erodeerbare bodemlaag gemeten met lithoprobe

**BIJLAGE VII – SLIBVOLUME PER VAK METHODE II**

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>
slib	0	0	0	0
zand slib	30000	26000	6000	13000
slib zand	61000	26000	12000	12000
zand	22000	29000	30000	20000
hard	0	0	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>113000</b>	<b>80000</b>	<b>48000</b>	<b>46000</b>

	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
slib	1000	0	0	0
zand slib	21000	46000	22000	33000
slib zand	19000	25000	19000	26000
zand	27000	33000	35000	36000
hard	0	0	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>68000</b>	<b>104000</b>	<b>77000</b>	<b>96000</b>

	<b>V9</b>	<b>V10</b>	<b>V11</b>	<b>V12</b>
slib	0	0	0	0
zand slib	24000	29000	28000	28000
slib zand	33000	39000	26000	23000
zand	63000	59000	33000	47000
hard	0	0	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>121000</b>	<b>127000</b>	<b>87000</b>	<b>98000</b>

	<b>V13</b>	<b>V14</b>	<b>V15</b>	<b>V16</b>
slib	0	2000	0	0
zand slib	8000	37000	42000	36000
slib zand	11000	109000	74000	65000
zand	7000	41000	40000	38000
hard	0	0	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>26000</b>	<b>189000</b>	<b>156000</b>	<b>140000</b>

	<b>V17</b>	<b>V18</b>	<b>V19</b>	<b>V20</b>
slib	0	1000	0	1000
zand slib	71000	66000	56000	73000
slib zand	68000	131000	127000	137000
zand	36000	36000	36000	68000
hard	0	0	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>175000</b>	<b>234000</b>	<b>219000</b>	<b>279000</b>

	<b>V21</b>	<b>V22</b>
slib	2000	2000
zand slib	92000	30000
slib zand	261000	113000
zand	127000	93000
hard	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>481000</b>	<b>238000</b>

	<b>Royers</b>	<b>Kallo</b>	<b>Kruis</b>	<b>Zand</b>
slib	25000	1885000	193000	551000
zand slib				
slib zand				
zand				
hard				
<b>Totaal slib</b>	<b>25000</b>	<b>1885000</b>	<b>193000</b>	<b>551000</b>

Tabel 28-34: Slibvolume (m<sup>3</sup>) per vak volgens methode II - lithoprobe. Royers: Royerssluis, Kallo: Kallosluis, Kruis: Van Cauwelaert- en Boudewijnsluis, Zand: Berendrecht- en Zandvlietsluis.

*Table 28-34: Mud volume (m<sup>3</sup>) for each sector, as calculated according to method II - lithoprobe. Royers: Royers sluice, Kallo: Kallo sluice, Kruis: Van Cauwelaert and Boudewijn sluice, Zand: Berendrecht and Zandvliet sluice.*

## **BIJLAGE VIII**

### **TABEL 35-41:**

#### **SLIBMASSA PER VAK VOLGENS METHODE II**

Aard en diepte van de erodeerbare bodemlaag gemeten met lithoprobe

**BIJLAGE VIII – SLIBMASSA PER VAK METHODE II**

	<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>
slib	0	0	0	0
zand slib	16000	14000	3000	7000
slib zand	21000	26000	12000	12000
zand	5000	6000	7000	4000
hard	0	0	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>42000</b>	<b>46000</b>	<b>22000</b>	<b>24000</b>

	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
slib	0	0	0	0
zand slib	11000	25000	12000	18000
slib zand	19000	25000	19000	26000
zand	6000	7000	8000	8000
hard	0	0	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>37000</b>	<b>58000</b>	<b>39000</b>	<b>52000</b>

	<b>V9</b>	<b>V10</b>	<b>V11</b>	<b>V12</b>
slib	0	0	0	0
zand slib	13000	16000	15000	15000
slib zand	33000	39000	26000	23000
zand	14000	13000	7000	10000
hard	0	0	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>61000</b>	<b>68000</b>	<b>49000</b>	<b>49000</b>

	<b>V13</b>	<b>V14</b>	<b>V15</b>	<b>V16</b>
slib	0	1000	0	0
zand slib	4000	20000	23000	20000
slib zand	11000	38000	26000	23000
zand	2000	9000	9000	9000
hard	0	0	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>17000</b>	<b>68000</b>	<b>57000</b>	<b>51000</b>

	<b>V17</b>	<b>V18</b>	<b>V19</b>	<b>V20</b>
slib	0	1000	0	0
zand slib	38000	36000	30000	39000
slib zand	24000	46000	44000	48000
zand	8000	8000	8000	15000
hard	0	0	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>70000</b>	<b>90000</b>	<b>83000</b>	<b>103000</b>

	<b>V21</b>	<b>V22</b>
slib	1000	1000
zand slib	50000	16000
slib zand	91000	39000
zand	28000	21000
hard	0	0
<b>Totaal slib</b>	<b>170000</b>	<b>78000</b>

	<b>Royers</b>	<b>Kallo</b>	<b>Kruis</b>	<b>Zand</b>
slib	12000	919000	94000	269000
zand slib				
slib zand				
zand				
hard				
<b>Totaal slib</b>	12000	919000	94000	269000

Tabel 35-41: Massa slib (ton) per vak, berekend volgens methode II - lithoprobe. Royers: Royerssluis, Kallo: Kallosluis, Kruis: Van Cauwelaert- en Boudewijnsluis, Zand: Berendrecht- en Zandvlietsluis.

*Table 35-41: Amount of mud (tons) for each sector, as calculated according to method II - lithoprobe. Royers: Royers sluice, Kallo: Kallo sluice, Kruis: Van Cauwelaert and Boudewijn sluice, Zand: Berendrecht and Zandvliet sluice.*



