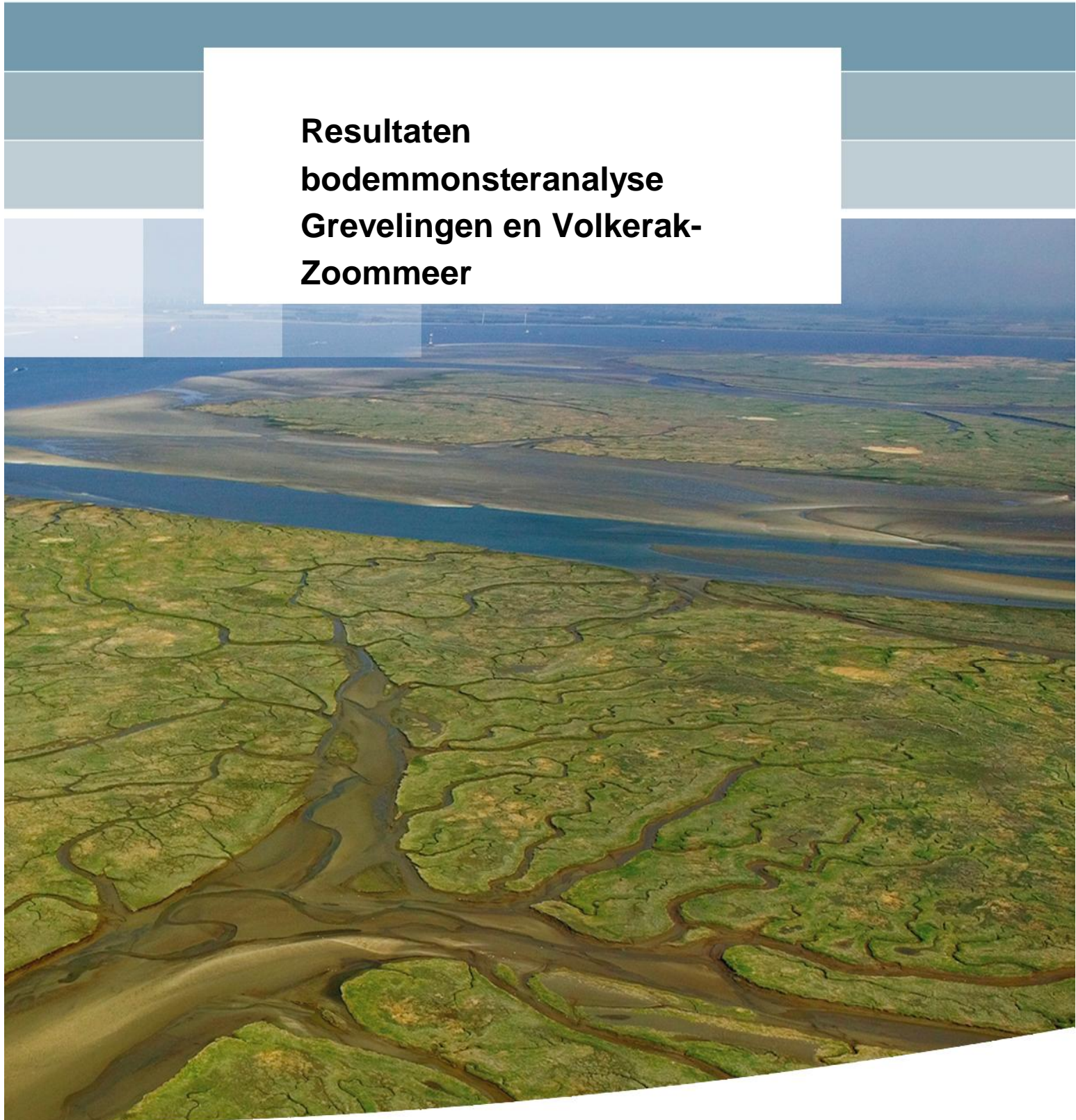


**Resultaten  
bodemmonsteranalyse  
Grevelingen en Volkerak-  
Zoommeer**





# **Resultaten bodemonsteranalyse Grevelingen en Volkerak-Zoommeer**

**eindrapportage**

dr.ir. T. van Kessel  
drs. M.R.A. Verheul  
M.A. de Lucas Pardo PhD  
M.E. Ibanez

1220952-000



## Titel

Resultaten bodemonsteranalyse Grevelingen en Volkerak-Zoommeer

<b>Opdrachtgever</b>	<b>Project</b>	<b>Kenmerk</b>	<b>Pagina's</b>
RWS	1220952-000	1220952-000-ZKS-0001	51

## Trefwoorden

bodemonsters, slib, fysische en chemische lab-analyse, vertroebeling, Grevelingenmeer, Volkerak-Zoommeer

## Samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten en interpretatie van de fysische en chemische analyses op bodemonsters die in september 2015 zijn genomen in de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer.

De fysische analyses hebben tot doel om de erosie-gevoeligheid van het bodemslib te bepalen en op basis hiervan te bepalen in welke mate vertroebeling kan optreden in geval van een nieuw beheer. Hierbij wordt door herintroductie van getij een sterkere stroming gerealiseerd om de waterkwaliteit te verbeteren.




De chemische analyses hebben tot doel om de mate van verontreiniging van het bodemsediment te bepalen, zodat in combinatie met de erosiegevoeligheid het risico van een verhoogde nalevering kan worden bepaald in geval van een nieuw beheer.

De conclusie is dat een deel van de toplaag van het slibpakket erosie-gevoelig is en bij herintroductie van het getij kan worden geresuspendeerd. In het Grevelingenmeer gaat het om het slibpakket in een klein gedeelte van de diepe geulen. In het Volkerak-Zoommeer gaat het over een groter gedeelte van de geulen omdat deze minder diep zijn en de stroomsnelheid hierin hoger wordt ondanks de lagere verticale getijslag. Vanwege de in alle profielen waargenomen toename van de dichtheid en sterkte met de diepte blijft de erosiediepte echter beperkt. Bovendien is de valsnelheid van het geresuspendeerde slib aanzienlijk t.g.v. flocculatie (0,2 mm/s). Hierdoor blijft de extra vertroebeling t.g.v. de erosie van een deel van de toplaag van het slibpakket beperkt en van korte duur. Met modelberekeningen kan dit desgewenst nader worden gekwantificeerd.

Het Grevelingenmeer blijft een importerend systeem voor slib, het Volkerak-Zoommeer wordt tijdelijk een exporterend systeem voor slib. Mogelijk aan het slib gebonden verontreinigingen worden dus gedeeltelijk verder verspreid naar de Oosterschelde. De chemische normen voor waterbodemkwaliteit worden in de huidige situatie niet overschreden, zodat dit in de nieuwe situatie ook niet het geval zal zijn.

## Referenties

KPP slibdynamiek Grevelingen en Volkerak-Zoommeer

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	nov. 2015	dr.ir. T. van Kessel		drs. A. Nolte		drs. F.M.J. Hoozemans	
		drs. M.R.A. Verheul		prof. dr. ir. J.C. Winterwerp			
		M.A. de Lucas					
		Pardo PhD					
		M.E. Ibanez					

## Status

definitief

**Titel**  
Resultaten bodemonsteranalyse Grevelingen en  
Volkerak-Zoommeer

<b>Opdrachtgever</b> RWS	<b>Project</b> 1220952-000	<b>Kenmerk</b> 1220952-000-ZKS-0001	<b>Pagina's</b> 53
-----------------------------	-------------------------------	----------------------------------------	-----------------------

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bemonstering</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Fysische analyses</b>	<b>7</b>
3.1	Eigenschappen geroerde monsters	7
3.1.1	Korrelverdelingen	7
3.1.2	Plasticiteitsgrenzen	9
3.1.3	Dichtheid en water-, zout- en organisch gehalte	12
3.1.4	Valsnelheid	12
3.1.5	Consolidatie-eigenschappen (in sedimentatiekolommen)	16
3.2	Eigenschappen ongeroerde monsters:	18
3.2.1	Kritische schuifspanning voor erosie en erosiesnelheid met Gust probe	18
3.2.2	Sterkeprofielen	21
3.2.3	Dichtheidsprofielen	23
3.2.4	Watergehalte toplaag	26
3.3	Interpretatie van de resultaten	27
3.4	Toepassing van de resultaten op de Grevelingen	29
3.5	Reactie op zienswijze Meysman	36
3.6	Toepassing van de resultaten op Volkerak-Zoommeer	37
<b>4</b>	<b>Chemische analyses</b>	<b>43</b>
4.1	Monstername en procedure	43
4.2	Anorganisch (Deltares)	44
4.2.1	CS	44
4.2.2	TGA (vocht-gecorrigeerd)	44
4.2.3	ICPMS (in ppm)	45
4.3	Organisch (TNO)	46
4.4	Waterbodemkwaliteit (AL-West)	47
4.5	Interpretatie resultaten Grevelingen en Volkerak-Zoommeer	48
<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>Referenties</b>	<b>53</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A</b>	<b>Waterbodemkwaliteit</b>	<b>A-1</b>



## 1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de resultaten en interpretatie van de fysische en chemische analyses op bodemonsters die in september 2015 zijn genomen in de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer.

De fysische analyses hebben tot doel om de erosie-gevoeligheid van het bodemslib in de geulen en diepe putten te bepalen. Op basis hiervan kan – in combinatie met overige gebiedsgegevens – worden bepaald in welke mate vertroebeling kan optreden in geval van een nieuw beheer van de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer. Hierbij wordt door herintroductie van getij een sterkere stroming gerealiseerd om de waterkwaliteit te verbeteren. Door een grotere stroomsnelheid zou het slibpakket dat zich in de afgelopen decennia heeft afgezet in de diepere delen van deze wateren mogelijk kunnen opwervelen. Via een zienswijze op de MER is deze hypothese ingebracht (Meysman, 2015) en deze dient te worden getoetst. In een eerste evaluatie van de zienswijze heeft Deltares aangegeven het risico op vertroebeling niet groot te achten, maar zo'n vergroting op basis van de beschikbare gegevens niet te kunnen uitsluiten (Deltares, 2015).

De chemische analyses hebben tot doel om te bepalen in welke mate het bodemsediment in de geulen en diepe putten is verontreinigd, zodat in combinatie met de erosiegevoeligheid het risico van een verhoogde nalevering kan worden bepaald in geval van een nieuw beheer.

Mogelijke erosie van slib of verspreiding van chemische stoffen vanuit ondiepe gebieden wordt in dit rapport niet beschouwd. De reden hiervoor is dat a) de mogelijke erosie in ondiepe gebieden meer golf- dan stromingsgedreven is en de golfbelasting niet sterk zal veranderen door een nieuw spuibeheer en b) er vanwege deze golfbelasting weinig slib in ondiepe gebieden wordt aangetroffen.

Op basis van deze resultaten wordt een antwoord geformuleerd op de twee hoofdvragen van deze studie voor respectievelijk Grevelingenmeer en Volkerak-Zoommeer, namelijk:

- I. Grevelingenmeer: Wat wordt de balans tussen erosie en sedimentatie bij invoering van een getijslag van maximaal 60 cm. Dat zal uiteindelijk de slibconcentratie in de waterkolom (= vertroebeling) bepalen.
- II. Volkerak-Zoommeer: Wat is de kans op structurele vertroebeling van de waterkolom en de verspreiding van verontreinigingen?

De opzet van dit rapport is als volgt. In hoofdstuk 2 wordt de wijze van bemonstering besproken en de overwegingen bij de locatiekeuze. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de fysische analyses besproken van zowel de geroerde als ongeroerde monsters. De interpretatie van deze resultaten wordt aan het eind van dit hoofdstuk apart besproken voor Grevelingen en Volkerak-Zoommeer. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de chemische analyses besproken met aan het eind een voor Grevelingen en Volkerak-Zoommeer afzonderlijke interpretatie. Tenslotte worden in hoofdstuk 5 conclusies en aanbevelingen geformuleerd.



## 2 Bemonstering

Figuur 2.1 en Tabel 2.1 geven een overzicht van de monsterlocaties. De bemonstering is uitgevoerd door Bureau Waardenburg, zie hun rapportage voor meer details (Bureau Waardenburg, 2015). De locaties zijn gekozen op basis van de volgende overwegingen:

1. voorkeur voor gebieden waar de stroomsnelheid in de geul groot wordt en het meest verandert t.g.v. een nieuw beheer (zie Figuur 2.2 en Figuur 2.3);
2. voorkeur voor gebieden waarin sinds de afdamming van de Grevelingen en het Volkerak veel slib is geaccumuleerd (zie Figuur 2.4 voor het Grevelingenmeer);
3. een goede ruimtelijke spreiding van de monsters.

Op verzoek van RWS is er ook een monster genomen in de Oosterschelde nabij het (geplande) doorlaatmiddel naar het Volkerak-Zoommeer. Per locatie zijn twee typen monsters genomen, namelijk ongeroerde en geroerde monsters. Voor de chemische analyse volstaan geroerde monsters, maar voor een deel van de fysische analyse zijn ongeroerde monsters essentieel.

De ongeroerde monsters zijn genomen met steekbuizen waarvan de lengte is afgestemd op de lokale sliblaagdikte. Vanuit praktische overwegingen is de lengte van de steekbuizen begrensd tot 1 m.

Vanwege praktische redenen konden niet alle van tevoren geselecteerde locaties worden bemonsterd. Bij de Veermansplaat zijn de diepste en ondiepste locaties niet bemonsterd en zijn locaties VP2 en VP3 gecombineerd tot 1 locatie halverwege. Hierdoor is niet bekend of er op de diepste locatie slib aanwezig is en zo ja welke eigenschappen dit heeft. De overige monsters bij de Veermansplaat zijn zandig, dit is naar alle waarschijnlijkheid ook voor de ondiepste (niet bemonsterde) locatie het geval.

Vanwege een te zandig of te ongelijk oppervlak of lekkage langs de kolomafdichtingen zijn niet alle ongeroerde monsters geschikt voor directe erosiemetingen. Voor de meeste locaties wordt de erosiegevoeligheid daarom ook via een afgeleide methode bepaald op geroerde monsters.

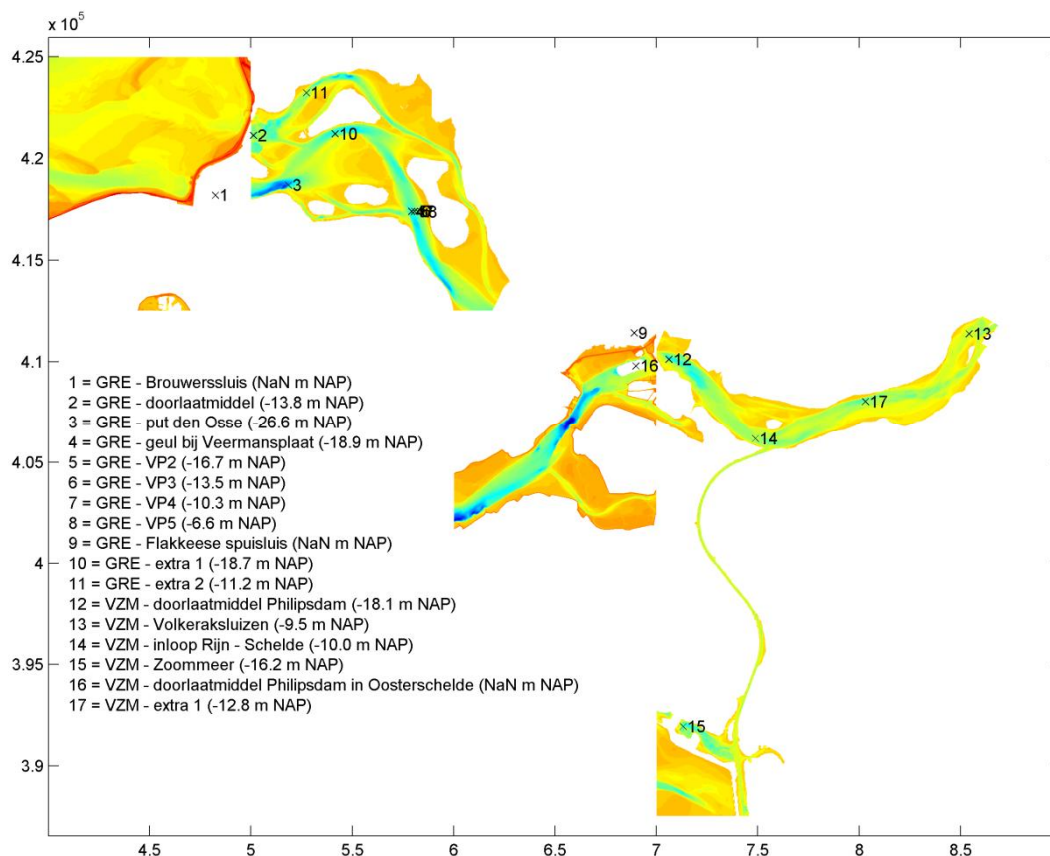
De uitgevoerde bemonstering is voldoende voor een representatief beeld van de eigenschappen van het slib dat in de diepere delen van de geulen is afgezet. Het aantal monsters is echter onvoldoende voor een volledig beeld van de ruimtelijke omvang van het slibpakket. De ruimtelijke omvang van het slibpakket kan worden vastgesteld door op een groot aantal locaties bodemonsters te nemen of door analyse van echolodgingen met een dubbele frequentie als functie van plaats en tijd. Een sterke uitbreiding van het aantal monsters was echter niet mogelijk binnen de gestelde randvoorwaarden en ook niet noodzakelijk vanuit het hoofddoel van de bemonstering, namelijk het vaststellen van de eigenschappen van het slib (erosiegevoeligheid en bezinksnelheid). Een analyse van de echolodgingen met dubbele frequentie bleek ook niet mogelijk omdat de voor de uitwerking benodigde ruwe data niet beschikbaar waren.

Op basis van de huidige bemonstering worden gebieden dieper dan -8 m NAP verondersteld slibrijk te zijn. Dit is een conservatieve benadering, d.w.z. in werkelijkheid is het areaal slibbodem waarschijnlijk aanmerkelijk kleiner.

Tabel 2.1 Definitie monsterlocaties (zie ook Figuur 2.1).

Naam	X	Y	Diepte (m)	Dikte sliblaag in situ (m)
1 'GRE - Brouwerssluis'	48249	418191	-21.5	1.00
2 'GRE - doorlaatmiddel'	50124	421135	-14.5	0.30
3 'GRE - put den Osse'	51842	418685	-26.5	0.70
4 'GRE - geul bij Veermansplaat'	57925	417394	-18.9	n.b.*
5 'GRE - VP2'	58076	417391	-16.3	n.b.*
6 'GRE - VP2 – VP3'	58150	417391	-14.5	0
7 'GRE - VP4'	58374	417384	-12.5	0
8 'GRE - VP5'	58526	417383	-6.6	n.b.*
9 'GRE - Flakkeese spuisluis'	68904	411423	-6.0	0.50
10 'GRE - extra 1'	54149	421213	-18.7	n.b.*
11 'GRE - extra 2'	52730	423230	-11.2	n.b.*
12 'VZM - doorlaatmiddel Philipsdam'	70617	410123	-18.5	0.80
13 'VZM - Volkeraksluizen'	85421	411367	-9.0	0.50
14 'VZM - inloop Rijn - Schelde'	74883	406179	-9.0	0.65
15 'VZM - Zoommeer'	71320	391938	-16.2	n.b.*
16 'OOS - doorlaatmiddel Philipsdam in Oosterschelde'	68985	409794	-17.0	0.08
17 'VZM - extra 1'	80308	408034	-12.8	n.b.*

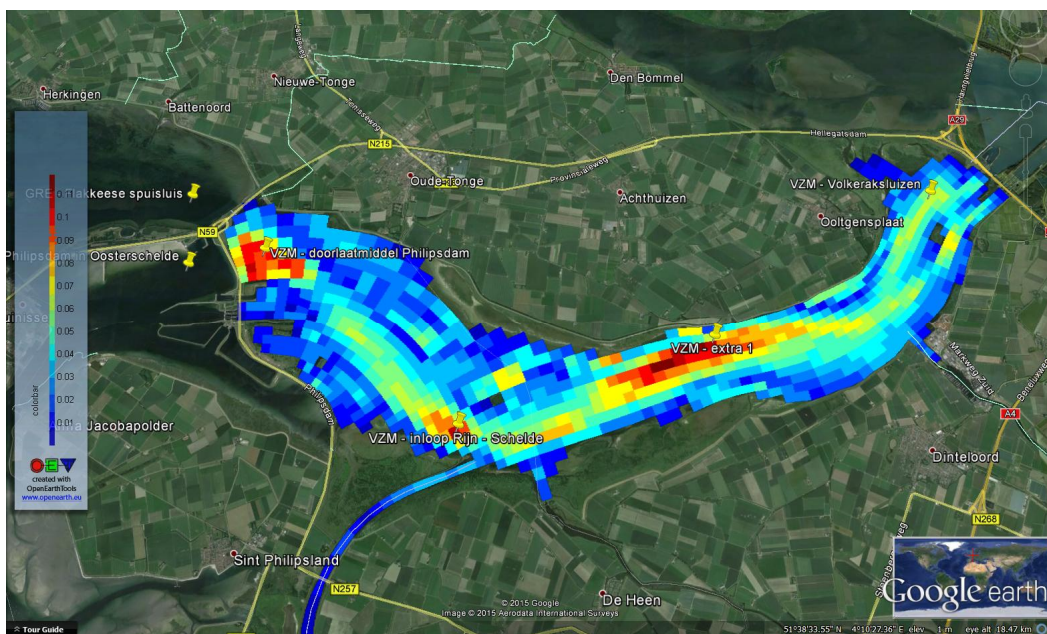
n.b.\* vanwege plaatselijke omstandigheden of logistieke redenen niet bemonsterd



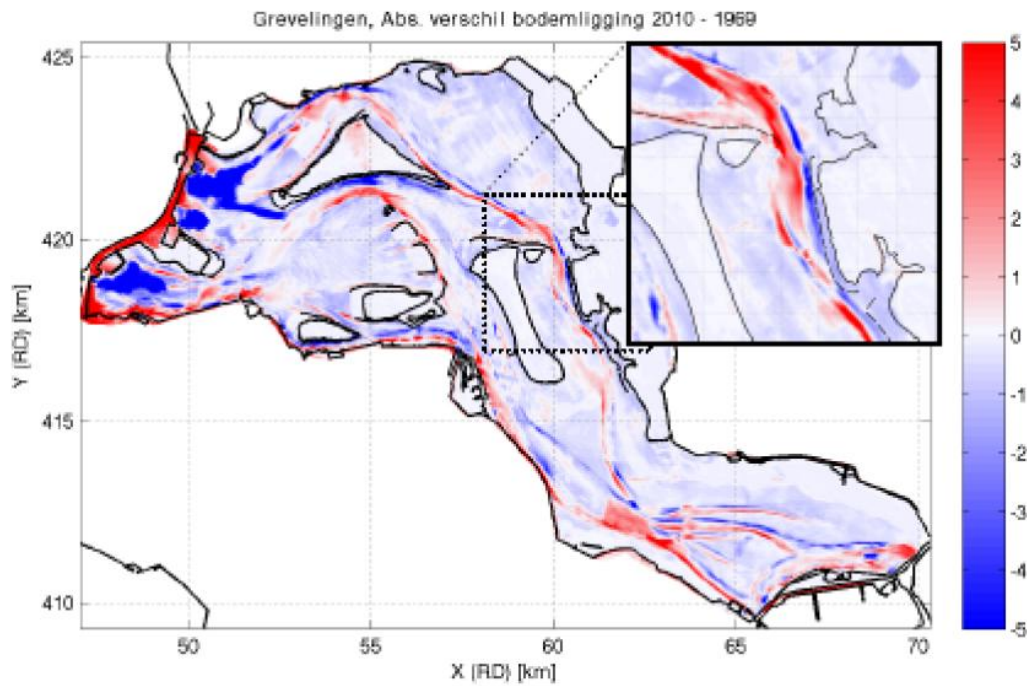
Figuur 2.1 Bemonsteringslocaties Grevelingen en Volkerak-Zoommeer (zie ook Tabel 1)



Figuur 2.2 Bemonsteringslocaties Grevelingen met als achtergrond de berekende maximale stroomsnelheid (m/s) in geulen bij 60 cm getij. Donkerrood = 0,6 m/s.



Figuur 2.3 Bemonsteringslocaties Volkerak en Oosterschelde met als achtergrond berekende maximale stroomsnelheid bij 30 cm getij (m/s). Donkerrood = 0,11 m/s.



Figuur 2.4 Vershil in absolute hoogteligging (in m) tussen 2010 en 1969 (Witteveen en Bos, 2011). Blauw = gebieden met erosie, rood = gebieden met sedimentatie.

### 3 Fysische analyses

Fysische analyses zijn uitgevoerd op zowel geroerde als ongeroerde monsters.

De analyses van de geroerde monsters zijn bedoeld voor classificatie. Van de geroerde monsters zijn de volgende parameters bepaald:

- 1 korrelgrootteverdeling
- 2 plasticiteitsgrenzen
- 3 dichtheid en water-, zout- en organisch gehalte
- 4 valsnelheid
- 5 consolidatie-eigenschappen.

Via een combinatie van deze testresultaten kunnen de erosie-eigenschappen van de geroerde monsters worden herleid.

De analyses van de ongeroerde monsters zijn bedoeld om de erosiesterkte van de ongestoorde toplaag direct te meten. Van de ongeroerde monsters zijn de volgende parameters bepaald:

- 1 sterkte- en dichtheidsprofielen
- 2 kritische schuifspanning voor erosie en erosieconstante

Uit de combinatie van deze analyses op geroerde en ongeroerde monsters ontstaat een goed inzicht in de sedimentatie- en erosie-eigenschappen van de monsters. Dit is in combinatie met overige gebiedsinformatie van belang voor de beantwoording van de hoofdvragen van dit onderzoek, namelijk het risico op tijdelijke of zelfs permanente vertroebeling t.g.v. herintroductie van getij.

In de paragrafen 3.1 en 3.2 worden de resultaten voor Grevelingen en Volkerak-Zoommeer gecombineerd gepresenteerd. De methodiek voor de verwerking en interpretatie van de resultaten wordt besproken in paragraaf 3.3. Vervolgens wordt deze methodiek afzonderlijk toegepast voor Grevelingen (paragraaf 3.4) en voor Volkerak-Zoommeer (paragraaf 3.5).

#### 3.1 Eigenschappen geroerde monsters

##### 3.1.1 Korrelverdelingen

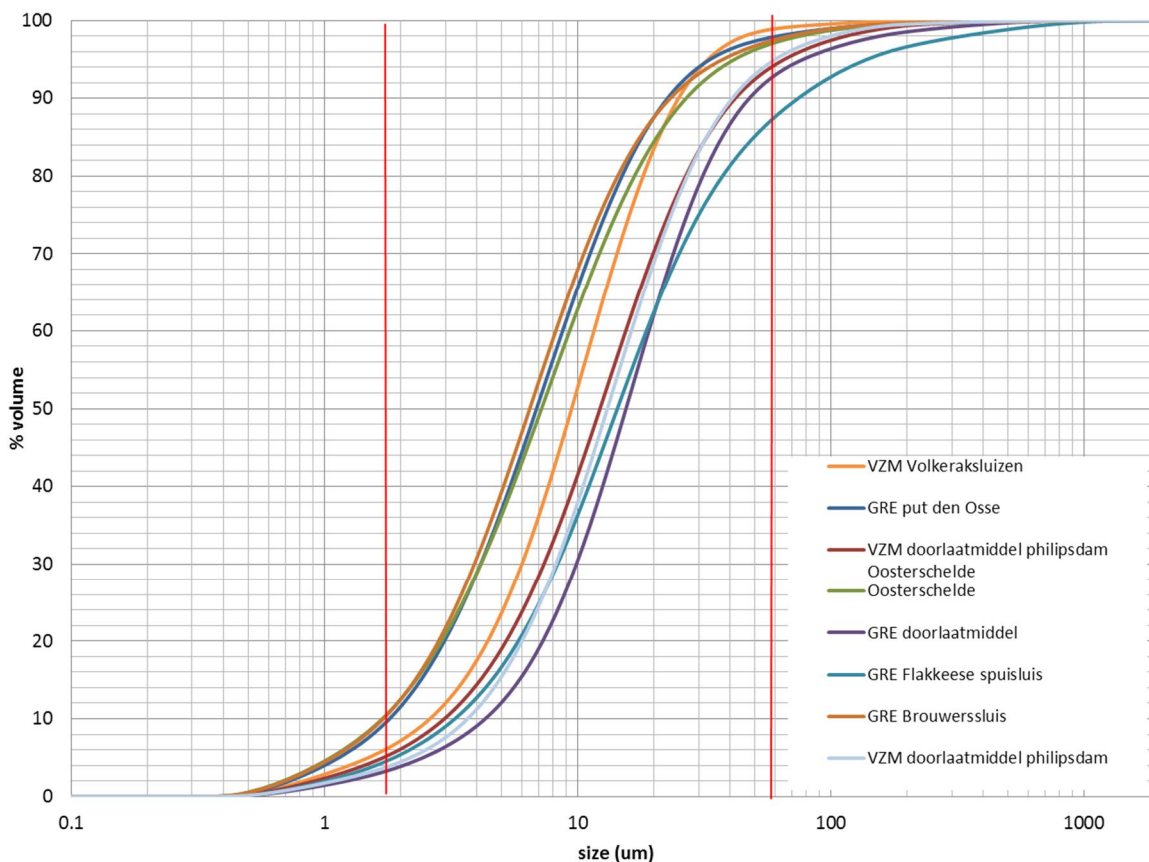
De korrelverdeling wordt bepaald met laserdiffractie. Hierbij zijn twee methodieken, namelijk:

- 1 t.b.v. karakterisatie primaire deeltjes
- 2 t.b.v. in-situ korrelverdeling

In het eerste geval wordt het monster voorbehandeld om organisch materiaal en kalk te verwijderen en de vlokken op te breken in primaire deeltjes (NEN-5753). Hiermee wordt dus de korrelverdeling van de anorganische primaire deeltjes bepaald. In het tweede geval ondergaat het monster na (nat) zeven op 2 mm om schelpen en ander grof materiaal te verwijderen slechts een milde voorbehandeling om klei- en siltdeeltjes los te maken van de zandfractie. Hiermee wordt dus de korrelverdeling van het geflocculeerde (organische en anorganische) materiaal bepaald die meer representatief is voor in-situ omstandigheden. In dit geval zijn beide methodieken toegepast. Voor details over de resultaten van de eerste methodiek zie bijlage A.

Uit deze analyse blijkt dat voor alle mild voorbehandelde monsters geldt dat er slechts weinig sediment kleiner is dan 2  $\mu\text{m}$  (een percentage variërend van 4 tot 12%). Ook bevatten de monsters slechts weinig zand (een percentage variërend van 2 tot 11%). Veruit de grootste klasse is de siltfractie (tussen 2 en 64  $\mu\text{m}$ ). De mediane deeltjesgrootte varieert tussen 6 en 16  $\mu\text{m}$ . Voor de voorbehandelde monsters is het percentage sediment kleiner dan 2  $\mu\text{m}$  veel hoger (variërend tussen 20 en 39%). Dit komt doordat deze monsters zijn gedeflocculeerd.

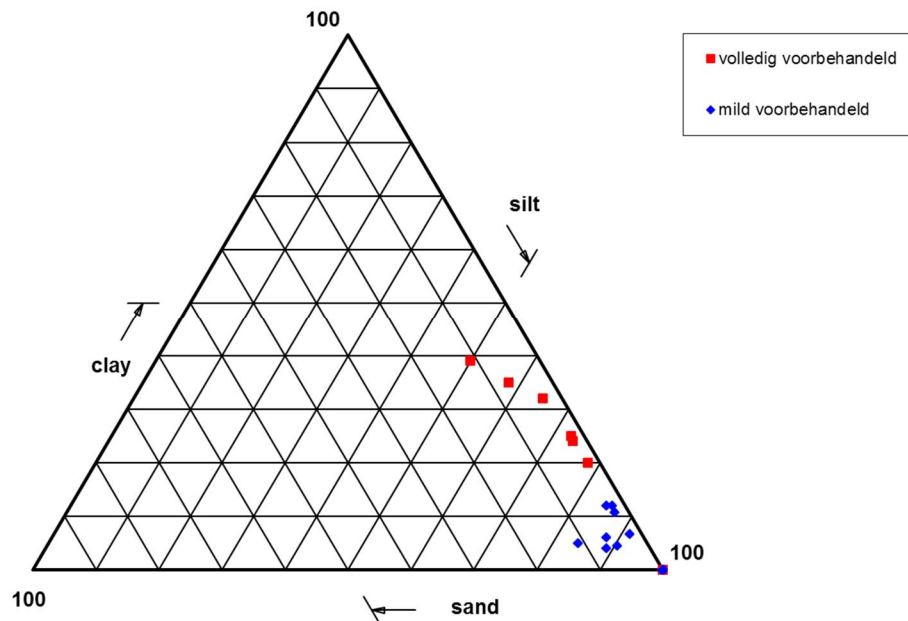
De volledige korrelverdelingen van de mild voorbehandelde monsters worden getoond in Figuur 3.1. De op basis van deze analyses bepaalde zand-, silt- en kleigehaltes zijn weergegeven in Tabel 3.1 en in Figuur 3.2.



Figuur 3.1 Korrelverdeling van de mild voorbehandelde monsters (zie tekst voor uitleg).

Tabel 3.1 Gemeten zand-, silt en kleigehalte (%).

monsternaam	in-situ		voorbehandeld		% zand
	% klei	silt/klei	% klei	silt/klei	
VZM Volkeraksluizen	6.7	13.6	20	3.9	1.9
GRE put de Osse	10.8	8.1	24	3.1	2.2
VZM doorlaatmiddel Philipsdam Oosterschelde	6	14.7			6
Oosterschelde	12	7.1	32	2.0	3
GRE doorlaatmiddel	4	22.3	35	1.7	7
GRE Flakkeese spuisluis	5	16.8	39	1.3	11
GRE Brouwerssluis	12	7.2	25	2.9	2
VZM doorlaatmiddel Philipsdam	4.5	20.1			5



Figuur 3.2 Gemeten zand, silt en kleigehaltes uitgezet in driehoek.

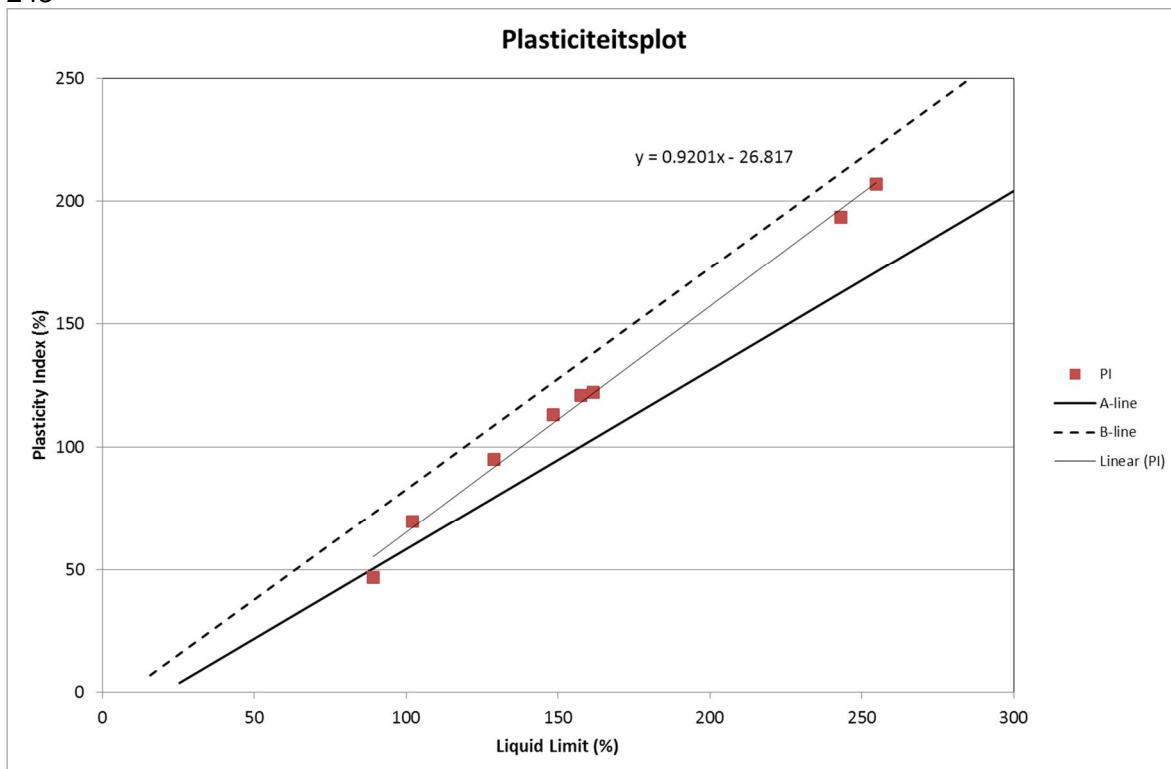
### 3.1.2 Plasticiteitsgrenzen

De plasticiteitsgrenzen dienen om het cohesieve gedrag van slibmonsters te classificeren en zijn bepaald voor een achttal slibrijke monsters. De vloeigrens is het watergehalte (= gewicht water / gewicht droog sediment) waarbij een in het monster aangebracht sleufje in een bepaalde tijd net niet dichtvloeit. De uitrolgrens is het watergehalte waarbij het monster nog net in een dun 'worstje' kan worden gekneet zonder dat het verkrumelt. Deze analyse is uitbesteed aan Wiertsema & Partners. Tabel 3.2 toont de resultaten. De resultaten kunnen worden samengevat in een 'plasticiteitsplot' waarin de plasticiteitsindex is uitgezet tegen de vloeigrens en in een 'activiteitsplot' waarin de plasticiteitsindex is uitgezet tegen het kleigehalte (zie Figuren 3.3 en 3.4). Alle monsters met  $PI > 90\%$  kunnen worden geclassificeerd als 'extreem hoog plastisch', m.a.w. het sediment heeft een sterk waterbindend vermogen. Alle monsters tonen een plasticiteitsindex veel groter dan de kritische waarde van 7%, d.w.z. alle monsters gedragen zich cohesief. Uit de helling van de activiteitsplot volgt een activiteit van 3.6, hetgeen aangeeft dat het kleimineraal montmorilloniet aanwezig moet zijn (activiteit 7 tot 9) naast minder actieve kleimineralen zoals kaoliniet (activiteit 0.4) en illiet (activiteit 0.9). In de plasticiteitsplot liggen alle monsters op 1 na tussen de zogenaamde A-lijn en B-lijn in, hetgeen duidt op een dominantie van anorganische klei.

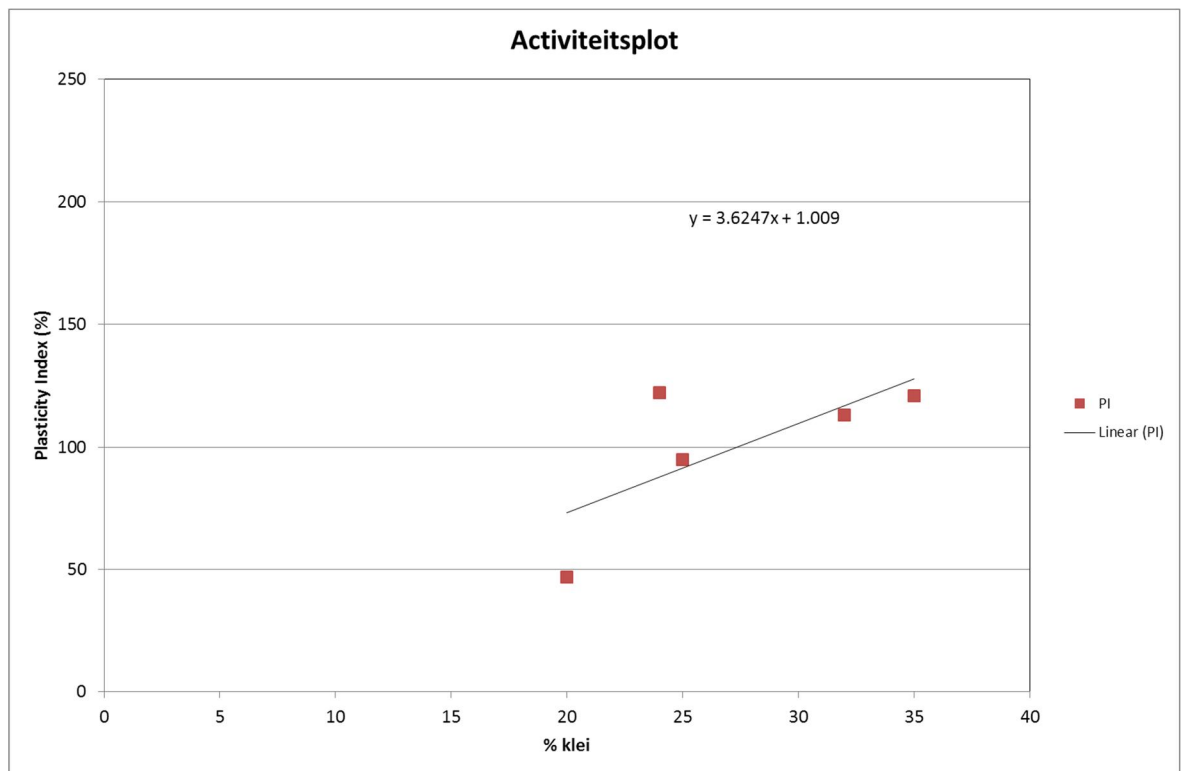
Tabel 3.2 Plasticiteitsgrenzen

Monster nummer	Diepte t.o.v. mv.	Vloeigrens in %	Uitrolgrens in %	Plasticiteits index in %
Gre Brouwerssluis	Toplaag	129,0	34,0	95,0
Gre flakkeese spuisluis	Toplaag	102,2	32,5	69,8
Oosterschelde	Toplaag	148,4	35,4	113,0
Gre doorlaatmiddel	nb	157,5	36,7	120,8
VZM Volkeraksluizen	Toplaag	89,3	42,4	46,9
Gre Put de Osse	Toplaag	161,5	39,2	122,3
VZM doorlaatmiddel Philipsdam Oosterschelde	Toplaag	254,8	47,8	207,0
VZM doorlaatmiddel Philipsdam	nb	243,0	49,3	193,6

243



Figuur 3.3 Relatie tussen plasticiteitsindex en vloeigrens (zgn. 'plasticiteitsplot')



Figuur 3.4 Relatie tussen plasticiteitsindex en kleigehalte (zgn. 'activiteitsplot')

### 3.1.3 Dichtheid en water-, zout- en organisch gehalte

Tabel 3.3 geeft de dichtheid en water-, zout- en organisch gehalte van de geroerde monsters. Twee geroerde monsters hebben een hoge dichtheid en een laag organisch gehalte (minder dan 1%). De overige monsters hebben een dichtheid in de range 1066 tot 1176 kg/m<sup>3</sup> en een organisch gehalte van 4 tot 8%. Het poriewater van de VZM monsters heeft een veel lagere geleidbaarheid (1 tot 4 mS/cm) dan dat van GRE (circa 38 mS/cm). Dit wordt veroorzaakt door de veel lagere saliniteit, respectievelijk 0-2 ppt en 27 ppt.

Zowel organisch gehalte en geleidbaarheid (saliniteit) hebben invloed op de flocculatie van slib, waarbij hogere waarden flocculatie bevorderen.

Tabel 3.3 Dichtheid en water-, zout- en organisch gehalte van de geroerde monsters

monster	%ds (%)	w (%)	$\rho_{\text{bulk}}$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\mu$ (mS/cm)	S (ppt)	TOC (%)
VZM inloop Rijn-Schelde	64.3	55.5%	1655			0.55
VZM Volkeraksluizen	24.3	312%	1176	0.82	0	3.78
VZM doorlaatmiddel Philipsdam	10.1	890%	1066	4.46	2.5	6.15
Oosterschelde	17.6	468%	1121	38.5	27.5	4.81
GRE doorlaatmiddel	16.4	510%	1112			8.03
GRE Put den Osse	19.5	413%	1136	36.5	26	5.43
GRE Flakkeese spuisluis	24.2	313%	1175	37.5	27	5.98
GRE VP4	70.0	42.9%	1757			0.79
GRE Brouwerssluis	23.4	327%	1168	39.4	28	4.78

%ds = percentage droge stof (%)

w = watergehalte (= massa water / massa droge stof) × 100%

$\rho_b$  = bulkdichtheid (= massa / volume) (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = elektrische geleidbaarheid (mS/cm)

S = saliniteit (ppt)

TOC = Total Organic Carbon (%)

### 3.1.4 Valsnelheid

Op een deel van de monsters is de valsnelheidsverdeling bepaald met een sedimentatie-balans. Hierbij worden de niet voorbehandelde monsters verdund met omgevingswater tot een concentratie van circa 0.5 g/l en in een glazen kolom gegoten waarin onderin een cirkelvormige plaat is opgehangen aan een nauwkeurige balans. Door sedimentatie van het gesuspendeerde monster neemt de massa sediment op de plaat geleidelijk toe van 0 totdat al het materiaal is uit de waterkolom is gesedimenteerd. Uit de gewichtstoename in de tijd kan de valsnelheidsverdeling van het materiaal worden afgeleid, zie Tabel 3.4 voor een overzicht van de resultaten en Figuren 3.5 t/m 3.9 voor de valsnelheidsverdeling per monster.

Uit de valsnelheidsverdeling kan ook een korrelgrootteverdeling worden herleid onder aanname van de dichtheid van de deeltjes. Dit wordt hier niet gedaan omdat deze dichtheid niet precies bekend is en voor geflocculeerd materiaal bovendien afhankelijk is van de grootteklasse. Daarom wordt de korrelgrootteverdeling apart bepaald, zie §3.1.1. Hieruit volgt een d50 (mediane korrelgrootte) van circa 10  $\mu\text{m}$ .

Op basis van deze resultaten wordt geconcludeerd dat het materiaal geflocculeerd is, omdat de valsnelheid van ongeflocculeerd sediment met  $d_{50} = 10 \mu\text{m}$  lager is dan de met de sedimentatiebalans bepaalde valsnelheid. Volgens de wet van Stokes bedraagt de valsnelheid voor  $d = 10 \mu\text{m}$   $w_s = 0,087 \text{ mm/s}$ .

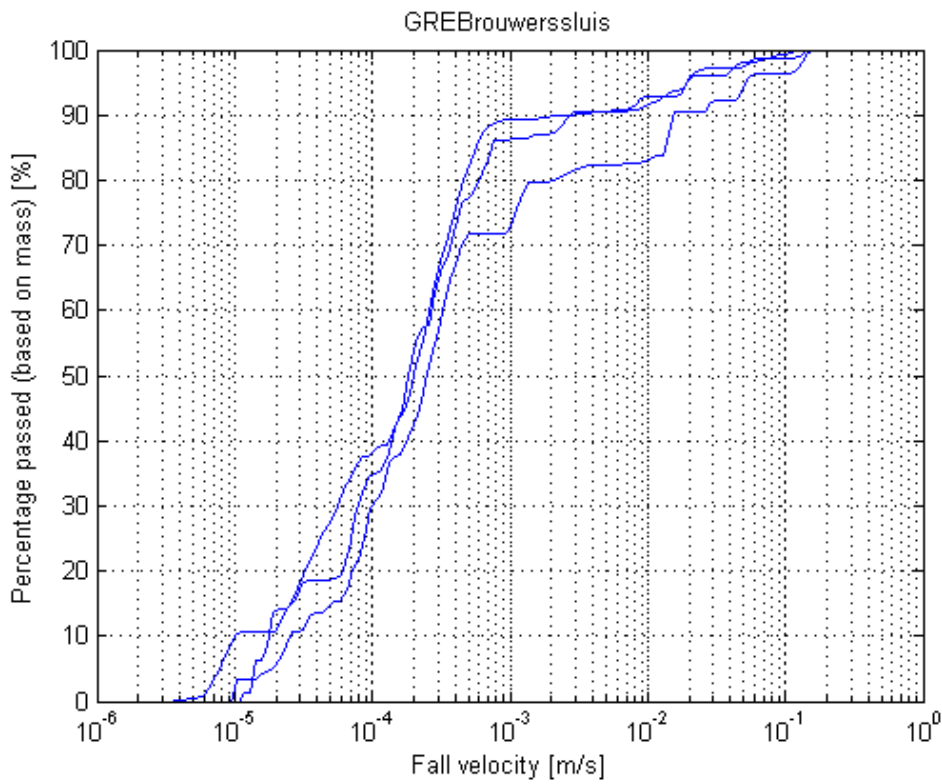
De valsnelheid van het monster VZM Volkeraksluizen vertoont de grootste spreiding bij het herhaald uitvoeren van de meting. Een mogelijke verklaring voor deze afwijking is dat het zoutgehalte van dit monster het laagste is en dat de gevormde vlokken minder stabiel zijn. Behalve organisch materiaal heeft ook geleidbaarheid (saliniteit) een belangrijke invloed op flocculatie (zie ook Tabel 3.2).

De mediane valsnelheid wordt verder in dit rapport gebruikt als representatieve waarde om het effect van het nieuwe peilbeheer op de slibconcentratie in mg/l te bepalen. Voor het effect op de vertroebeling is een lagere waarde representatief (b.v. de 25-percentielwaarde) omdat kleine, langzaam zakkende deeltjes sterker bijdragen aan de vertroebeling dan grote, snel zakkende deeltjes. Dit is hierin niet verder uitgewerkt omdat uit de huidige metingen geen verband kan worden afgeleid tussen concentratie en vertroebeling (lichtverstrooiing). Wel kan eenvoudig het effect van een lagere valsnelheid op de slibbalans worden vastgesteld: hoe lager de valsnelheid, des te hoger wordt de slibconcentratie door het verschuivende evenwicht tussen sedimentatie en resuspensie (zie voor meer details §3.4).

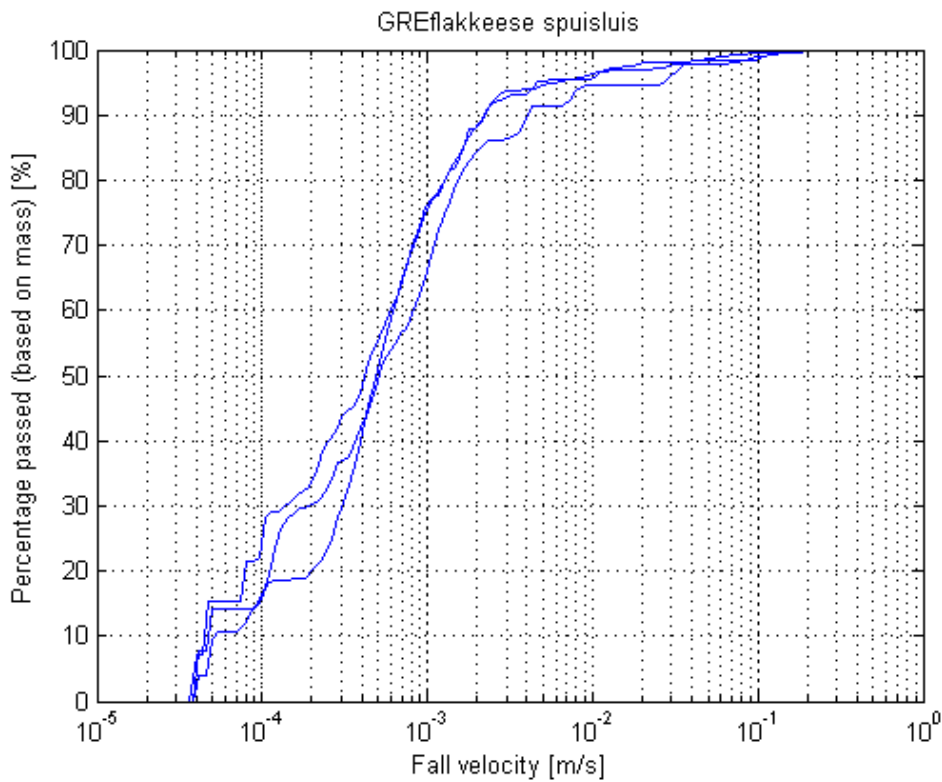
Ten slotte wordt nog opgemerkt dat de valsnelheid in het laboratorium niet precies gelijk hoeft te zijn aan de valsnelheid in-situ, aangezien valsnelheid afhangt van de vloggrootte die weer afhangt van de lokale omstandigheden qua concentratie, turbulentie, saliniteit en organisch gehalte. De in-situ omstandigheden zijn echter zoveel mogelijk gereproduceerd m.u.v. turbulentie, aangezien metingen met een sedimentatiebalans noodzakelijkerwijs plaatsvinden in stilstaand water. Wel is bij de monstervoorbereiding voorzichtig verdund en gemengd om het monster niet bloot te stellen aan een veel hogere turbulentie-intensiteit dan in-situ.

Tabel 3.4 Mediane valsnelheid en 25- en 75 percentielwaarde ( $w_{s15}$ ,  $w_{s50}$  en  $w_{s85}$ )

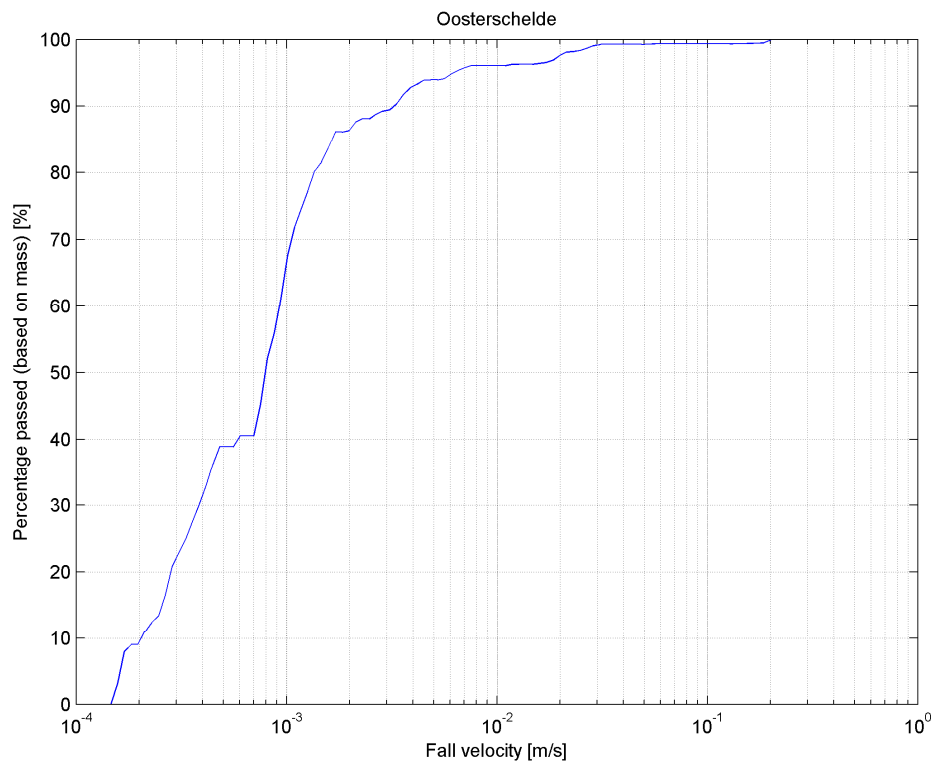
No.	Monsternaam	$w_{s25}$ (mm/s)	$w_{s50}$ (mm/s)	$w_{s75}$ (mm/s)
1	VZM Volkeraksluizen		0.1 – 1	
2	GRE put den Osse	0.09	0.3	1.0
4	Oosterschelde	0.3	0.8	1.2
6	GRE Flakkeese spuisluis	0.15	0.5	1.0
7	GRE Brouwerssluis	0.07	0.2	0.6



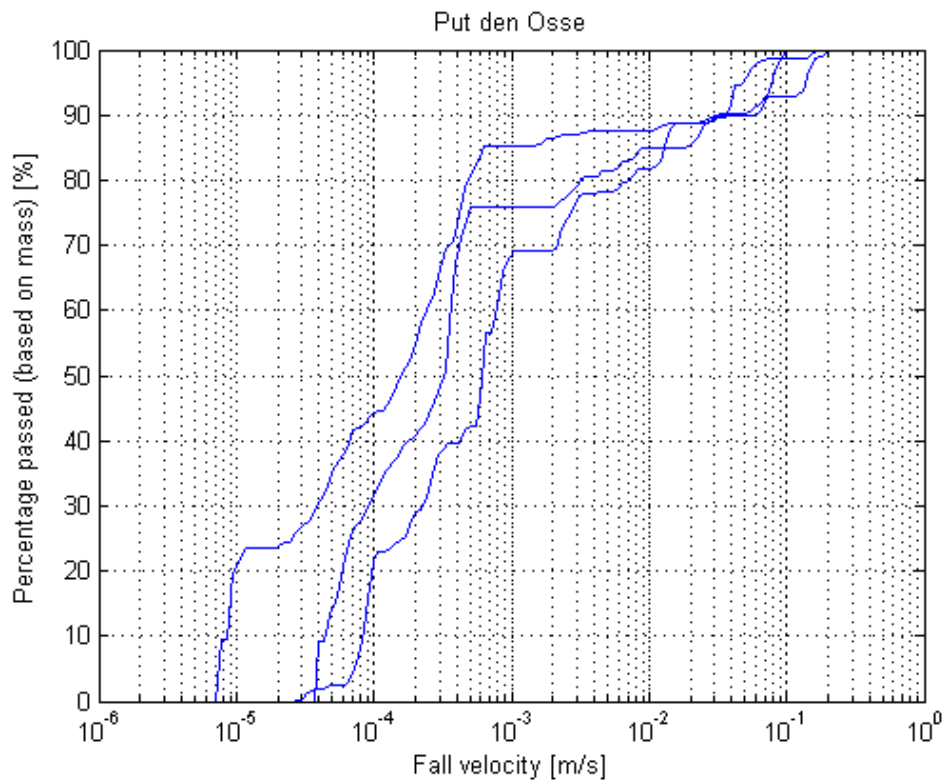
Figuur 3.5 Valsnelheidsverdeling voor monster GRE Brouwerssluis.



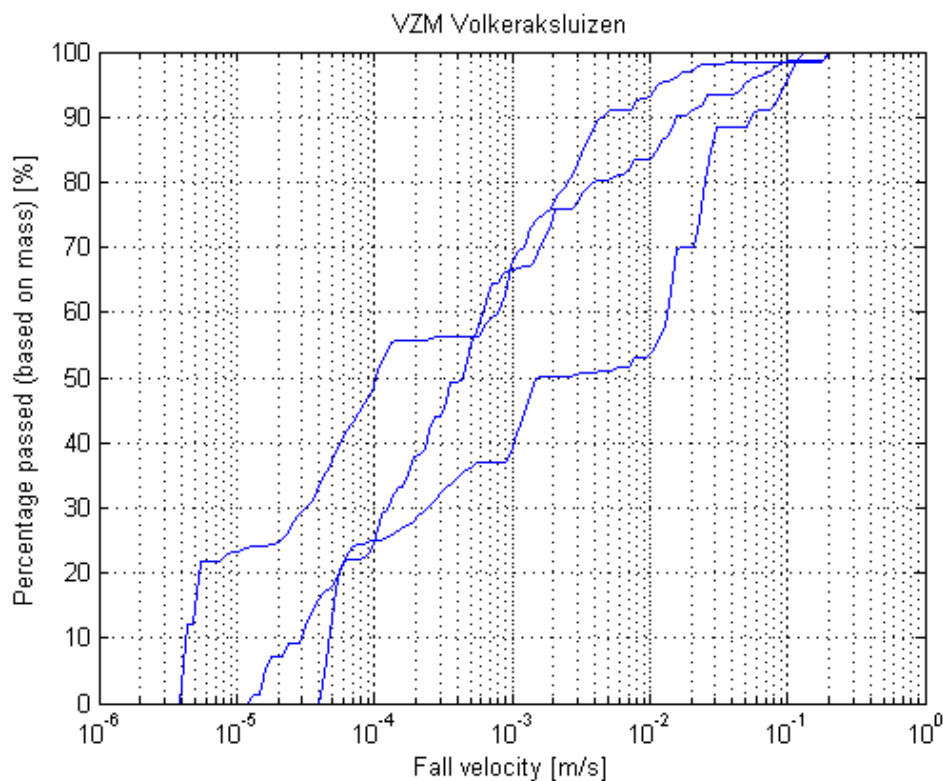
Figuur 3.6 Valsnelheidsverdeling voor monster GRE Flakkeese spuisluis.



Figuur 3.7 Valsnelheidsverdeling voor monster Oosterschelde.



Figuur 3.8 Valsnelheidsverdeling voor monster GRE Put den Osse.



Figuur 3.9 Valsnelheidsverdeling voor monster VZM Volkeraksluizen.

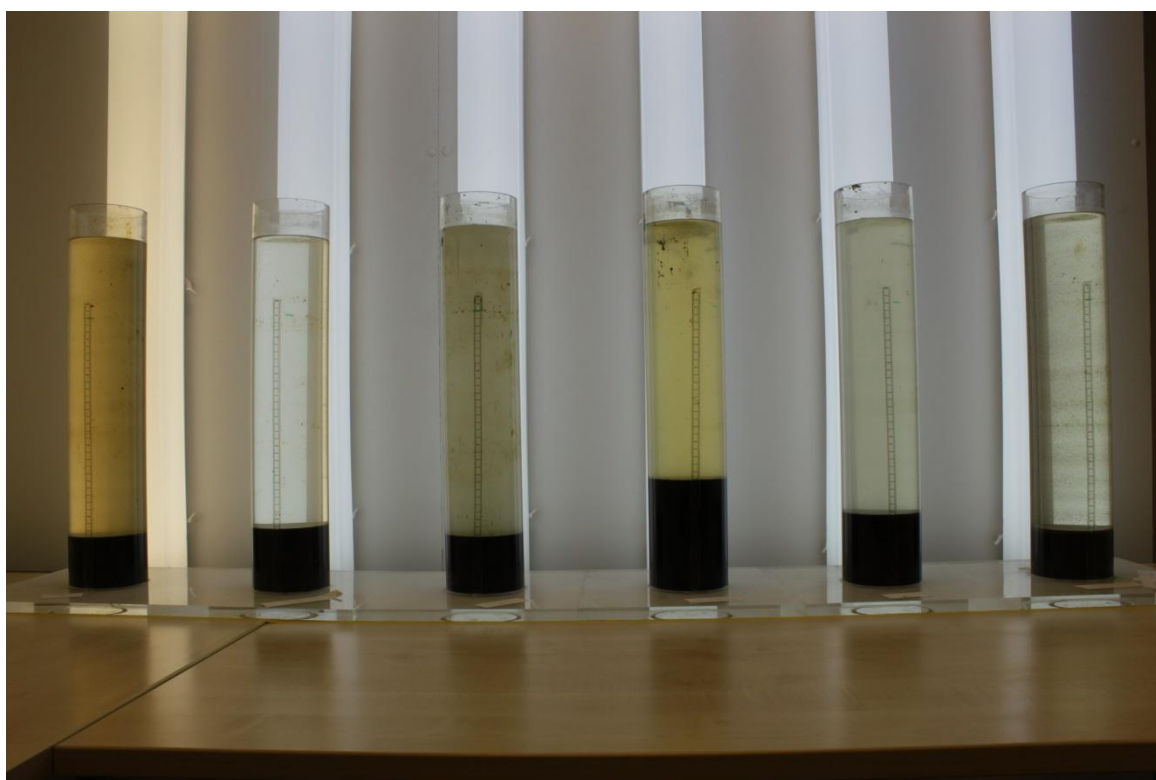
### 3.1.5 Consolidatie-eigenschappen (in sedimentatiekolommen)

Uit de consolidatie-eigenschappen van de (verdunde) monsters kunnen enkele materiaal-eigenschappen worden bepaald zoals de relatie tussen doorlatendheid en porositeit ( $k - e$ ) en de relatie tussen korrelspanning en porositeit ( $\sigma' - e$ ). Deze coëfficiënten ( $K_k$ ,  $K_p$  en  $n$ ) worden afgeleid uit de ligging en helling van het grensvlak tussen water en bodem als functie van de tijd. Dit grensvlak wordt met beeldverwerkingssoftware geautomatiseerd bepaald uit een reeks foto's waarmee het consolidatie-experiment wordt vastgelegd, zie Figuur 3.10 voor een voorbeeld van zo'n foto en Figuur 3.11 voor een voorbeeld van het resultaat, namelijk het grensvlak als functie van de tijd. In Figuur 3.11 is ook de raaklijn getrokken die loopt van punt a (overgang bezinking naar consolidatie) tot punt b (overgang naar dominantie korrelspanning). Zie Merckelbach (2000) of Winterwerp en van Kesteren (2004) voor meer detail.

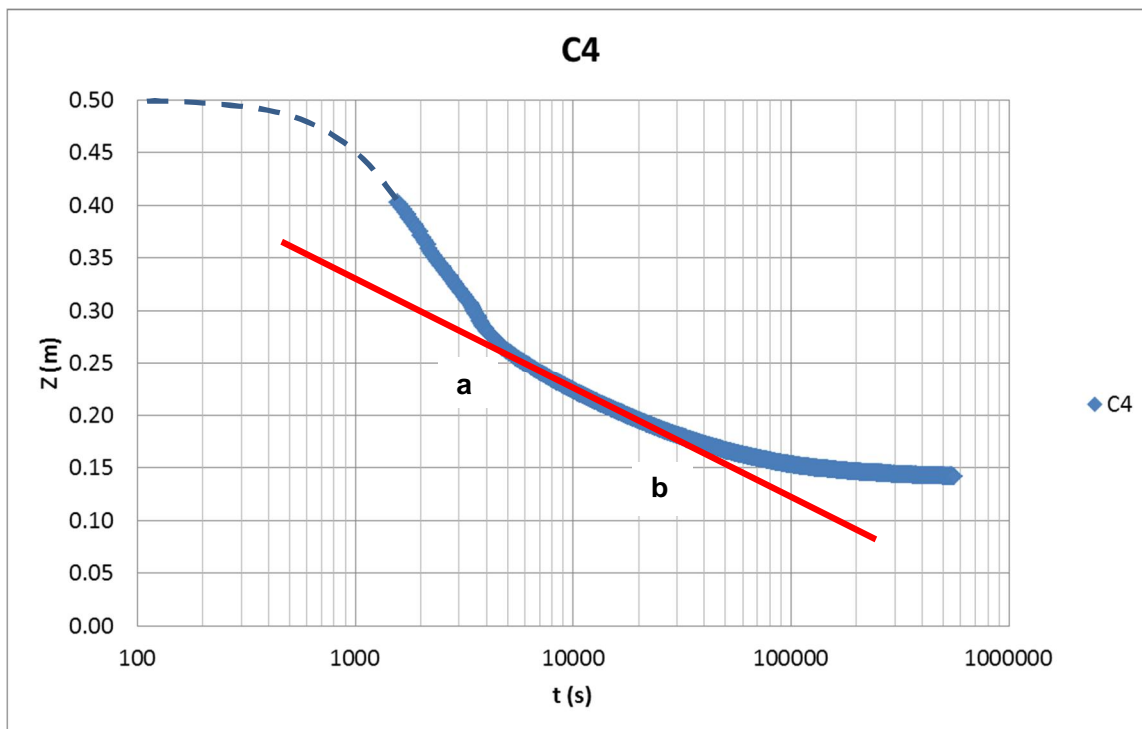
In Tabel 3.5 staan de uit de  $h = f(t)$  bepaalde coëfficiënten weergegeven. Op basis hiervan kan ook de consolidatie-coëfficiënt  $c_v$  worden bepaald. Voor een uitleg van de in Tabel 3.5 genoemde parameters en de methodiek om hieruit  $c_v$  te bepalen zie §3.2.6. Merk op dat de waarden in Tabel 3.5 in de range liggen van andere slijsorten in Nederland.

Tabel 3.5 Overzicht van resultaten van de consolidatie-experimenten.

kol.	monster	c (start) (g/l)	h (eind) (cm)	$\rho$ (eind) (kg/m <sup>3</sup> )	$K_p$ (Pa)	$K_k$ (m/s)	D (-)
1	GRE Flakkeese spuisluis	66	7	1237	4.15E+07	2.0E-13	2.74
2	GRE doorlaatmiddel	66	8.5	1195	1.31E+09	2.0E-15	2.63
3	GRE Brouwerssluis	55	7.4	1187	1.09E+10	8.7E-15	2.68
4	VZM doorlaatmiddel philipsdam Oosterschelde	40	14.2	1071	3.20E+08	1.2E-12	2.74
5	GRE put de Osse	60	9	1168	1.31E+08	4.3E-13	2.64
6	VZM Volkeraksluizen	35	6.5	1135	5.05E+09	2.6E-15	2.61



Figuur 3.10 Foto van consolidatie-tests in 6 kolommen



Figuur 3.11 Voorbeeld van resultaat uit consolidatietest: hoogte van het grensvlak tussen water en bodem als functie van de tijd.

## 3.2 Eigenschappen ongeroerde monsters:

### 3.2.1 Kritische schuifspanning voor erosie en erosiesnelheid met Gust probe

De kritische schuifspanning voor erosie en de erosie-constante van de ongeroerde monsters is bepaald met een zogenaamde Gust-probe. Hierbij wordt een stapsgewijs toenemende gelijkmatig verdeelde bodemschuifspanning opgelegd en wordt de erosie-snelheid van de monsters gemeten.

Tabel 3.6 vat de resultaten van deze test samen. Helaas waren er per bekken slechts 2 monsters geschikt voor de erosietest vanwege lekkage of een en te grote onregelmatigheid van het grensvlak van de overige kernen. Uit de tests is op te maken dat de kritische schuifspanning voor erosie  $\tau_{cr}$  varieert tussen de 0.2 en 0.5 Pa en de erosie-constante  $M$  tussen  $1.6$  en  $5.3 \times 10^{-3}$  kg/m<sup>2</sup>/s. De waarde voor  $\tau_{cr}$  wordt bepaald uit de afsnede van de raaklijn van de erosiesnelheid met de x-as.

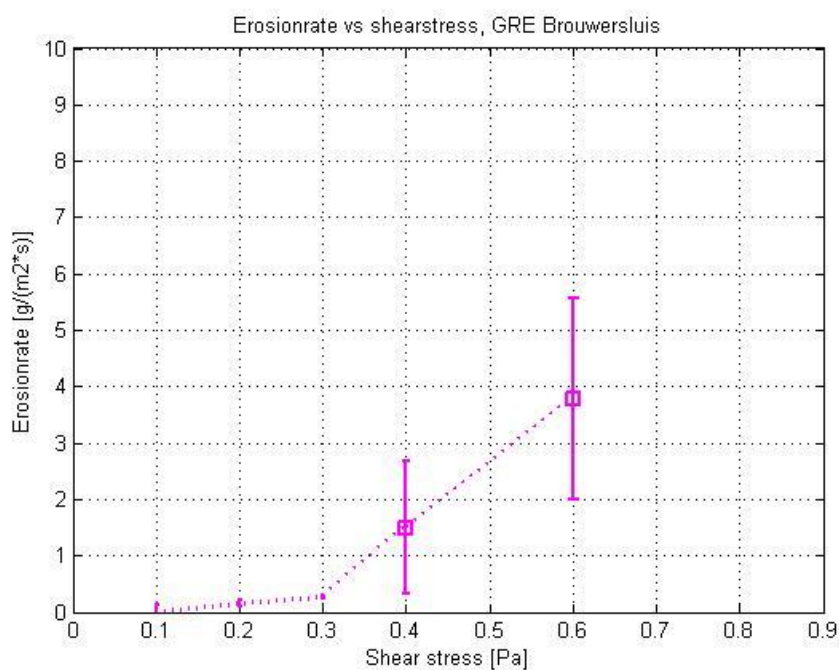
De erosiesnelheid  $E$  hangt volgens de volgende formule af van de bodemschuifspanning  $\tau$ :

$$E = M^* (\tau - \tau_{cr}) = M(\tau/\tau_{cr} - 1) \text{ met } M = M^* \tau_{cr}$$

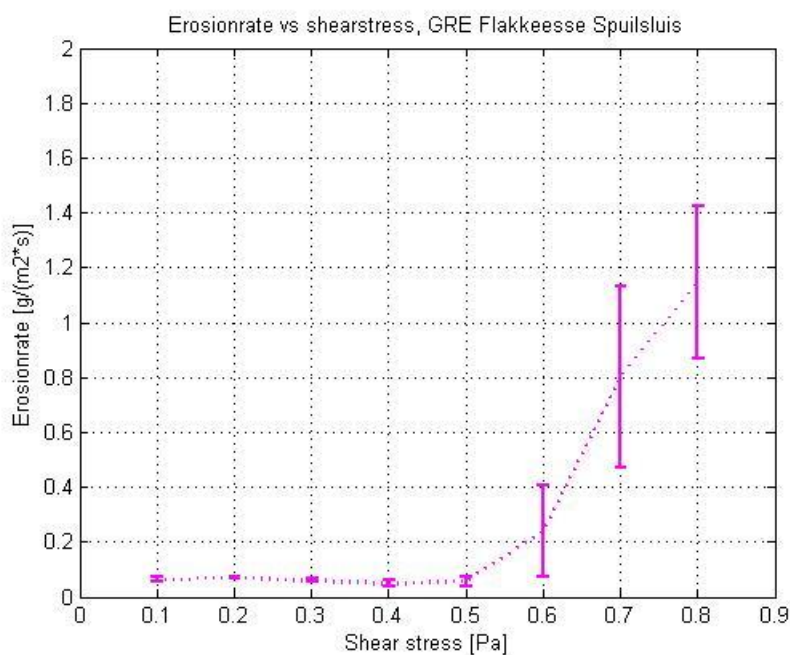
In de Figuren 3.12 t/m 3.15 is het verband tussen bodemschuifspanning en erosiesnelheid per monster weergegeven. Ten tijde van uitvoering van de erosiemetingen was de afstand tussen het bodemgrensvlak en de bovenzijde van de kolom gelijk aan de bij de monsternamen gekozen afstand ( $10 \pm 1$  cm). Er is dus geen significante in de consolidatie waargenomen in de periode tussen monsternamen en erosietest (enkele weken).

Tabel 3.6 Resultaten erosietests

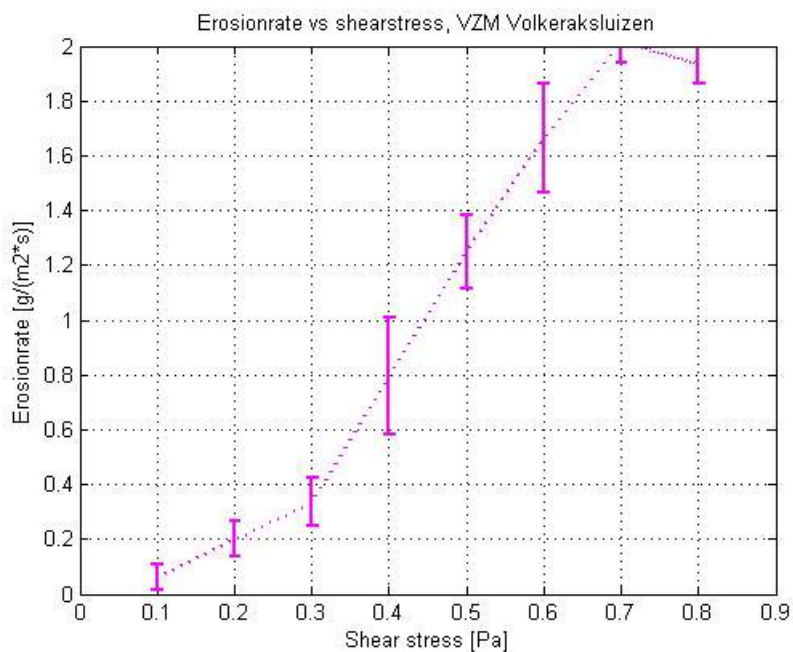
no.	monster	$\tau_{cr}$ (Pa)	$M^*$ (s/m)	$M$ (kg/m <sup>2</sup> /s)
1	Gre Brouwerssluis	0.3	1.33E-02	5.33E-03
2	Gre Flakkeese spuisluis	0.5	4.00E-03	2.40E-03
5	VZM Volkeraksluizen	0.2	4.00E-03	1.60E-03
8	VZM doorlaatmiddel Philipsdam	0.2	1.60E-02	4.80E-03



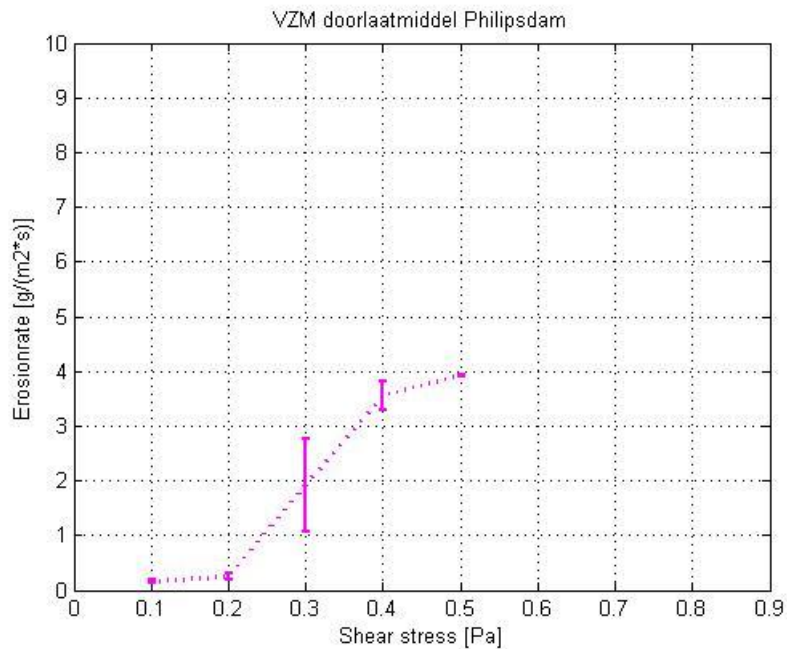
Figuur 3.12 Resultaat erosietest met Gust-probe voor monster GRE Brouwerssluis.



Figuur 3.13 Resultaat erosietest met Gust-probe voor monster GRE Flakkeese spuisluis.



Figuur 3.14 Resultaat erosietest met Gust-probe voor monster VZM Volkeraksluizen.

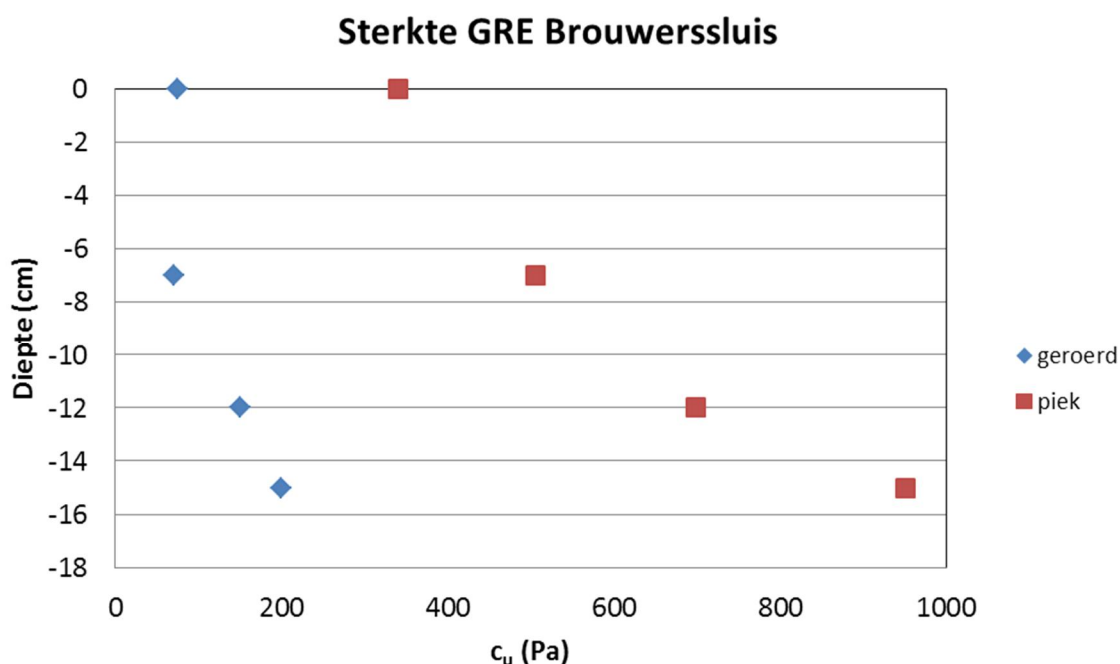


Figuur 3.15 Resultaat erosietest met Gust-probe voor monster VZM Philipsdam.

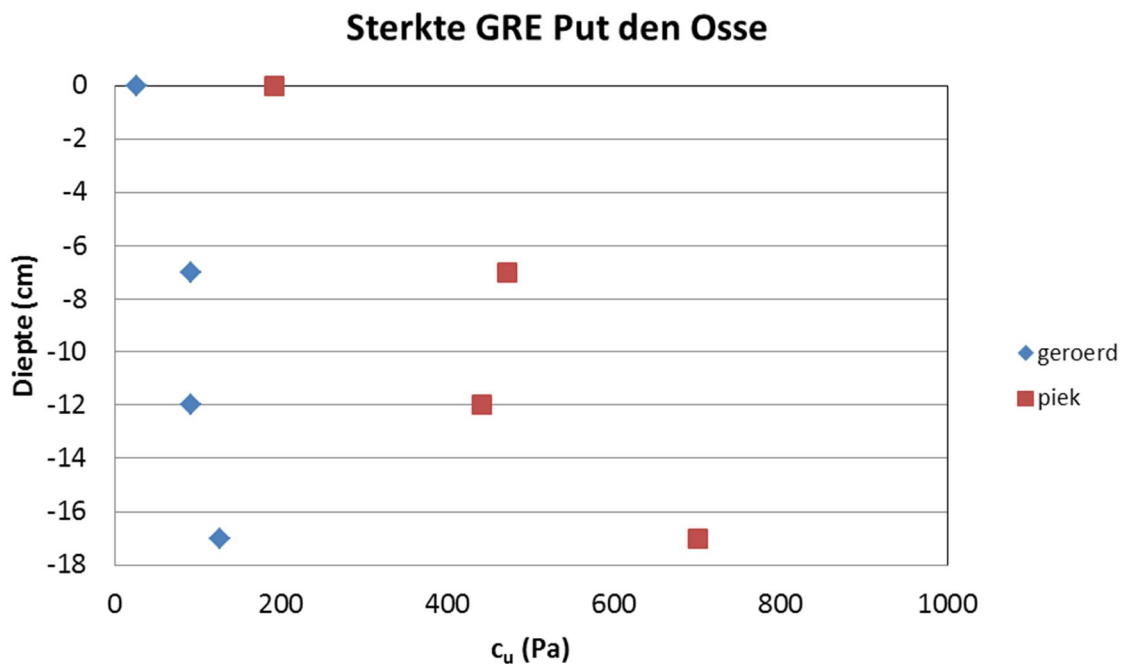
### 3.2.2 Sterkeprofielen

De sterkteprofielen van de ongeroerde monsters zijn bepaald met een reometer waaraan een kruisvormige spindel ('vane') is bevestigd. Er is op een drie- tot viertal verticale niveaus gemeten. De schuifspanning op het moment van bezwijken van het monster is bepaald ('piek') alsmede de residuele schuifspanning na bezwijken ('geroerd'). De sterkteprofielen worden in de onderstaande figuren getoond. Omdat dit kortdurende metingen zijn waarin mogelijk optredende wateroverspanningen niet kunnen dissiperen, gaat het hier om de ongedraineerde sterkte.

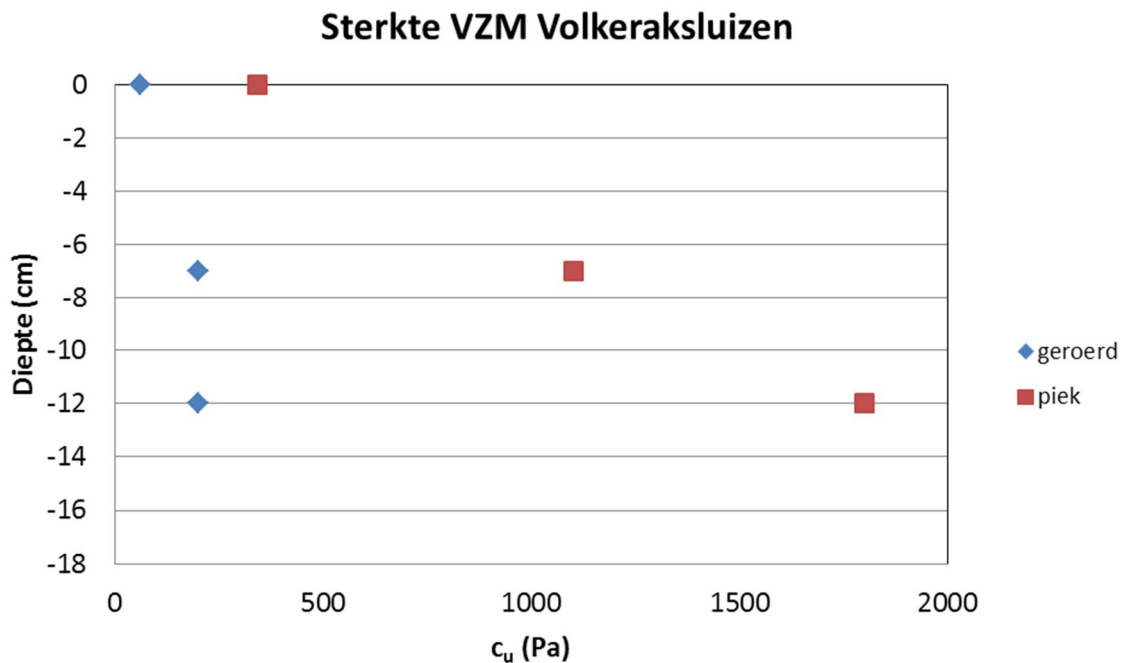
Voor alle monsters geldt dat zowel de piek- als de ongedraineerde sterkte toenemen met de diepte (zie Figuren 3.16 t/m 3.19). Deze toename verloopt min of meer lineair met de diepte. Aan het bodemgrensvlak varieert de pieksterkte tussen 200 en 400 Pa en de ongedraineerde sterkte tussen 25 en 75 Pa. De toename van de sterkte met de diepte betekent dat in geval van erosie de erosiesnelheid afneemt met de diepte door een toenemende kritische schuifspanning voor erosie die positief is gecorreleerd met de ongedraineerde sterkte en dichtheid (zie volgende paragraaf). Het verband tussen ongedraineerde schuifsterkte  $c_u$  en kritische schuifspanning voor erosie  $\tau_{cr}$  is echter niet 1 op 1:  $c_u$  is een bulk-eigenschap en  $\tau_{cr}$  een oppervlakte-eigenschap.



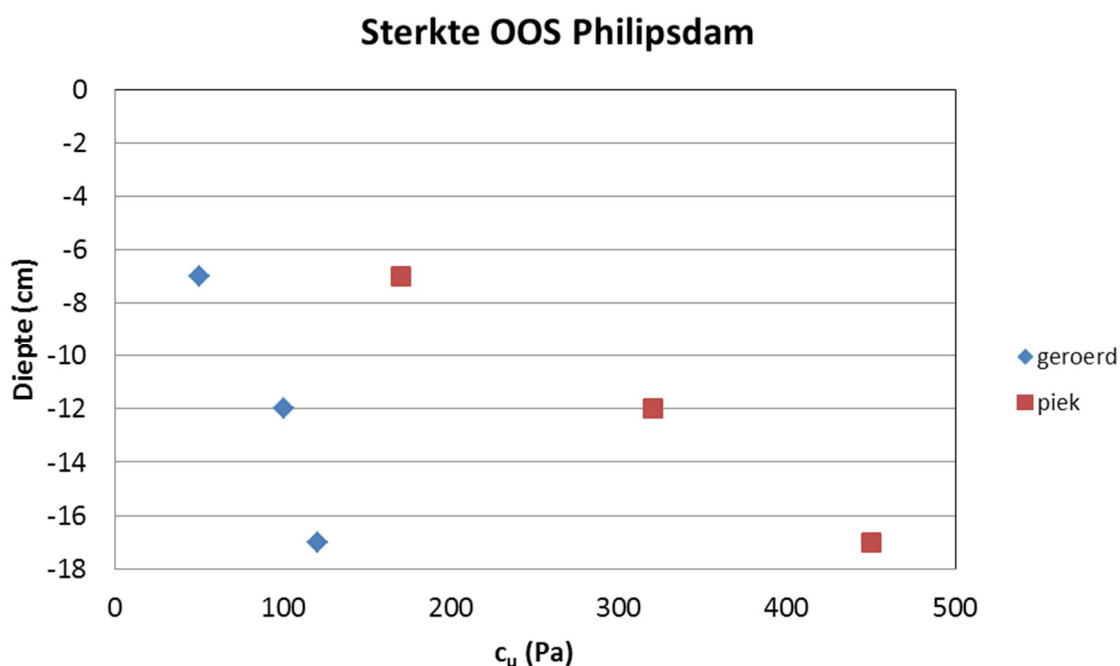
Figuur 3.16 Sterkeprofiel voor monster GRE Brouwerssluis.



Figuur 3.17 Sterkeprofiel voor monster GRE Put den Osse.



Figuur 3.18 Sterkeprofiel voor monster VZM Volkeraksluizen.

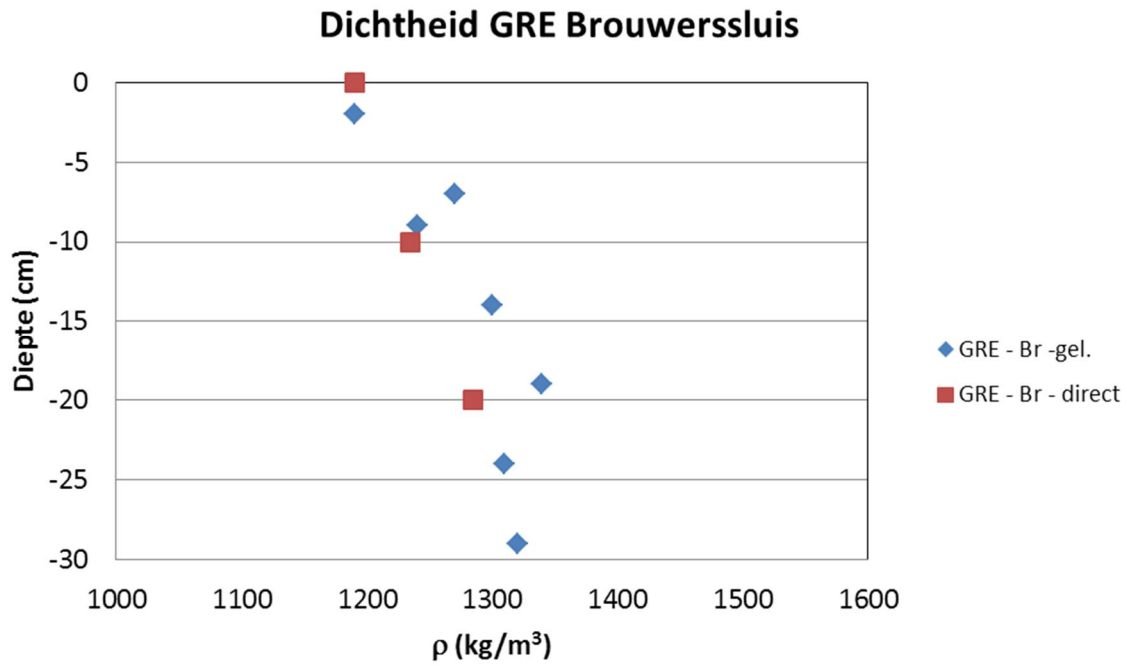


Figuur 3.19 Sterkeprofiel voor monster Oosterschelde Philipsdam.

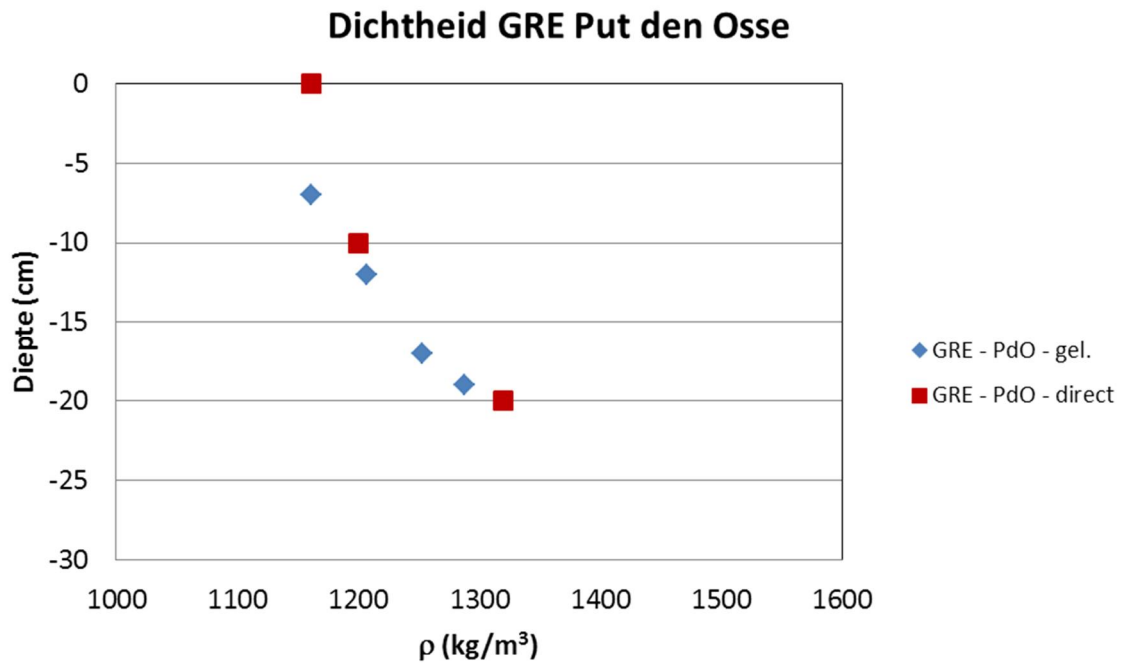
### 3.2.3 Dichtheidsprofielen

Gelijktijdig met de sterkteprofielen van de ongeroerde monsters zijn ook de dichtheidsprofielen bepaald. Dit is op twee manieren uitgevoerd, namelijk met een geleidbaarheidsmeter en d.m.v. drogestofbepaling van submonsters. De eerste methode is minder nauwkeurig maar is niet-destructief en er kan een hogere verticale resolutie mee worden bereikt. De tweede methode is destructief en kan dus alleen aan het eind van de lab-analyses worden toegepast.

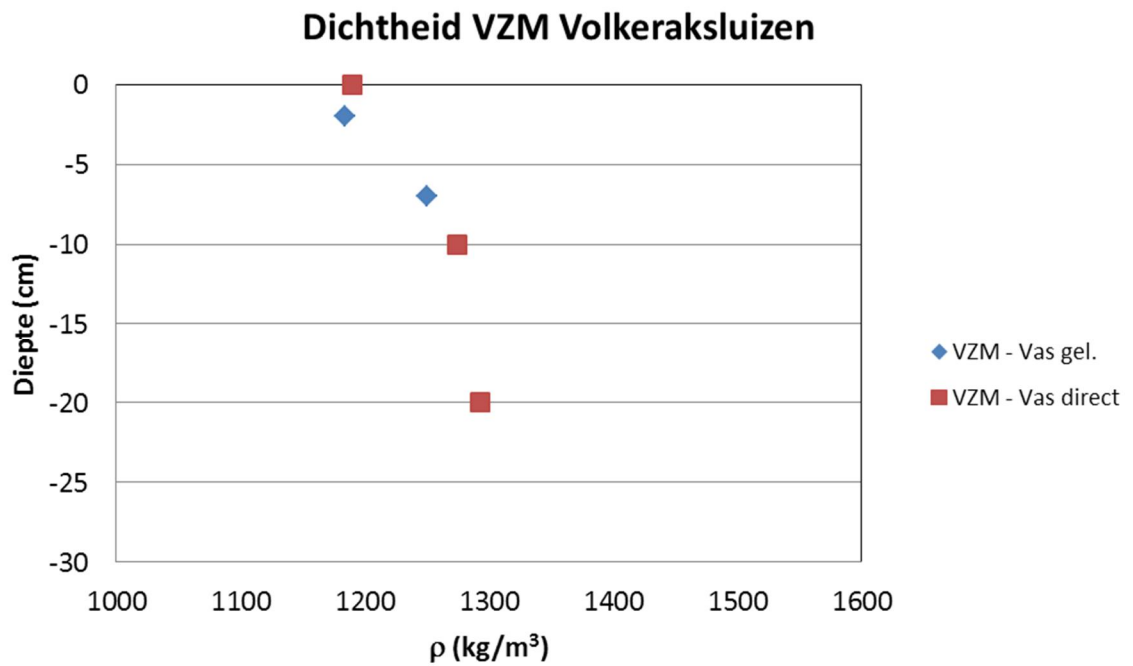
Beide profielen worden in de Figuren 3.20 t/m 3.24 getoond. Hieruit blijkt dat van alle monsters de dichtheid min of meer lineair toeneemt met de diepte, wat consistent is met de sterkteprofielen. De waargenomen dichtheden in de ongestoorde kernen (zie Tabel 3.5) zijn hoger zijn dan de einddichtheden gemeten tijdens de consolidatieproeven. Dit duidt niet op onderconsolidatie van de ongestoorde kernen.



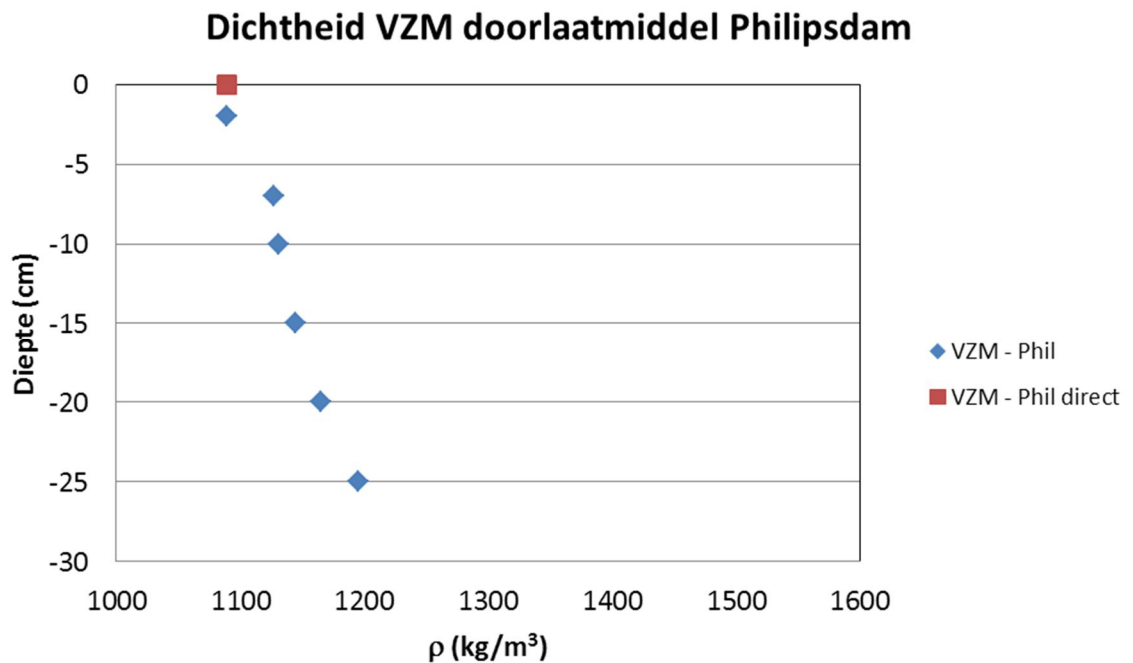
Figuur 3.20 Sterkeprofiel voor monster GRE Brouwerssluis.



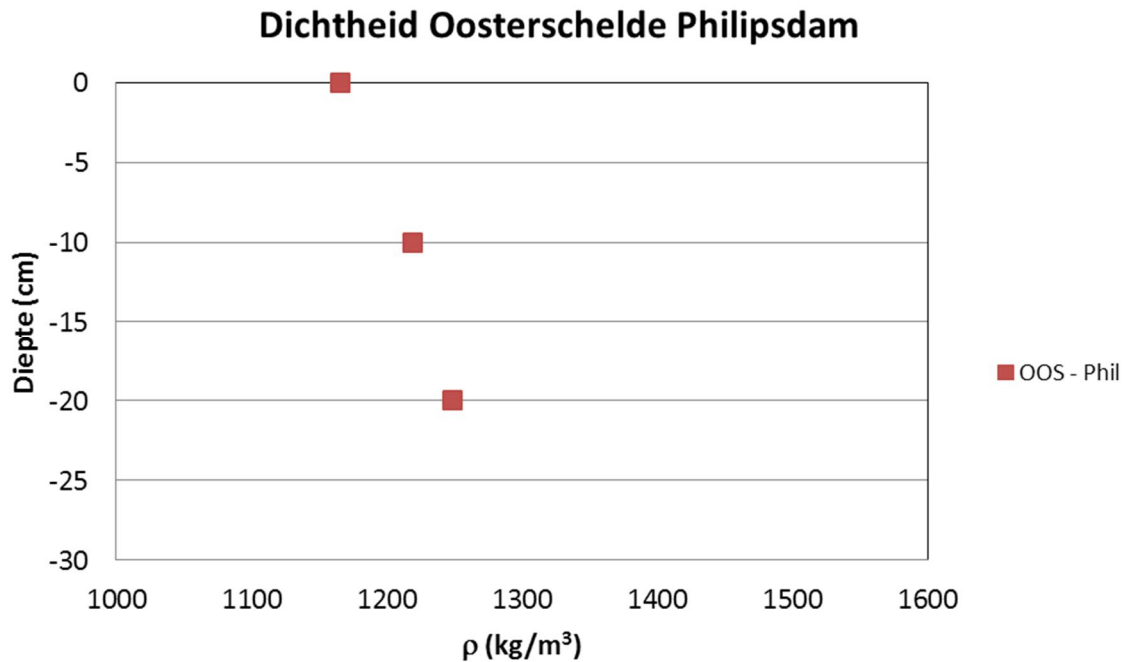
Figuur 3.21 Sterkeprofiel voor monster GRE Put den Osse.



Figuur 3.22 Sterkeprofiel voor monster VZM Volkeraksluizen.



Figuur 3.23 Sterkeprofiel voor monster VZM doorlaatmiddel Philipsdam.



Figuur 3.24 Sterkeprofiel voor monster Oosterschelde Philipsdam.

### 3.2.4 Watergehalte top laag

Het watergehalte van de (ongestoorde) top laag is weergegeven in Tabel 3.7. Uit het watergehalte kan ook de bulkdichtheid en de droge dichtheid (massaconcentratie) worden berekend. Het watergehalte is sterk variabel, resulterend in een bulkdichtheid die varieert tussen 1089 en 1255 kg/m<sup>3</sup> en een droge dichtheid die varieert tussen 121 en 393 kg/m<sup>3</sup> m.a.w. met meer dan een factor 3. Deze waarden zijn alleen representatief voor de top laag, aangezien de dichtheid in alle monsters waarvoor deze is bepaald toeneemt met de diepte, zie §3.2.3.

Deze verschillen kunnen worden veroorzaakt door een combinatie van variabele sediment-eigenschappen en een variabele hydrodynamische belasting.

Tabel 3.7 Resultaten erosietests

No.	Monsternaam	Watergehalte (%)	Bulkdichtheid (kg/m <sup>3</sup> )	Droge dichtheid (kg/m <sup>3</sup> )
13	VZM Volkeraksluizen	327.5	1184	276.9
3	GRE put den Osse	384.5	1161	239.6
16	VZM doorlaatmiddel Philipsdam Oosterschelde	799.8	1089	121.0
16	Oosterschelde	373.1	1165	246.2
2	GRE doorlaatmiddel	357.1	1171	256.3
9	GRE Flakkeese spuisluis	219.2	1255	393.0
1	GRE Brouwerssluis	313.8	1190	287.7
12	VZM doorlaatmiddel Philipsdam	684.3	1101	140.3

N.B. de definitie voor watergehalte  $w$ , bulkdichtheid  $\rho_b$  en droge dichtheid  $\rho_{dry}$  is:

$$w = (\text{massa water} / \text{massa droge stof}) \times 100\%$$

$$\rho_b = \text{massa} / \text{volume} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$\rho_{\text{dry}} = \text{massa droge stof} / \text{volume} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

### 3.3 Interpretatie van de resultaten

De fysische metingen dragen als volgt bij aan de bepaling van de erosiegevoeligheid van de slibbodem en aan de beoordeling van de kans op een verhoogde troebelheid van de waterkolom na een vergroting van de uitwisseling van water met de omgeving:

1. Uit de tests met de Gust-probe volgt direct de kritische schuifspanning voor erosie  $\tau_c$  en de erosieconstante  $M$  voor ongeroerde monsters (zie Tabel 3.6).
2. Uit de tests met de sedimentatiebalans volgt de valsnelheid van het slib  $w_s$  (zie Tabel 3.4).
3. Uit een combinatie van de tests m.b.t. consolidatie, korrelgrootteverdeling, plasticiteitsgrenzen, watergehalte en ongedraineerde schuifspanning volgt een afgeleid verband voor de kritische schuifspanning voor erosie  $\tau_c$  en de erosieconstante  $M$  voor geroerde monsters.

Deze laatste methodiek wordt hieronder uitgewerkt. De kritische schuifspanning voor erosie kan volgens Winterwerp et al. (2012) worden gerelateerd aan de plasticiteitsindex  $PI$  volgens:

$$\tau_{cr} = (0.35 - 1.4) PI^{0.2} \quad (1)$$

De kritische schuifspanning voor erosie kan volgens Whitehouse (2000) worden gerelateerd aan de bulkdichtheid  $\rho_b$  volgens:

$$\tau_{cr} = 0.015 (\rho_b - 1000)^{0.73} \quad (2)$$

In Tabel 3.8 is dit voor de huidige monsters uitgewerkt. Hieruit volgt dat de relatie van volgens Whitehouse (2000) resulteert in lagere waarden dan die volgens Winterwerp et al. (2012). Een aannemelijke verklaring is dat de waarde volgens de plasticiteitsindex representatief is voor geconsolideerde klei (de relatie is immers onafhankelijk van het watergehalte!), terwijl de waarde volgens de bulkdichtheid representatief is voor het grensvlak (waarvan de bulkdichtheid is bepaald). De waarde voor  $\tau_{cr}$  volgens Whitehouse (2000) ligt ongeveer 0.2 Pa boven die volgens de erosie-test. Deze laatste is leidend, omdat dit een direct meting is van  $\tau_{cr}$  en geen empirische correlatie.

Tabel 3.8 kritische schuifspanning voor erosie van de monsters volgens de relatie met plasticiteitsindex en volgens Winterwerp et al. (2012) en volgens de relatie met bulkdichtheid volgens Whitehouse (2000).

no.	naam	Winterwerp (2012)		Whitehouse (2000)	
		PI (%)	$\tau_{cr}$ (Pa)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\tau_{cr}$ (Pa)
1	GRE Brouwerssluis	95	0.87	1190	0.69
2	GRE Flakkeese spuisluis	69.8	0.82	1255	0.86
3	Oosterschelde	113	0.90	1165	0.62
4	GRE doorlaatmiddel	120.8	0.91	1171	0.64
5	VZM Volkerak	46.9	0.76	1184	0.68
6	GER Put den Osse	122.3	0.92	1161	0.61
7	VZM doorlaatmiddel Philipsdam Oosterschelde	207	1.02	1089	0.40
8	VZM doorlaatmiddel Philipsdam	193.6	1.00	1101	0.44

Merk op dat met relatie (2) en de in §3.1.3 bepaalde dichtheidsprofielen ook profielen voor  $\tau_{cr}$  als functie van de diepte kunnen worden afgeleid. Uit de dichtheidsprofielen blijkt dat de bulkdichtheid in alle monsters over de bovenste 10 cm toeneemt met tenminste  $50 \text{ kg/m}^3$ . Uitgaande van een bulkdichtheid van  $1100 \text{ kg/m}^3$  aan het bodemgrensvlak neemt de bulkdichtheid op een diepte van 10 cm toe tot tenminste  $1150 \text{ kg/m}^3$ . Volgens relatie (2) neemt de sterkte dan toe met een factor  $[(1150 - 1000)/(1100 - 1000)]^{0.73} = 1.34$ . Op een diepte van 20 cm neemt de sterkte dan toe met een factor  $[(1200 - 1000)/(1100 - 1000)]^{0.73} = 1.66$ . Dit betekent dat  $\tau_{cr}$  op deze diepte een ondergrens van  $0.2 \times 1.66 = 0.33 \text{ Pa}$  heeft. Deze toename belangrijke invloed op de grootte de erosieflux bij voortschrijdende erosie, zie §3.3 en §3.4.

Naast waarden voor  $\tau_{cr}$  kunnen ook waarden van de erosieconstante  $M$  worden afgeleid uit de metingen. Dit gebeurt in 2 stappen. In de eerste stap wordt de consolidatie-coëfficiënt  $c_v$  bepaald uit de consolidatiemetingen volgens:

$$c_v = [2/(3 - D)] K_k K_p / (\rho_w g) \quad (3)$$

waarin de fractale dimensie  $D = 3 - 2/n$ . Volgens wordt de erosie-constante  $M$  bepaald uit  $c_v$ , mediane deeltjesgrootte  $d_{50}$  en ongedraineerde schuifsterkte  $c_u$ , volumeconcentratie  $\phi_s$  en droge dichtheid  $\rho_s$  volgens (Winterwerp en van Kesteren, 2004 en Winterwerp et al., 2012):

$$M = c_v \phi_s \rho_s / (10 d_{50} c_u)$$

In Tabel 3.9 is deze berekening uitgevoerd voor alle monsters waarvoor consolidatie-eigenschappen zijn bepaald. De resulterende  $M$ -waarden zijn een orde of meer lager dan die op basis van de directe erosie-metingen (zie Tabel 3.2). Evenals voor  $\tau_{cr}$  geldt hier dat de uit de consolidatiemetingen bepaalde  $M$ -waarden representatief zijn voor de bulk-eigenschappen over circa 10 cm, terwijl de erosie-metingen representatief zijn voor de bovenste centimeter.

De gemeten lage bulkdichtheid en hoge erodeerbaarheid van de toplaag worden mogelijk veroorzaakt door onderconsolidatie. Ondanks zorgvuldige behandeling van de ongestoorde monsters is het mogelijk dat de consolidatiegraad in het laboratorium afwijkt van die in-situ. Hoewel dit niet is waargenomen, kan dit verder worden onderzocht door in-situ dichtheidsprofielen te meten, bijvoorbeeld met een 'siltprofieler'. Gelijktijdig zouden dan eventueel ook andere parameters kunnen worden gemeten zoals zuurstofgehalte, pH en redoxpotentiaal. De consequentie van de onzekerheid van de erosie-eigenschappen wordt onderzocht in paragraaf 3.4.

Tabel 3.9 Berekende erosieconstante  $M$  op basis van de consolidatie-eigenschappen.

	$K_p$ (Pa)	$K_k$ (m/s)	$n$ (-)	$D$ (-)	$e$ (-)	$\phi_s$ (-)	$\rho_s$ ( $\text{kg/m}^3$ )	$c_v$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	$M$ (s/m)
GRE Brouwerssluis	1.09E+10	8.70E-15	7.572	2.74	7.42	0.119	308.8	8.31E-08	3.05E-04
GRE Flakkeese spuisluis	4.15E+07	2.00E-13	5.353	2.63	5.27	0.159	414.4	5.39E-09	3.56E-05
GRE doorlaatmiddel	1.31E+09	2.00E-15	6.327	2.68	8.36	0.107	277.9	1.89E-09	5.62E-06
VZM Volkeraksluizen	5.05E+09	2.60E-15	7.669	2.74	7.70	0.115	299.0	1.16E-08	3.99E-05
GRE put de Osse	1.31E+08	4.30E-13	5.566	2.64	8.94	0.101	261.6	3.55E-08	9.36E-05
VZM doorlaatmiddel Philipsdam Oosterschelde	3.20E+08	1.20E-12	5.123	2.61	16.98	0.056	144.6	2.12E-07	1.71E-04

### 3.4 Toepassing van de resultaten op de Grevelingen

De uitgevoerde tests resulteren in waarden voor parameters  $\tau_c$ ,  $M$  en  $w_s$  die per locatie variëren. In combinatie met de lokale bodemschuifspanningsdynamiek berekend met het beschikbare hydrodynamische model van de Grevelingen voor de huidige en nieuwe situatie kan de lokale erosieflux worden berekend. Op basis van de gemeten valsnelheid kan de lokale depositieflux worden berekend als functie van de concentratie. Ten slotte kan een massabalans worden opgesteld van de Grevelingen waaruit volgt bij welke slibconcentratie aan- en afvoer, depositie en erosie van slib met elkaar in evenwicht zijn voor de huidige en nieuwe situatie. Uit het verschil tussen beide concentraties kan afgeleid worden hoe groot de toe- of afname is van de slibconcentratie (en dus vertroebeling) van de nieuwe t.o.v. de huidige situatie zou kunnen worden.

Deze kwantitatieve analyse is uitgevoerd met behulp van uitvoer van het beschikbare hydrodynamische model waarop een nabewerking is toegepast om de erosieflux als functie van plaats en tijd te bepalen. Deze is vervolgens gebruikt als invoer voor een massabalans voor slib die met een eenvoudige spreadsheetanalyse is gemaakt.

Hierbij zijn de volgende parameter-waarden toegepast:

$$w_s = \mathbf{0.2} \text{ tot } 0.8 \text{ mm/s}$$

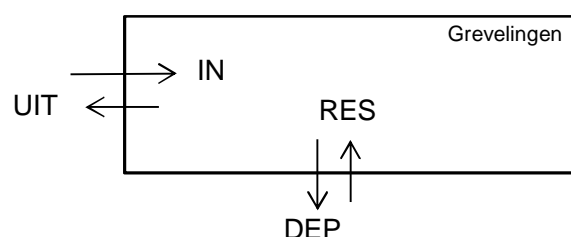
$$\tau_{cr} = \mathbf{0.2} \text{ tot } 0.5 \text{ Pa}$$

$$M = 1.6 \text{ tot } \mathbf{5.3} \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2/\text{s}$$

De vetgedrukte waarden zijn hierbij conservatief in de zin dat toepassing hiervan tot een bovengrens voor de vertroebeling leidt. Deze waarden zijn conservatief onder de aanname dat de in het laboratorium gemeten waarden representatief zijn voor de in-situ condities.

De Figuren 3.25 en 3.26 geven respectievelijk de snelheids- en bodemschuifspanningsstatistiek in het Grevelingenmeer. De Figuren 3.27 t/m 3.30 geven de resulterende erosieflux voor ongelimiteerde en gelimiteerde beschikbaarheid van slib beneden -8 m NAP voor verschillende waarden van  $\tau_{cr}$  (0.2, 0.3 en 0.5 Pa).

De onderstaande figuur geeft schematisch de water- en slibbalans van het Grevelingenmeer voor de toekomstige situatie. Ieder getij gaat er een volume  $V_{\text{getij}}$  naar binnen en ook weer naar buiten. Dit leidt tot een slibmassa  $V_{\text{getij}} \times C_{\text{zee}}$  naar binnen (met  $C_{\text{zee}}$  de slibconcentratie op zee) en een slibmassa  $V_{\text{getij}} \times C_{\text{Gre}}$  naar buiten (met  $C_{\text{Gre}}$  de slibconcentratie in de Grevelingen). In de Grevelingen treedt zowel depositie als resuspensie op. De depositieflux wordt berekend met  $w_s \times C_{\text{Gre}}$  (met  $w_s$  de valsnelheid), per getij is dit een massa van  $w_s \times C_{\text{Gre}} \times A_{\text{Gre}} \times T_{\text{getij}}$  (met  $T_{\text{getij}}$  de duur van het getij en  $A_{\text{Gre}}$  de oppervlakte van de Grevelingen). De erosieflux wordt bepaald op basis van een nabewerking op uitvoer van het hydrodynamische model (zie verderop voor uitleg), per getij is dit een massa van  $E \times T_{\text{getij}}$ . De slibbalans over een getij is voor een evenwichtssituatie ( $C_{\text{Gre}}$  constant):



IN – UIT = DEPOSITIE – RESUSPENSIE

$$V_{\text{getij}} \times C_{\text{zee}} - V_{\text{getij}} \times C_{\text{Gre}} = w_s \times C_{\text{Gre}} \times A_{\text{Gre}} \times T_{\text{getij}} - E \times T_{\text{getij}}$$

Uit deze balans kan  $C_{\text{Gre}}$  worden berekend:

$$C_{\text{Gre}} = (V_{\text{getij}} \times C_{\text{zee}} + E \times T_{\text{getij}}) / (w_s \times A_{\text{Gre}} \times T_{\text{getij}} + V_{\text{getij}})$$

Alle parameters uit de bovenstaande vergelijking zijn bekend met uitzondering van het product  $E \times T_{\text{getij}}$ , de massa slib die per getij erodeert. Deze is berekend met het hydrodynamische model volgens:

$$E \times T_{\text{getij}} = \int_{T_{\text{getij}}} \int_{A_{\text{Gre}}} M \max(0, (\tau(x, y, t) / \tau_{\text{crit}} - 1)) \, dA \, dt$$

Hierbij is aangenomen dat beneden -8 m NAP overal een onbeperkte hoeveelheid slib aanwezig is met erosie-eigenschappen  $M$  en  $\tau_{\text{crit}}$  en dat boven -8 m NAP geen extra resuspensie optreedt vanwege het ontbreken van een sliblaag. De Figuren 3.3 en 3.4 geven respectievelijk de snelheids- en bodemschuifspanningsstatistiek in de Grevelingen. Het gaat hierbij om een hydrodynamisch scenario met 55 tot 60 cm getij. De Figuren 3.5 t/m 3.8 geven de resulterende erosieflux voor ongelimiteerde en gelimiteerde beschikbaarheid van slib beneden -8 m NAP voor verschillende waarden van  $\tau_{\text{cr}}$  (0.2, 0.3 en 0.5 Pa).

Voor  $M = 5.3 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^2/\text{s}$  en  $\tau_{\text{crit}} = 0.2 \text{ Pa}$  volgt uit de integratie op basis van uitvoer van het hydrodynamische model  $E \times T_{\text{getij}} = 28.8 \text{ kton}$  (per getij). Voor  $\tau_{\text{crit}} = 0.5 \text{ Pa}$  is dit 3.7 kton. Resuspensie treedt slechts op in een klein deel van het areaal beneden -8 m NAP (zie Figuur 3.27), het betreft 2.3% van de oppervlakte van de Grevelingen in geval van  $\tau_{\text{crit}} = 0.2 \text{ Pa}$ . Dit areaal is weliswaar klein (2.5 ha), maar vanwege de hoge bovengrens voor erosieparameter  $M$  kan lokaal de erosie meer dan 1 meter per jaar bedragen, uitgaande van een ongelimiteerde beschikbaarheid van slib en verticaal constante erosie-eigenschappen. Dit is met name het geval vlakbij de inlaat, weergegeven met een pijl in Figuur 3.27.

Door de beperkte omvang van het geulareaal waarin resuspensie kan optreden, zijn de resultaten slechts beperkt afhankelijk van de aanname m.b.t. de omvang van het slibpakket. Waar het om gaat is of er in het gebied waarin  $\tau_{\text{crit}}$  wordt overschreden slib aanwezig is. Hierin is aangenomen dat dit het geval is.

Op basis van de toename van de dichtheid met de diepte is het echter aannemelijk dat de erosie-eigenschappen veranderen met de diepte:  $\tau_{\text{crit}}$  neemt toe met de dichtheid volgens relatie (2). Onder de aanname dat hierdoor de erosie gelimiteerd is tot een slibpakket van 1 m, bedraagt de erosieflux gemiddeld over het eerste jaar met een nieuw peilbeheer 2.4 kton per getij voor  $\tau_{\text{crit}} = 0.2 \text{ Pa}$ . Dit is circa 10 keer lager dan de erosieflux direct na aanvang van het nieuwe peilbeheer.

Indien deze waarden worden toegepast in de slibbalans, resulteert dit in  $C_{\text{Gre}} = 30 \text{ mg/l}$  direct na opening en  $C_{\text{Gre}} = 4 \text{ mg/l}$  gemiddeld over het eerste jaar (zie Tabel 3.10). Er treedt dus geen sterke vertroebeling op, wel kan de eerste weken na opening tijdelijk een wat hogere concentratie optreden (vergelijkbaar met die aan de zeezijde van de Brouwersdam). Omdat de gebruikte instellingen een bovengrens zijn voor zowel de erosie-eigenschappen (d.w.z. makkelijke erodeerbaar) als de omvang van het slibpakket (overal beneden -8 m NAP), zal de werkelijk optredende vertroebeling waarschijnlijk minder zijn.

Tabel 3.10 Gebruikte parameterwaarden (conservatief) voor slibbalans Grevelingen en resulterende slibconcentratieverhoging  $\Delta C_{Gre}$

Parameter	Waarde		Eenheid
$w_s$	$0.2 \cdot 10^{-3}$		m/s
M	$5 \cdot 10^{-3}$		kg/m <sup>2</sup> /s
$C_{zee}$	$40 \cdot 10^{-3}$		kg/m <sup>3</sup>
$T_{crit}$	0.2		Pa
$A_{Gre}$	$1.08 \cdot 10^8$		m <sup>2</sup>
$T_{getij}$	$45 \cdot 10^3$		s
$V_{getij}$	$4.5 \cdot 10^7$		m <sup>3</sup>
E	$28.8 \cdot 10^6$	$2.4 \cdot 10^6$	kg/getij (initieel/jaargemiddeld)
$\Delta C_{Gre}$	$32 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-3}$	kg/m <sup>3</sup> (initieel/jaargemiddeld)

Vlak na opening is de interne herverdeling door resuspensie en depositie dominant op invoer van en uitvoer naar zee. De depositie  $D (= w_s C_{Gre} A_{Gre} T_{getij})$  is 29.6 kton per getij, de aanvoer van zee is 1.8 kton en de afvoer naar zee is 1.35 kton. Dit betekent dat het opgewerkte slib nauwelijks naar zee wordt uitgespoeld, maar zich intern herverdeelt. In perioden met weinig wind vindt deze herverdeling over een groot oppervlakte plaats (d.w.z. ook afzetting in ondiepere gebieden), maar uiteindelijk komt het opgewerkte slib in de luwere delen van de geulen terecht waar  $\tau < \tau_{crit}$ . Het merendeel van het geuloppervlak voldoet aan dit criterium na introductie van 60 cm getij..

Na verloop van tijd worden de termen aanvoer vanaf zee en resuspensie min of meer aan elkaar gelijk. De aanvoer blijft 1.8 kton per getij, terwijl resuspensie van het bestaande slibpakket in de geulen gemiddeld over het eerste jaar 2.4 kton per getij bedraagt en geleidelijk steeds meer afneemt. In de evenwichtssituatie is de zee als slibbron dus belangrijker dan het huidige slibpakket in de Grevelingen. Als een voortschrijdend proces wordt het grootste deel van de geulen in de Grevelingen dus geleidelijk ondieper door aanvoer van slib vanaf zee totdat depositie en resuspensie met elkaar in evenwicht komen. Een klein deel van de geulen wordt juist dieper doordat door de toegenomen stromingsdynamiek een (klein) deel van het huidige slibpakket wordt opgeruimd en herverdeeld.

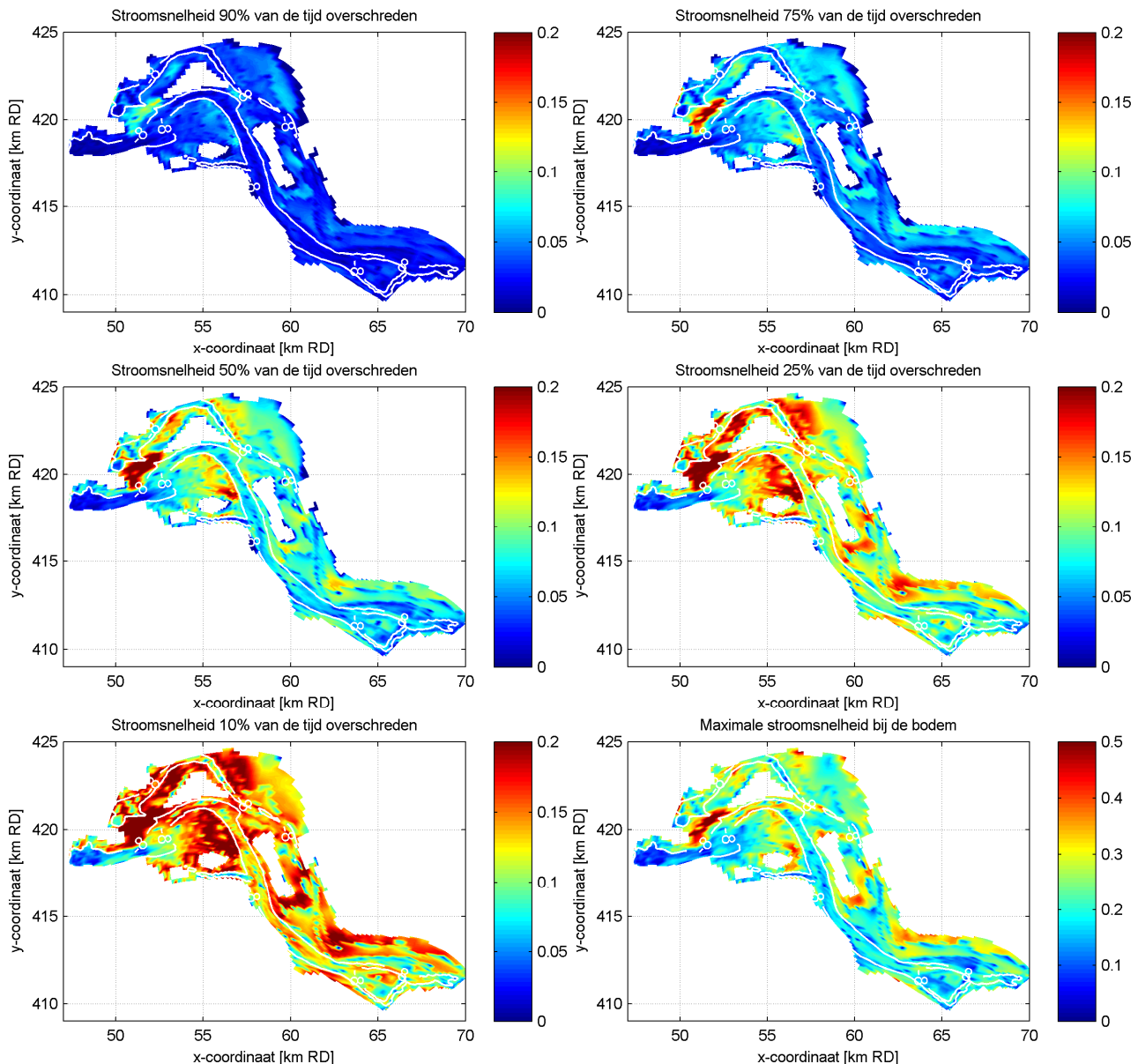
De tijdschaal voor opvulling – die tot stilstand komt bij evenwicht – is orde  $V_{getij} (C_{zee} - C_{Gre}) / (\rho_{mud} V_{Gre}) \times 100\%$  per getij. Met  $V_{Gre} = 6 \cdot 10^8 \text{ m}^3$  en  $\rho_{mud} = 400 \text{ kg/m}^3$  is dit 0.00075% per getij ofwel 0.5% per jaar. De opvulling van de geulen is dus – met uitzondering van de initiële herverdeling – een zeer langzaam proces.

De bovenstaande analyse gaat uit van bestaande hydrodynamische berekeningen op basis van een getijslag van 55 tot 60 cm. Het meest actuele toekomstscenario gaat uit van een iets lagere getijslag. Ook in dit opzicht is de uit de slibbalans berekende concentratietoename een bovengrens,

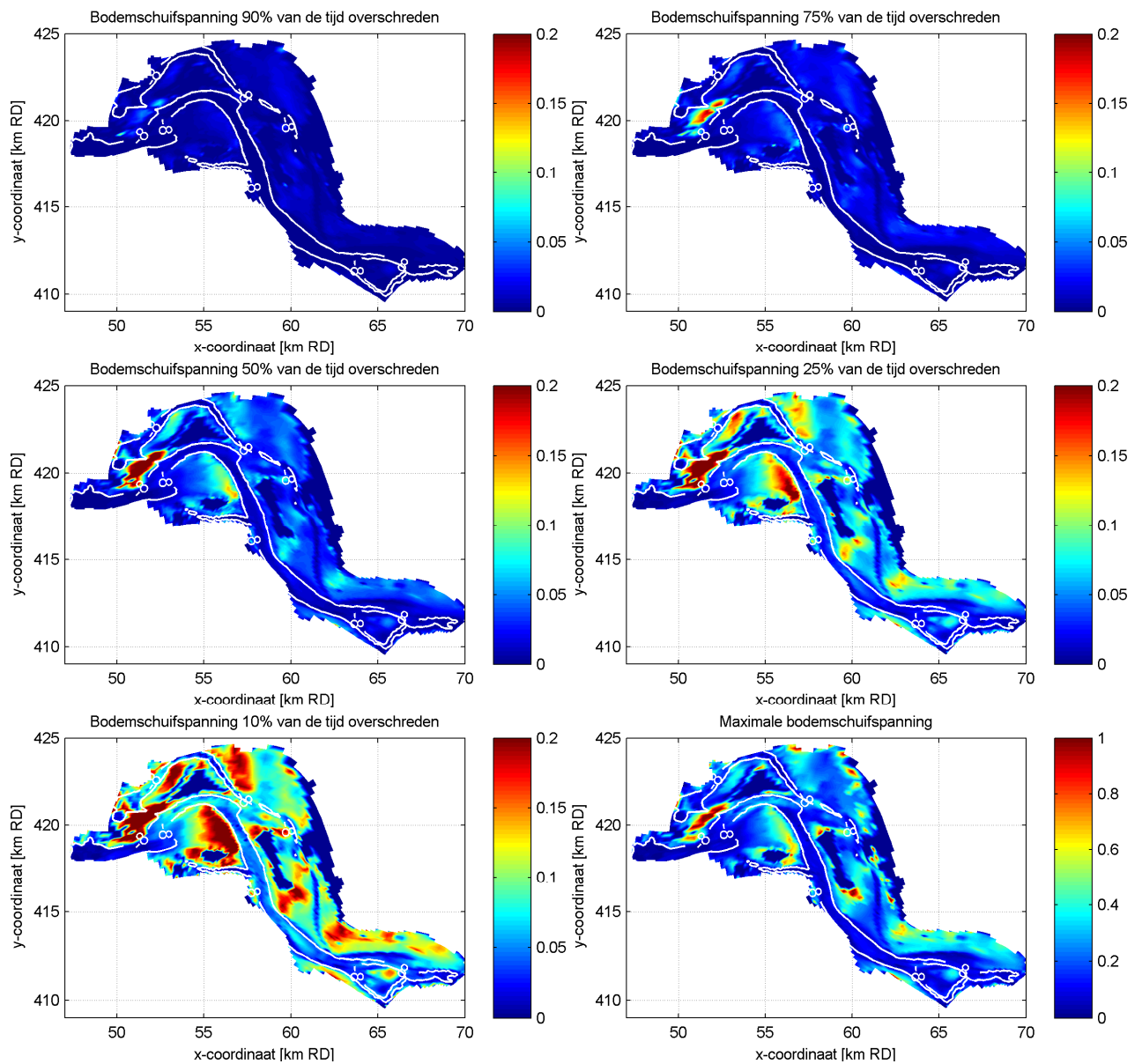
De eenvoudige slibbalans is een versimpeling van de werkelijkheid waarin de slibconcentratie in de Grevelingen varieert in ruimte en tijd. De verdeling in ruimte en tijd kan worden gekwantificeerd door het hydrodynamische model uit te breiden met een slibtransportmodel. Hiermee kan ook een gemiddelde concentratietoename worden berekend.

Maar zeker op de korte termijn wordt de ruimtelijke verdeling van de concentratie mede bepaald door de ruimtelijke omvang van het slibpakket en deze is niet precies bekend. Meer modeldetail vraagt dus om meer meetdetail. Indien het wenselijk is om meer details te krijgen over het verloop van de slibconcentratie in plaats en tijd, kan hiervoor een slibmodel worden

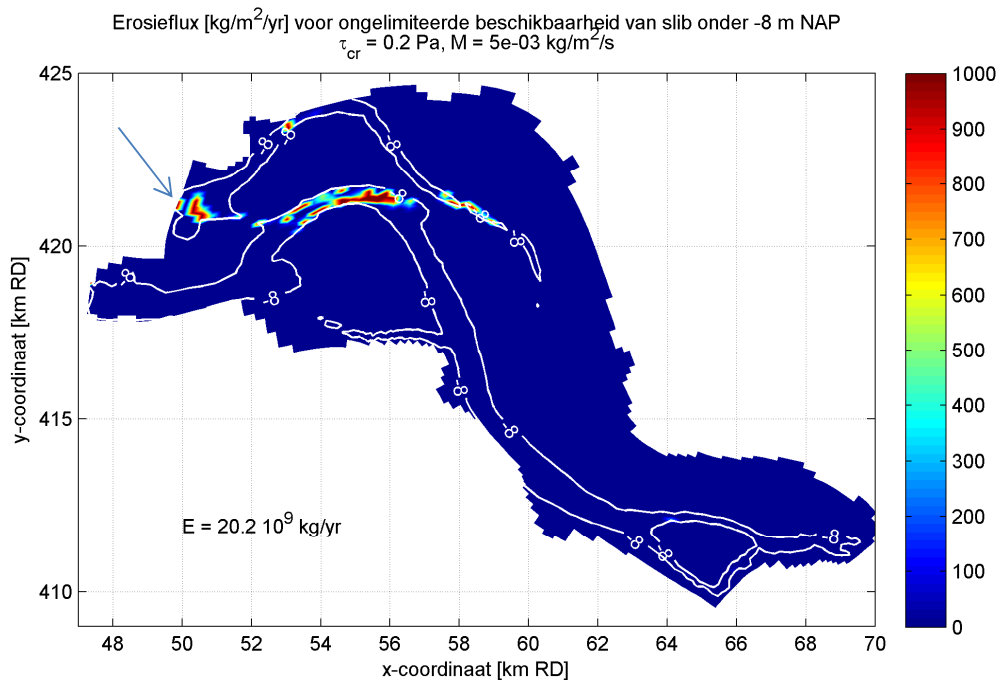
toegepast op basis van het bestaande hydrodynamische model. Dit model kan ook worden gebruikt om de gevoeligheid van de vertroebeling voor de slib-eigenschappen en de omvang van het slibpakket. Voor een ruimtelijk dekkend beeld van de omvang, dikte en dichtheidsprofiel van het slibpakket kunnen metingen vanaf een schip worden gedaan met een echolood met dubbele frequentie in combinatie met een 'siltprofiel'.



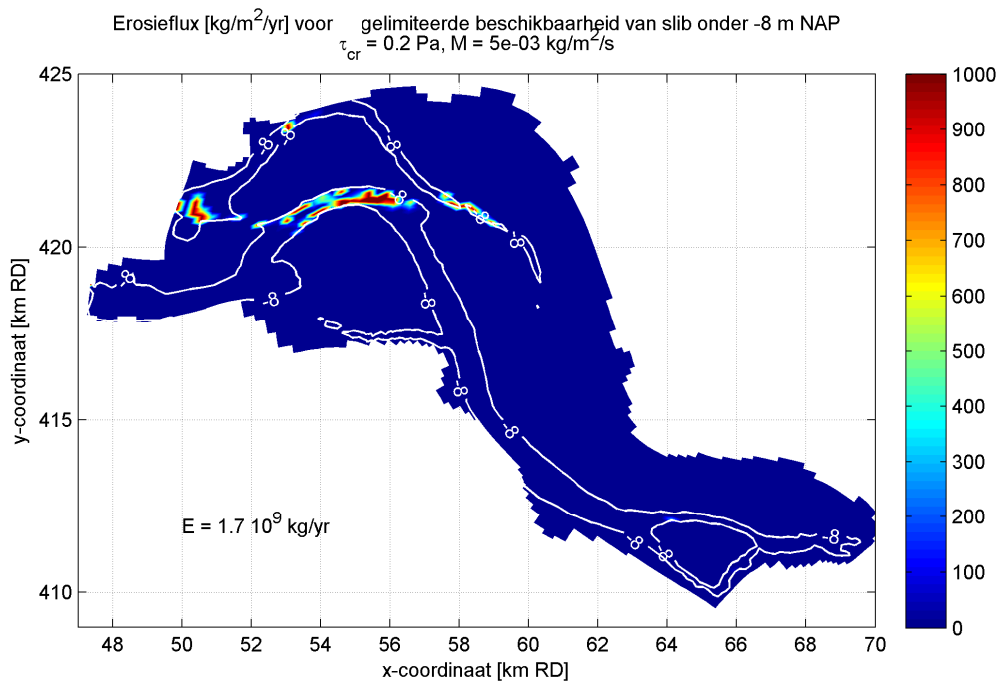
Figuur 3.25: Maximale stroomsnelheid (m/s) bij de bodem (rechtsonder) en stroomsnelheid die 90, 75, 50, 25 en 10% van de tijd wordt overschreden. De -8 m NAP dieptelijn is weergegeven als een witte lijn.



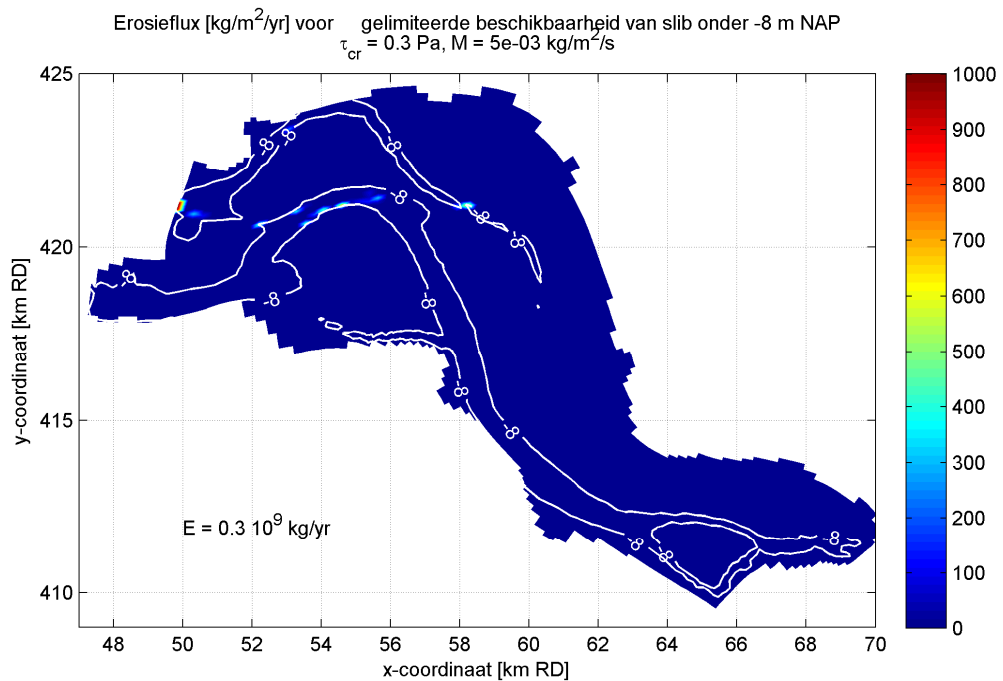
Figuur 3.26: Maximale bodemschuifspanning (Pa) bij de bodem (rechtsonder) en bodemschuifspanning die 90, 75, 50, 25 en 10% van de tijd wordt overschreden. De -8 m NAP dieptelijn is weergegeven als een witte lijn.



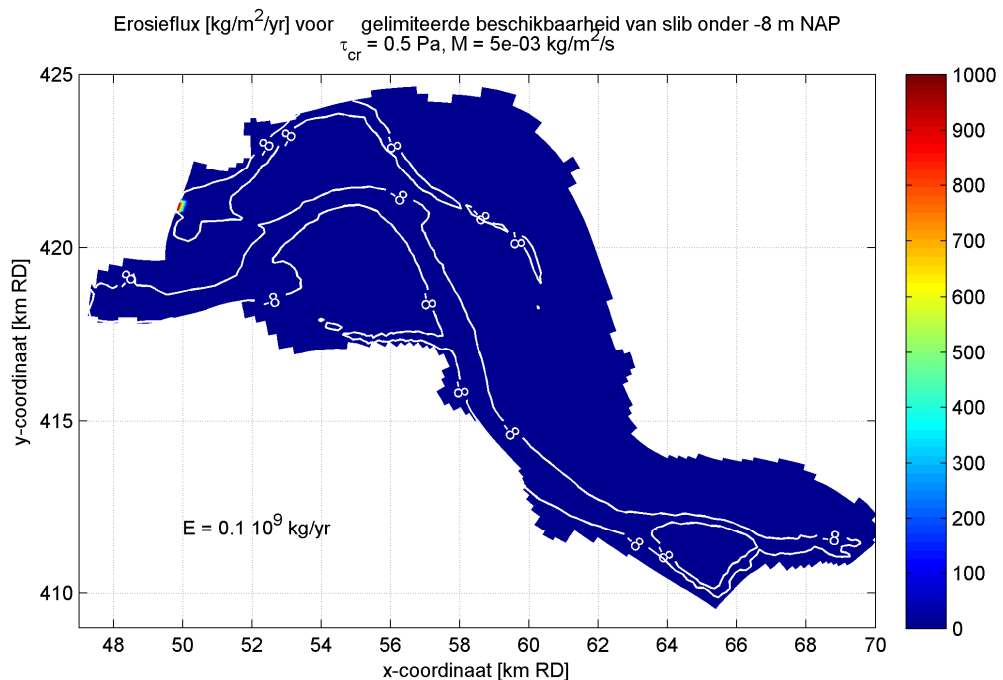
Figuur 3.27: Erosieflux ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{jaar}$ ) voor ongelimiteerde beschikbaarheid van slib onder -8 m NAP.  $\tau_{cr} = 0.2 \text{ Pa}$



Figuur 3.28: Erosieflux ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{jaar}$ ) voor beschikbaarheid van slib onder -8 m NAP gelimiteerd tot  $1000 \text{ kg}/\text{m}^2$  (een pakket van circa 1 tot 2.5 m, afhankelijk van droge dichtheid).  $\tau_{cr} = 0.2 \text{ Pa}$



Figuur 3.29: Erosieflux (kg/m<sup>2</sup>/jaar) voor beschikbaarheid van slib onder -8 m NAP gelimiteerd tot 1000 kg/m<sup>2</sup> (een pakket van circa 1 tot 2.5 m, afhankelijk van droge dichtheid).  $\tau_{cr} = 0.3 \text{ Pa}$



Figuur 3.30: Erosieflux (kg/m<sup>2</sup>/jaar) voor beschikbaarheid van slib onder -8 m NAP gelimiteerd tot 1000 kg/m<sup>2</sup> (een pakket van circa 1 tot 2.5 m, afhankelijk van droge dichtheid).  $\tau_{cr} = 0.5 \text{ Pa}$

### 3.5 Reactie op zienswijze Meysman

Naar aanleiding van dit onderzoek kan de eerder door Deltares opgestelde briefnotitie (Deltares, 2015) naar aanleiding van de door de heer Meysman van het NIOZ ingebrachte zienswijze op de MER bij de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer (Meysman, 2015) als volgt worden gepreciseerd en uitgebreid. Hierbij zijn 3 van de 4 door de heer Meysman geformuleerde kernvragen leidend. De vierde vraag is verder niet behandeld omdat er naar het oordeel van Deltares geen sterke vertroebeling zal optreden na invoering van een nieuw peilbeheer.

#### 1. Waar komt het slibpakket in de Grevelingen vandaan?

Zoals vermeld in de eerdere briefnotitie is het slibpakket dat zich na afdamming in de diepe geulen van de Grevelingen heeft gevormd gedeeltelijk afkomstig uit lokale herverdeling vanuit ondiepe zones en gedeeltelijk vanuit de Noordzee. Voor de mogelijke erosie van dit slibpakket zijn de erosie-eigenschappen direct bepalend en de herkomst van het sediment hooguit indirect.

#### 2. Hoe groot is het slibpakket in de Grevelingen?

Volgens de metingen door Bureau Waardenburg varieert de dikte van het slibpakket op de bemonsterde locaties in de geulen tussen 30 en 100 cm. Op twee van de zes bemonsterde locaties is geen slib aangetroffen. Het aantal bemonsterde locaties is onvoldoende voor een ruimtelijk dekkend beeld van het slibpakket. Voor het vervolg van de analyse is daarom de conservatieve aanname gedaan dat overal in de geulen beneden -8 m NAP slib aanwezig is. Deze aanname is conservatiever dan die door de heer Meysman, die -10 m NAP als grens noemt voor de aanwezigheid van het slibpakket. Uit het vervolg van de analyse blijkt overigens dat de precieze omvang van het slibpakket niet bepalend is voor de mate van resuspensie t.g.v. een nieuw peilbeheer.

#### 3. Wat zal er in de toekomst gebeuren met het slibpakket op de bodem van de Grevelingen?

De belangrijkste onbekenden voor de voorspelling van het toekomstige gedrag van het slibpakket zijn de erosie-eigenschappen en de valsnelheid. In combinatie met de hydrodynamische belasting bepalen deze de snelheid van resuspensie en depositie. Samen met de aanvoer van en afvoer naar de Noordzee kan zo een slibbalans worden opgesteld. Hoewel het afgezette slibpakket gemakkelijk erodeerbaar blijkt te zijn ( $\tau_{cr} = 0.2$  Pa of hoger), is slechts in een klein deel van de geulen beneden -8 m NAP de hydrodynamische belasting voldoende groot voor resuspensie ( $\tau > 0.2$  Pa). Dit betekent dat de totale erosieflux niet wordt bepaald door de omvang van het slibpakket, maar door het geulareaal met  $\tau > 0.2$ . Dit areaal is circa 2.5 ha groot gegeven de gebruikte instellingen. Op plekken waar erosie optreedt, kan dit snel gaan, tot wel enkele cm per getij. Uit de metingen van de verticale sterkte- en dichtheidsprofielen blijkt dat deze toenemen met de diepte. In de praktijk zal lokale erosie dus niet doorgaan totdat het slibpakket 'op' is, maar totdat een niveau wordt bereikt waarbij  $\tau < \tau_{cr}$ . Een lokale erosiediepte tot enkele tientallen cm is aannemelijk.

Het geërodeerde slib heeft een valsnelheid van circa 0.2 mm/s. Op basis van een slibbalans kan worden afgeleid dat direct na de implementatie van het nieuwe peilbeheer bij een concentratie van circa 30 mg/l een balans wordt bereikt tussen erosie, depositie, aanvoer en afvoer. Deze concentratie is hoger dan de huidige concentratie van de Grevelingen, maar lagere dan de concentratie van Noordzeewater. Netto blijft het systeem importerend.

Na verloop van tijd neemt deze concentratie af tot circa 5 mg/l vanwege de zich geleidelijk normaliserende resuspensieflux. Het merendeel van het opgewervelde slib zet zich af in de diepe geulen in oostelijke richting, waarvoor ook voor het nieuwe spuibeheer geldt dat  $\tau < \tau_{cr}$ . Er is dus sprake van een interne herverdeling van een klein deel van het slibpakket in de geulen, het merendeel van het slibpakket blijft intact.

De door de heer Meysman genoemde 3 scenario's treden naar het oordeel van Deltares geen van drieën op:

- 1 Het slibpakket wordt niet opgewerveld.
- 2 Het slibpakket wordt opgewerveld en vervolgens uitgespoeld uit de Grevelingen (richting Noordzee of richting Volkerak).
- 3 Het slib pakket wordt opgewerveld, en blijft in suspensie zonder de Grevelingen te verlaten.

Deltares vindt een vierde scenario het meest plausibel:

- 4 Een klein deel van het slibpakket wordt opgewerveld en wordt lokaal herverdeeld in de geulen.

Hierdoor treedt tijdelijk een beperkte extra vertroebeling op, waarna de vertroebeling geleidelijk weer afneemt (een van de doelen van het nieuwe peilbeheer!). De tijdschaal hiervoor is orde enkele maanden. Door het nieuwe peilbeheer geleidelijk in te voeren, kan de tijdelijke extra vertroebeling worden beperkt.

Indien meer details over het verloop van de slibconcentratie in plaats en tijd wenselijk zijn, kan hiervoor een slibmodel worden toegepast op basis van het bestaande hydrodynamische model. Dit model kan ook worden gebruikt om de gevoeligheid van de vertroebeling voor de slib-eigenschappen en de omvang van het slibpakket. Voor een ruimtelijk dekkend beeld van de omvang, dikte en dichtheidsprofiel van het slibpakket kunnen metingen vanaf een schip worden gedaan met een echolood met dubbele frequentie in combinatie met een 'siltprofiler'. In de huidige studie zijn conservatieve aannamen gedaan voor de omvang en eigenschappen van het slibpakket. De werkelijk optredende vertroebeling is daarom waarschijnlijk lager.

### 3.6 Toepassing van de resultaten op Volkerak-Zoommeer

Dezelfde methodiek als besproken in paragraaf 3.4 voor de Grevelingen is ook toegepast op het Volkerak-Zoommeer. De getijslag wordt hier minder sterk dan in de Grevelingen, zodat de optredende dynamiek en het erosiepotentieel voor slib lager is. Hierbij wordt wel opgemerkt dat de verticale getijslag in het beschikbare hydrodynamische scenario 22 cm bedraagt, voor het meest actuele toekomstscenario is dit 30 cm. Snelheden schalen bijna lineair met de verticale getijslag, bodemschuifspanning bijna kwadratisch met de verticale getijslag. Dit resulteert in een correctiefactor van 1.36 voor de snelheid en 1.86 voor de bodemschuifspanning indien de getijslag wordt vergroot van 22 naar 30 cm.

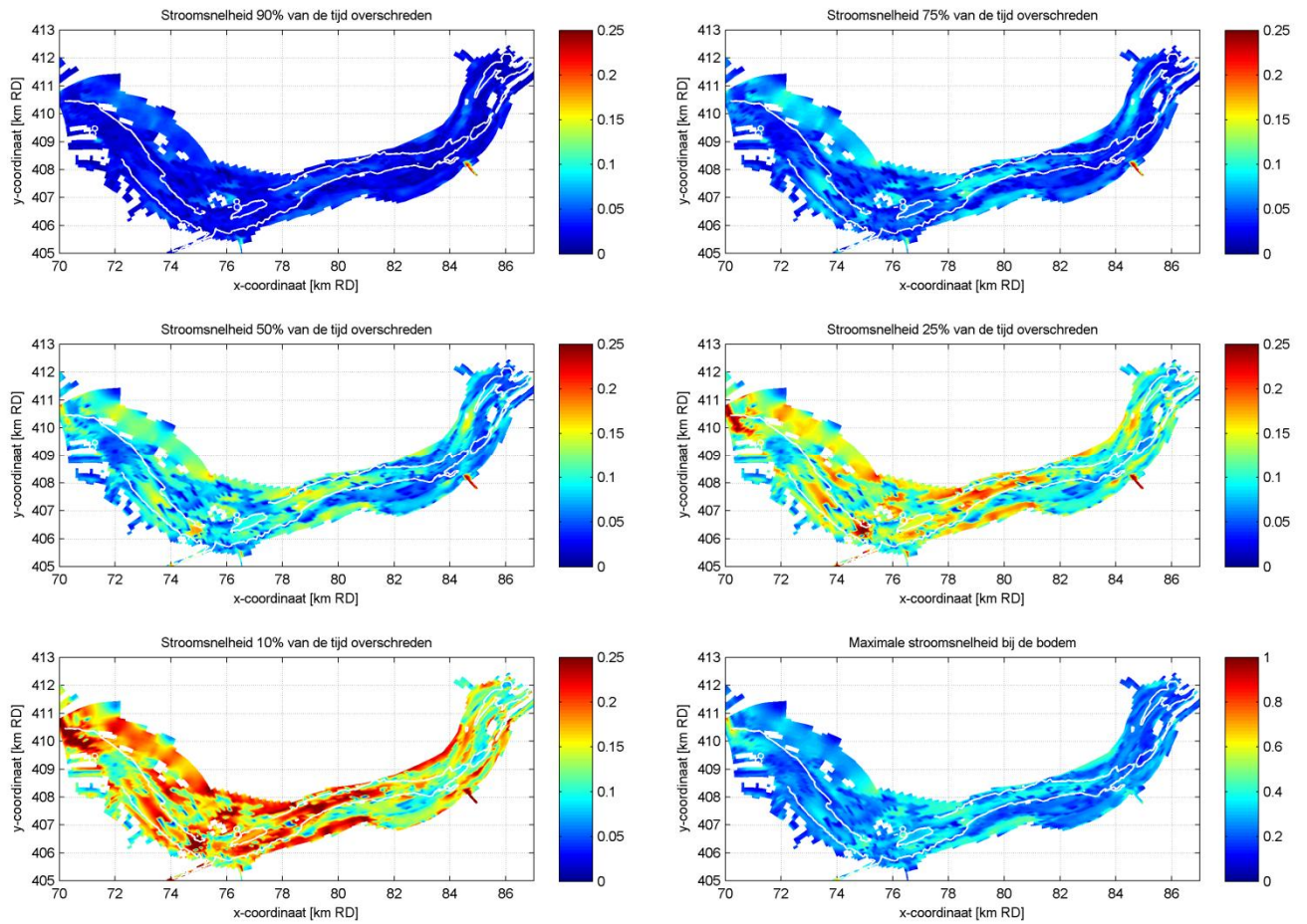
De Figuren 3.31 en 3.32 geven respectievelijk de snelheids- en bodemschuifspanningsstatistiek in het Volkerak-Zoommeer. De Figuren 3.33 t/m 3.36 geven de resulterende erosieflux voor ongelimiteerde en gelimiteerde beschikbaarheid van slib beneden -8 m NAP voor verschillende waarden van  $\tau_{cr}$  (0.2, 0.3 en 0.5 Pa). Hierbij is rekening gehouden met de voornoemde correctiefactor voor de getijslag. De figuren zijn ingezoomd op het Volkerak, maar het model in de analyse hebben betrekking op het volledige Volkerak-Zoommeer.

Hieruit blijkt dat in een veel groter deel van het geulareaal beneden -8 m NAP resuspensie kan optreden, mits een slibpakket aanwezig is. De reden hiervoor is dat de geulen in het Volkerak-Zoommeer minder diep zijn dan in het Grevelingenmeer. Er is daarom minder ruimte voor interne herverdeling van slib en is het systeem iets gevoeliger voor vertroebeling. Op basis van een conservatieve aanname van parameter-eigenschappen bedraagt de concentratieverhoging direct na instellen van het nieuwe peilbeheer circa 40 mg/l en neemt daarna af tot circa 10 mg/s. Er is een ander wezenlijk verschil: de Grevelingen blijft voor slib een importerend systeem, terwijl het Volkerak-Zoommeer na invoering van het nieuwe peilbeheer enige tijd exporterend zal zijn, doordat de slibconcentratie er hoger wordt dan in de Oosterschelde waarmee het gaat uitwisselen. Zie Tabel 3.11 voor de getallen van de slibbalans voor het Volkerak-Zoommeer.

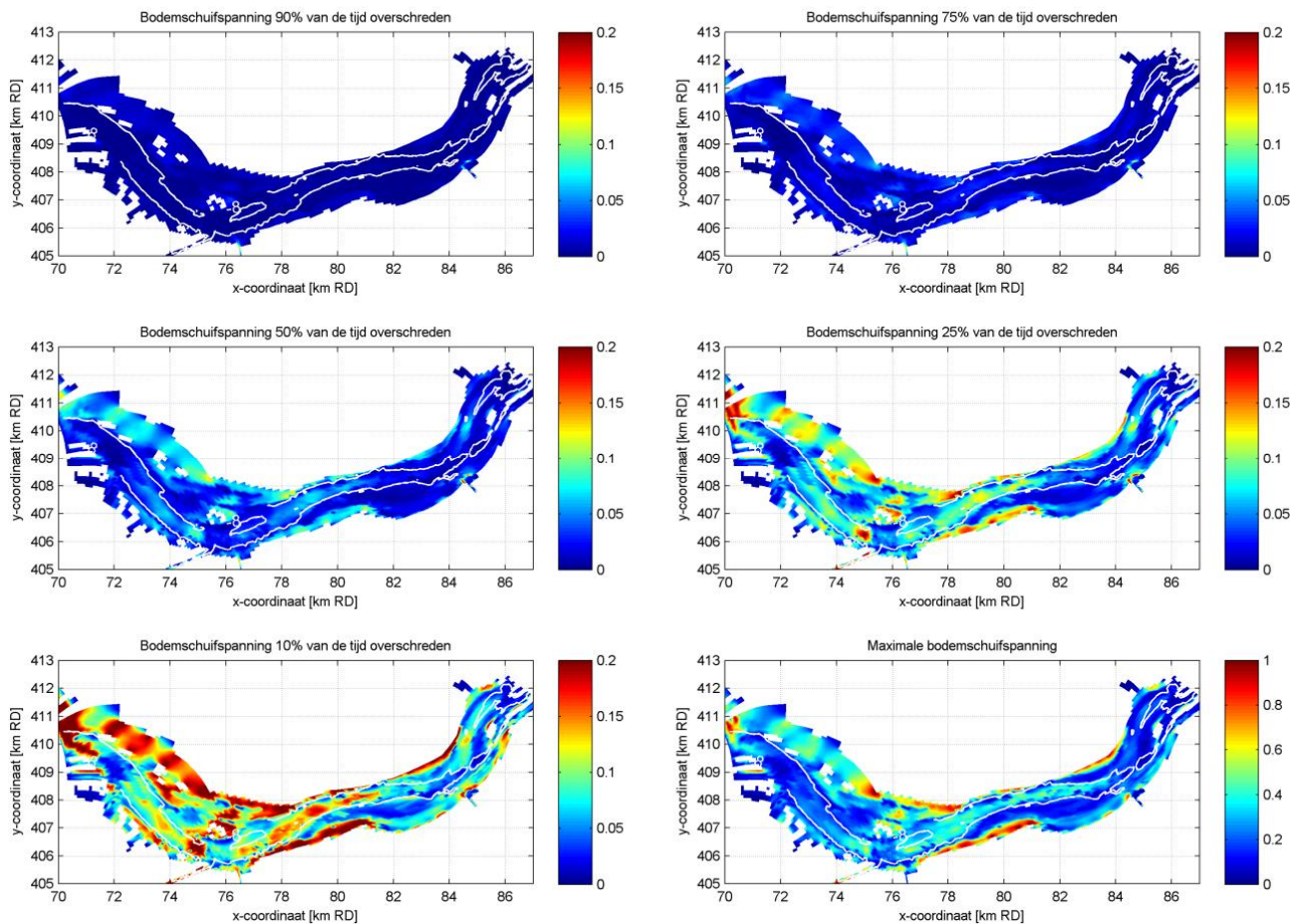
Door de toename van de saliniteit in het Volkerak-Zoommeer als gevolg van het nieuwe peilbeheer kan flocculatie en sterkte-ontwikkeling worden gestimuleerd. Dit is gunstig voor de beperking van mogelijke vertroebeling. Dit effect is in de huidige conservatieve benadering echter niet beschouwd.

Tabel 3.11 Gebruikte parameterwaarden (conservatief) voor slibbalans Volkerak-Zoommeer en resulterende slibconcentratieverhoging  $\Delta C_{VZ}$

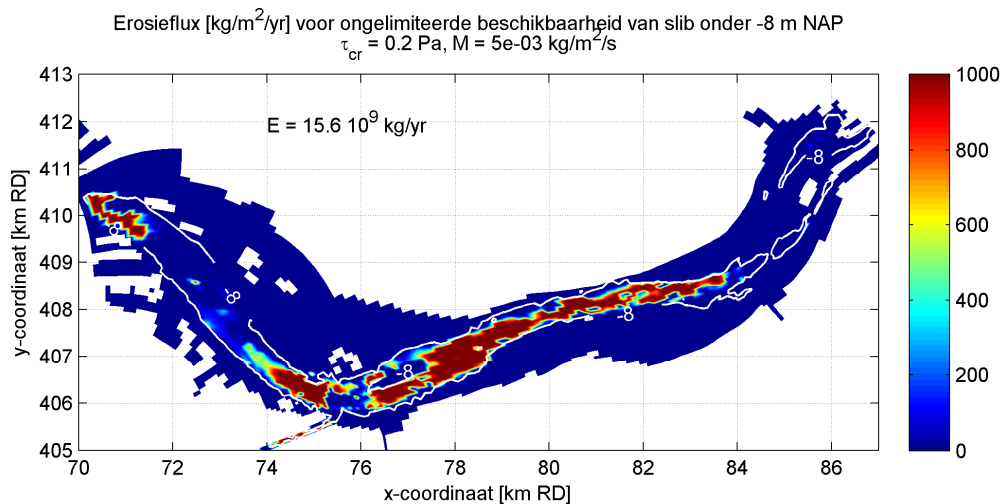
Parameter	Waarde		Eenheid
$w_s$	$0.2 \cdot 10^{-3}$		m/s
M	$5 \cdot 10^{-3}$		kg/m <sup>2</sup> /s
$C_{Oost}$	$10 \cdot 10^{-3}$		kg/m <sup>3</sup>
$T_{crit}$	0.2		Pa
$A_{VZ}$	$6.15 \cdot 10^7$		m <sup>2</sup>
$T_{getij}$	$45 \cdot 10^3$		s
$V_{getij}$	$3.8 \cdot 10^7$		m <sup>3</sup>
E	$22.3 \cdot 10^6$	$6.7 \cdot 10^6$	kg/getij (initieel/jaargemiddeld)
$\Delta C_{VZ}$	<b><math>39 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b><math>12 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b>kg/m<sup>3</sup> (initieel/jaargemiddeld)</b>



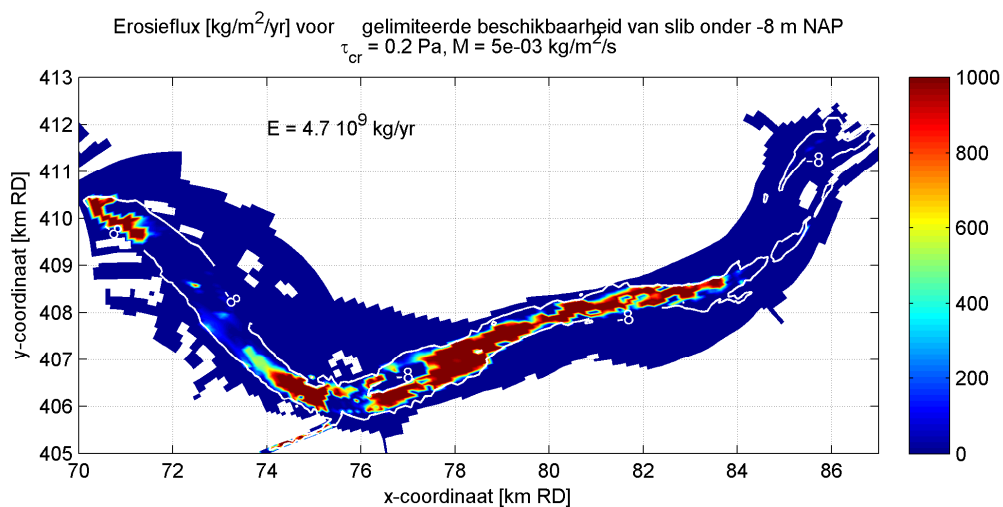
Figuur 3.31: Maximale stroomsnelheid (m/s) bij de bodem (rechtsonder) en stroomsnelheid die 90, 75, 50, 25 en 10% van de tijd wordt overschreden. De -8 m NAP dieptelijn is weergegeven als een witte lijn.



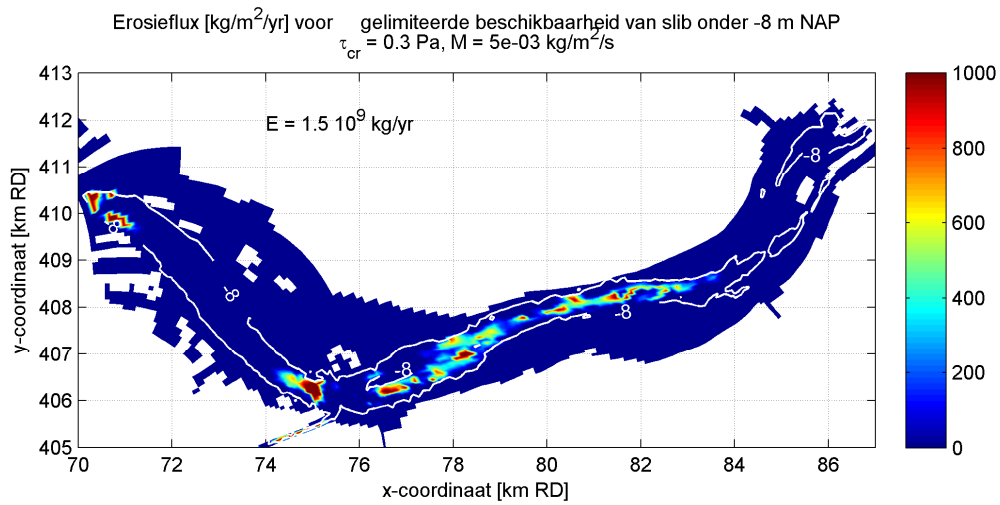
Figuur 3.32: Maximale bodemschuifspanning (Pa) bij de bodem (rechtsonder) en bodemschuifspanning die 90, 75, 50, 25 en 10% van de tijd wordt overschreden. De -8 m NAP dieptelijn is weergegeven als een witte lijn.



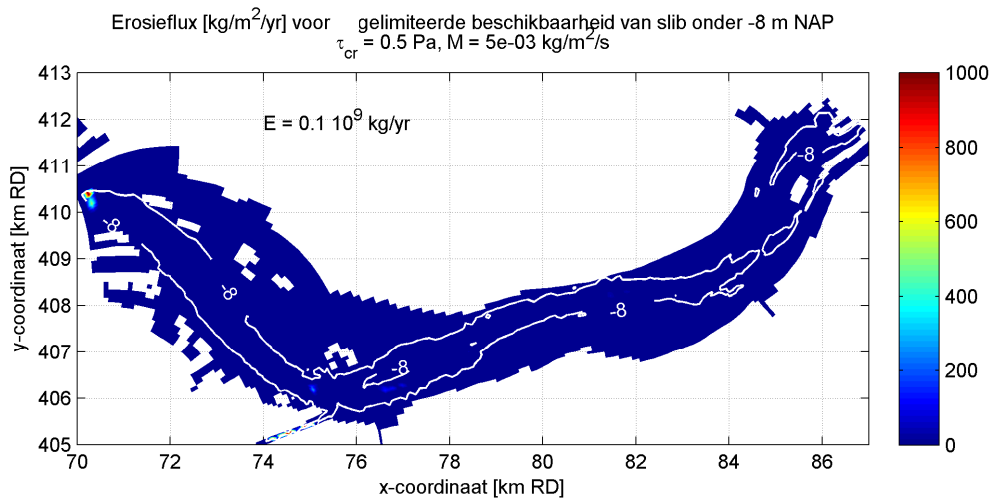
Figuur 3.33: Erosieflux ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{jaar}$ ) voor ongelimiteerde beschikbaarheid van slib onder -8 m NAP.  $\tau_{cr} = 0.2 \text{ Pa}$



Figuur 3.34: Erosieflux ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{jaar}$ ) voor beschikbaarheid van slib onder -8 m NAP gelimiteerd tot  $1000 \text{ kg}/\text{m}^2$  (een pakket van circa 1 tot 2.5 m, afhankelijk van droge dichtheid).  $\tau_{cr} = 0.2 \text{ Pa}$



Figuur 3.35: Erosieflux (kg/m<sup>2</sup>/jaar) voor beschikbaarheid van slib onder -8 m NAP gelimiteerd tot 1000 kg/m<sup>2</sup> (een pakket van circa 1 tot 2.5 m, afhankelijk van droge dichtheid).  $\tau_{cr} = 0.3 \text{ Pa}$



Figuur 3.36: Erosieflux (kg/m<sup>2</sup>/jaar) voor beschikbaarheid van slib onder -8 m NAP gelimiteerd tot 1000 kg/m<sup>2</sup> (een pakket van circa 1 tot 2.5 m, afhankelijk van droge dichtheid).  $\tau_{cr} = 0.5 \text{ Pa}$

## 4 Chemische analyses

### 4.1 Monsternamen en procedure

In totaal zijn 9 sedimentmonsters geanalyseerd met het totale MWTL pakket. Het standaard MWTL-protocol voor monsteranalyse van Rijkswaterstaat is zo goed mogelijk nageleefd; echter dit protocol kon niet volledig gevolgd worden. De afwijkingen van dit protocol zijn gecommuniceerd met Onno Epema (laboratorium Rijkswaterstaat, Lelystad), zodat een afwijking in het analyse resultaat tot het minimum beperkt is.

Het protocol voor monsternamen wijkt wel af van dat voor de MWTL-bemonstering, omdat gewerkt is met duikers om ongestoorde monsters voor de fysische analyse te verzamelen (zie hoofdstukken 2 en 3). De monsters zijn representatief voor de toplaag van de bodem (circa bovenste 10 cm).

De 9 ontvangen sedimentmonsters zijn direct verdeeld in drie submonsters, waarvan een gedeelte naar AL-West is opgestuurd, een part naar TNO en het laatste gedeelte is bij Deltares in behandeling genomen. Bij de eerste bemonstering bleek het sedimentvolume in sommige gevallen te beperkt zodat niet alle analyses uitgevoerd konden worden. Zo is er voor VZM doorlaat Philipsdam geen korrelgroottebepaling met de Sedigraaf uitgevoerd (maar wel met de Malvern). Bij de tweede bemonsteringsronde is dit protocol aangepast en heeft dit probleem zich niet meer voorgedaan.

De monsters zijn voorafgaand aan het distribueren niet gehomogeniseerd of op korrelgrootte gescheiden, het is dus mogelijk dat er verschillen zijn tussen de drie submonsters.

De analyseresultaten zijn weergegeven in de volgende paragrafen en in bijlage. Hierbij is de volgende naamgeving aangehouden:

monsternaam	code
VZM inloop Rijn-Schelde	2015165-01
VZM Volkeraksluizen	2015165-02
VZM doorlaatmiddel Philipsdam	2015165-03
Oosterschelde	2015165-04
GRE doorlaatmiddel	2015165-05
GRE Put den Osse	2015165-06
GRE Flakkeese spuisluis	2015165-07
GRE VP4	2015165-08
GRE Brouwerssluis	2015165-09

## 4.2 Anorganisch (Deltares)

### 4.2.1 CS

	%	%	%	%
Name	TC	TIC	TOC	Sulfur %
2015165-01	1.45	0.899	0.55	0.14
2015165-02	5.62	1.84	3.78	0.57
2015165-03	8.69	2.54	6.15	1.12
2015165-04	5.2	0.388	4.81	1.48
2015165-05	8.17	0.143	8.03	1.61
2015165-06	5.86	0.429	5.43	0.89
2015165-07	6.35	0.369	5.98	1.09
2015165-08	1.2	0.408	0.79	0.28
2015165-09	6.11	1.33	4.78	0.55

TC = Total Carbon; TIC = Total Inorganic Carbon, TOC = Total Organic Carbon

### 4.2.2 TGA (vocht-gecorrigeerd)

	450	550	800	1000	LIO (105-110)
Name	%	%	%	%	%
2015165-01	3.604	0.371	0.406	3.292	5.315
2015165-02	2.176	1.671	1.692	6.154	16.452
2015165-03	2.721	4.553	2.250	6.712	26.355
2015165-04	3.094	2.248	1.461	2.398	17.617
2015165-05	3.034	2.692	2.095	2.015	21.902
2015165-06	3.691	9.610	4.610	2.137	28.137
2015165-07	3.714	1.579	2.057	1.496	16.282
2015165-08	3.888	0.295	0.663	1.493	3.629
2015165-09	3.065	2.939	5.184	4.584	21.802

## 4.2.3 ICPMS (in ppm)

Name	Na	Mg	Al	k	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
2015165-01	406	1585	3310	1259	21319	6	928	10	6	160	3895	2
2015165-02	629	4013	11934	2819	39059	15	1872	29	21	348	10378	6
2015165-03	5135	6056	15024	3919	66189	19	2701	40	19	572	10808	7
2015165-04	31188	8079	15839	5919	35147	19	2066	51	18	90	10027	3
2015165-05	32025	8120	12205	4972	41049	16	1898	43	22	130	9320	3
2015165-06	23854	6581	11900	4635	46692	15	1884	42	14	102	7327	2
2015165-07	19427	5760	8957	3694	27180	12	1365	30	10	71	6191	2
2015165-08	3172	1471	2591	1023	14578	4	712	9	4	35	2049	1
2015165-09	24551	7998	14948	5468	73457	18	2735	47	17	133	8261	3

Name	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Se	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo
2015165-01	7 <0.1		36	1	2	1	4	34	2	1	0	<0.1
2015165-02	12	12	200	2	7	1	11	56	5	1	0	0
2015165-03	12	13	155	2	6	1	14	88	5	2	0	0
2015165-04	6	4	84	2	5	1	17	58	4	1	0	2
2015165-05	6	14	142	2	9	1	13	62	4 <0.1		0	1
2015165-06	6 <0.1		61	2	5	1	13	74	3 <0.1		0	3
2015165-07	4	0	45	1	4	1	10	45	3 <0.1		0	1
2015165-08	<0.1	<0.1	15	0	2	0	3	23	1 <0.1	<0.1		1
2015165-09	6 <0.1		56	2	5	1	16	131	4 <0.1		0	1

Name	Ag	Cd	Sn	Sb	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
2015165-01	<0.1	0	0 <0.1		16	3	5	1	3	1	0	1
2015165-02	0	1	1	0	79	7	13	2	6	1	0	1
2015165-03	0	0	1	0	69	6	13	2	6	1	0	1
2015165-04	0	0	1 <0.1		22	6	12	2	6	1	0	1
2015165-05	0	0	2	0	36	5	11	1	5	1	0	1
2015165-06	0	0	1 <0.1		17	4	9	1	4	1	0	1
2015165-07	<0.1	0	1 <0.1		13	4	9	1	4	1	0	1
2015165-08	<0.1	<0.1	0 <0.1		7	2	5	1	2	0 <0.1		0
2015165-09	0	0	1 <0.1		19	6	11	1	5	1	0	1

Name	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Pb	Th	U
2015165-01	<0.1	0 <0.1		0 <0.1		0 <0.1	<0.1		5	1	0
2015165-02	0	1	0	0 <0.1		0 <0.1		0	32	2	0
2015165-03	0	1	0	0 <0.1		0 <0.1		0	29	2	0
2015165-04	0	1	0	0 <0.1		0 <0.1		0	22	2	1
2015165-05	0	1	0	0 <0.1		0 <0.1	<0.1		45	2	1
2015165-06	0	1	0	0 <0.1		0 <0.1	<0.1		19	1	0
2015165-07	0	1	0	0 <0.1		0 <0.1	<0.1		12	1	0
2015165-08	<0.1	0 <0.1		0 <0.1		0 <0.1	<0.1		5	1	0
2015165-09	0	1	0	0 <0.1		0 <0.1	<0.1		17	2	0

## 4.3 Organisch (TNO)

Projectnummer: 060.17440/01.27  
 Dossiernummer: 52015165  
 Opdrachtgever: Deltares - Marc Verheul  
 Projectomschrijving: Chloor(nitro)benzenen en pesticiden in waterbodems  
 Datum: 09-10-2015

**Tabel 1: Analyseresultaten van PCBz in waterbodems, uitgedrukt in µg/kg ds**

Monstercode TNO	LOQ	52015165-001	52015165-002	52015165-003	52015165-004	52015165-005	52015165-006	52015165-007	52015165-008	52015165-009
Monstercode Deltares		VZM inloop Rijn-Schelde, Bodem monster 1	VZM Volkeraksluizen, Bodem monster	VZM doorlaatmiddel Philipsdam, Bodem monster 1	Oosterschelde, Bodem monster	VP 1 Grevelingen sediment	VP 2 Grevelingen sediment	VP 3 Grevelingen sediment	VP 4 Grevelingen sediment	VP 5 Grevelingen sediment
Percentage droge stof (%)		64.3	24.3	10.1	17.6	16.4	19.5	24.2	70.0	23.4
Eenheid	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds
Chlorobenze	1.5	<1.5	8.0	6.3	1.6	3.2	3.6	<1.5	<1.5	<1.5
1,2-Dichlorobenze	0.2	0.6	10	6.9	1.9	5.1	3.3	0.7	0.9	1.4
1,3-Dichlorobenze	0.2	1.7	28	19	5.3	17	8.1	2.5	3.2	2.9
1,4-Dichlorobenze	0.2	2.0	26	21	6.4	24	9.9	3.3	4.9	3.8
1,2,3-Trichlorobenze	0.1	<0.1	1.1	0.7	0.4	1.3	0.4	0.2	0.2	0.3
1,2,4-Trichlorobenze	0.1	1.7	23	16	5.2	22	6.4	3.0	3.8	2.7
1,3,5-Trichlorobenze	0.1	0.8	13	7.3	1.4	4.1	1.6	0.5	0.7	0.7
1,2,3,4-Tetrachlorobenze	0.2	<0.2	1.6	0.9	0.4	1.5	0.4	0.2	0.3	<0.2
1,2,3,5-Tetrachlorobenze	0.2	<0.2	0.5	0.4	<0.2	0.5	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
1,2,4,5-Tetrachlorobenze	0.2	0.3	4.0	2.6	0.9	3.6	0.9	0.5	0.6	0.4
Pentachlorobenze	0.1	0.1	1.5	0.9	0.4	1.4	0.3	0.2	0.2	0.2
Hexachlorobenze	0.2	<0.2	2.4	1.0	0.4	1.4	0.4	0.2	0.3	0.3

**Tabel 2: Analyseresultaten van CNBz in waterbodems, uitgedrukt in µg/kg ds**

Monstercode TNO	LOQ	52015165-001	52015165-002	52015165-003	52015165-004	52015165-005	52015165-006	52015165-007	52015165-008	52015165-009
Monstercode Deltares		VZM inloop Rijn-Schelde, Bodem monster 1	VZM Volkeraksluizen, Bodem monster	VZM doorlaatmiddel Philipsdam, Bodem monster 1	Oosterschelde, Bodem monster	VP 1 Grevelingen sediment	VP 2 Grevelingen sediment	VP 3 Grevelingen sediment	VP 4 Grevelingen sediment	VP 5 Grevelingen sediment
Percentage droge stof (%)		64.3	24.3	10.1	17.6	16.4	19.5	24.2	70.0	23.4
Eenheid	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds
1-chloro-3-nitrobenze	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
1,2-dichloro-3-nitrobenze	0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
1,2-dichloro-4-nitrobenze	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
1,4-dichloro-2-nitrobenze	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
2,4-dichloro-1-nitrobenze	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.7	<0.3	<0.3

**Tabel 3: Analyseresultaten van OCBz in waterbodems, uitgedrukt in µg/kg ds**

Monstercode TNO	LOQ	52015165-001	52015165-002	52015165-003	52015165-004	52015165-005	52015165-006	52015165-007	52015165-008	52015165-009
Monstercode Deltares		VZM inloop Rijn-Schelde, Bodem monster 1	VZM Volkeraksluizen, Bodem monster	VZM doorlaatmiddel Philipsdam, Bodem monster 1	Oosterschelde, Bodem monster	VP 1 Grevelingen sediment	VP 2 Grevelingen sediment	VP 3 Grevelingen sediment	VP 4 Grevelingen sediment	VP 5 Grevelingen sediment
Percentage droge stof (%)		64.3	24.3	10.1	17.6	16.4	19.5	24.2	70.0	23.4
Eenheid	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds	µg/kg ds
hexachloro-1,3-butadiene	0.02	0.04	0.73	0.41	0.10	0.27	0.09	0.03	0.07	0.05
alfa-HCH	0.04	<0.04	0.12	0.06	<0.04	0.07	<0.04	<0.04	0.05	<0.04
beta-HCH	0.04	<0.04	0.19	0.12	<0.04	0.10	0.05	<0.04	<0.04	<0.04
gamma-HCH	0.04	<0.04	0.08	0.13	<0.04	0.09	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
delta-HCH	0.07	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07	0.09	<0.07	<0.07	<0.07	<0.07
heptachlor	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
aldrin	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
telodrin	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
isodrin	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
heptachlor epoxide (B-isomeer)	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
trans-chlordane	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
2,4-DDE	0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
alfa-endosulfan	0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8	<0.8
cis-chlordane	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
4,4-DDE	0.1	0.2	1.9	2.3	0.6	1.1	0.4	0.4	0.1	0.3
diekdrin	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	0.3	0.5	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
2,4-DDD	0.1	<0.1	0.3	0.2	<0.1	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
endrin	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
beta-endosulfan	0.9	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9	<0.9
4,4-DDD	0.1	<0.1	0.9	0.7	0.3	0.8	0.3	0.1	0.1	0.2
2,4-DDT	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
endosulfan sulphate	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
4,4-DDT	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2

#### **4.4 Waterbodemkwaliteit (AL-West)**

Zie Bijlage A.

#### 4.5 Interpretatie resultaten Grevelingen en Volkerak-Zoommeer

Voor een directe vergelijking van de analyseresultaten tussen alle monsters zijn de monsters genomen bij de inloop Rijn-Schelde (VZM) en VPN (Grevelingen) buiten beschouwing gelaten. Deze monsters hebben een veel lagere organisch stoffractie en lagere lutum concentratie.

De concentratie PAK's is op alle locaties laag, alleen de locatie "Doorlaat middel (GRE)" heeft een PAK (VROM) concentratie van 3.0 mg/kg. Op deze locatie is ook de (koningswater ontsloten) kwikconcentratie hoog (1.46 mg/kg), de overige locatie in het GRE en het VZM hebben lagere kwikconcentraties (max 0.78 mg/kg).

De mineralen-olieconcentratie is over het algemeen hoger in het VZM, met als uitzondering de locatie Doorlaat middel(GRE) en Put den Osse (GRE). Beide locaties bevinden zich bij de monding in de Noordzee. De mineralen-olieconcentraties in GRE zelf bevinden zich onder de detectielimiet.

De fosfaatconcentratie komt alleen op twee locaties in het VZM (Inloop Rijn Schelde(3.6 mg/kg) en Volkerak sluis (3.2 mg/kg)) boven de detectielimiet uit.

De concentraties chloorbenzenen zijn over het algemeen hoger in het VZM dan in het GRE. De uitzondering hierop is de locatie Doorlaat middel (GRE). De nitro-benzenen komen op geen enkele locatie boven de detectielimiet uit. De concentraties OCB's zijn over het algemeen hoger in het VZM dan in het GRE.

De zware metaal (Zn, Ni, Cu, Co, Pb, Cd) concentraties zijn 2-3 maal hoger in het VZM dan in het GRE. De uitzonderingen hierop zijn de metalen die gelinkt kunnen worden aan zeewater, zoals natrium en molybdeen.

Alle gemeten concentraties vallen onder de MTR (maximaal toelaatbare risiconiveau), met als uitzondering 4,4 -DDE (norm is 1ug/kg gemeten concentraties tot 2.3ug/kg). Zie Appendix B voor een overzicht van de normering. Hoewel er een potentiële mobilisatie van zwaarder verontreinigt materiaal mogelijk is, zal dit zonder een significante concentratie in de bodem niet tot overschrijdingen van de MTR leiden.

Een vergelijking met eerdere metingen (b.v. in het kader van MWTL) valt buiten de scope van deze studie.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de fysische en chemische monsteranalyse worden de volgende conclusies en aanbevelingen geformuleerd:

### *Fysica*

- De resultaten laten zien dat de dikte en eigenschappen van de sliblaag van plaats tot plaats varieert.
- Alle profielen laten een duidelijke toename zien van de sterkte en dichtheid met de diepte. Dit betekent dat op plekken waar resuspensie zou kunnen optreden, de snelheid waarmee dit gebeurt afneemt in de tijd (en diepte).
- De dichtheid van de toplaag varieert tussen 121 en 393 kg/m<sup>3</sup> (op basis van droge stof).
- De kritische schuifspanning voor erosie van de ongestoorde toplaag varieert tussen 0.2 en 0.6 Pa en de erosieconstante tussen 1.6 en 5.3 10<sup>-3</sup> kg/m<sup>2</sup>/s.
- De erosieconstante op basis van bulk-eigenschappen van de monsters zoals afgeleid uit consolidatie-test is tenminste een orde lager dan die volgens de directe erosie-metingen van de ongestoorde toplaag. Dit is een bevestiging voor de afnemende erodeerbaarheid onder de toplaag zoals geconcludeerd op basis van de sterkte- en dichtheidsprofielen.
- De diverse laboratoriumanalyses zijn niet volledig consistent. Mogelijk wordt dat dit veroorzaakt wordt door onderconsolidatie van de sliblagen in de diepe geulen. Er zijn geen aanwijzingen dat deze mogelijke onderconsolidatie van de kernen na bemonstering is afgenomen. Het grensvlak tussen water en bodem van de op erosiegevoeligheid geteste ongestoorde kernen is niet gezakt tussen het moment van bemonstering en het moment van beproeving.
- De mediane korrelgrootte van de monsters varieert tussen 6 en 16 µm.
- Alle niet-gedeflokkuleerde monsters bevatten weinig sediment kleiner is dan 2 µm (een percentage variërend van 4 tot 12%). Ook bevatten de monsters slechts weinig zand (een percentage variërend van 2 tot 11%), uitgezonderd twee monster bij de Veermansplaat in de Grevelingen. Merk op dat het %<2 µm een gevolg is van deflocculatie.
- De plasticiteitsindex van de slibrijke monsters varieert tussen 47% en 207%. Dit betekent dat de monsters in geval van volledige consolidatie een lage erosiegevoeligheid hebben. Dit resultaat is echter niet representatief voor het bovenste deel van de bodemprofielen.
- De mediane valsnelheid varieert tussen 0.2 en 0.8 mm/s. In combinatie met de mediane korrelgrootte duidt dit erop dat het sediment geflocculeerd is.
- Dit betekent dat sediment na mogelijke resuspensie niet lang blijft hangen in de waterkolom, hetgeen in combinatie met de geleidelijk met de diepte toenemende sterkte het risico op grootschalige en langdurige vertroebeling beperkt.

(specifiek voor Grevelingen):

- Uit een eenvoudige balans tussen resuspensie en depositie enerzijds en import en export anderzijds blijkt dat de slibconcentratie in de Grevelingen tijdelijk toeneemt met maximaal enkele tientallen mg/l onder invloed van het nieuwe spuibeheer. Dit wordt veroorzaakt door de lokale opwerveling van een klein deel van slibpakket dat zich in

diepe geulen heeft afgezet. Het grootste deel van het slibpakket blijft stabiel doordat  $\tau < \tau_{crit}$ .

- Plekken die eroderen, eroderen snel. Door de toename van de dichtheid en sterkte met de diepte neemt de erosiesnelheid af met de diepte. Gemiddeld over het eerste jaar met het nieuwe spuibeheer is concentratietoename daarom veel lager (orde 5 mg/l) en neemt daarna verder af. De import van slib vanaf de Noordzee wordt al snel de dominante term t.o.v. lokale resuspensie van lokale slibafzettingen. Import van slib blijft ook op de lange termijn doorgaan, in tegenstelling tot de lokale ververdeling van slib direct na aanvang van het nieuwe peilbeheer.
- Het geërodeerde slib wordt lokaal herverdeeld. Tijdens rustige periodes kan het tijdelijk ook in ondiepe zones worden afgezet, maar door golfwerking zal het slib uiteindelijk grotendeels worden afgezet in de luwe geulzones (meer achterin ten opzichte van de huidige situatie).
- De Grevelingen blijft volgens de slibbalans een importerend systeem

(specifiek voor Volkerak-Zoommeer: )

- Voor het Volkerak-Zoommeer is een groter deel van de diepe geulen gevoelig voor resuspensie t.g.v. een nieuw peilbeheer. Hierdoor wordt de slibconcentratie tijdelijk tot 40 mg/l hoger (bovengrens). Na verloop van tijd (orde enkele maanden) neemt de concentratieverhoging af tot 10 mg/l.
- Mede doordat uitwisseling plaatsvindt met de heldere Oosterschelde (met een slibconcentratie van circa 10 mg/l), treedt een netto export van slib op vanuit het Volkerak-Zoommeer naar de Oosterschelde. Deze export neemt in de loop van de tijd ook geleidelijk af.
- De tijdelijke extra vertroebeling kan worden beperkt door een geleidelijke invoering van het nieuwe peilbeheer.

(algemeen):

- De slibbalans gaat uit van een volledig gemengd systeem. In aanvulling hierop kan met modelberekeningen de slibconcentratie worden berekend als functie van plaats en tijd. Een beperking is hierbij nog wel het ontbreken van een nauwkeurig ruimtelijk dekkend beeld van de omvang van de sliblaag.
- Indien modelberekeningen voor meer detail over het concentratieverloop in plaats en tijd wenselijk zijn, bevelen wij in combinatie hiermee aanvullende veldwaarnemingen aan aan om de omvang, dikte en dichtheidsopbouw van van het zachte slib in de geulen ruimtelijk dekkend te bepalen. Dit kan bijv. met een meetschip uitgerust met een echolood met dubbele frequentie en een zogenaamde 'siltprofieler' voor het bepalen van concentratie- en dichtheidsprofielen.

## Chemie

- Alle gemeten concentraties vallen onder de MTR (maximaal toelaatbare risiconiveau), met als uitzondering 4,4 -DDE.
- De concentraties chloorbenzenen, OCB, mineralen olie en zware metalen zijn hoger in de sedimentmonsters die genomen zijn in het VZM dan in het GRE. In het GRE nabij de monding naar de Noordzee is de sedimentkwaliteit vaak vergelijkbaar met de sedimentkwaliteit in het VZM. Het is echter niet duidelijk aan welke fractie (organisch/lutum/ vrij opgelost) de contaminanten zitten. Daardoor is het niet duidelijk hoe mobiel de contaminanten zijn en hoe het gedrag van de contaminanten zal zijn bij zout-zoet

overgang (neerslaan, in oplossing gaan etc.). Daarom komen wij tot de volgende aanbevelingen om eventuele remobilisatie van verontreinigt sediment tijdens het doorspoelen van het VZM en GRE effectief te monitoren.

- Voor, tijdens en na het doorspoelen zwevend stof bemonsteren en analyseren op metalen in de Grevelingen. (gedrag zout-zoet overgang en de bijbehorende flocculatie van het zwevend stof).
- ‘Passive samplers’ gebruiken om de verspreiding van (opgeloste) organische contaminanten in beeld te krijgen.

Teruggrijpend op de in de inleiding genoemde hoofdvragen kunnen de volgende antwoorden worden geformuleerd:

**Vraag I:** Wat wordt de balans tussen erosie en sedimentatie bij invoering van een getijslag van maximaal 60 cm in het Grevelingenmeer? Wat wordt de slibconcentratie in de waterkolom?

**Antwoord I:** Hoewel zeer plaatselijk en tijdelijk aanzienlijke erosie kan optreden, blijft de invloed op de slibconcentratie in de waterkolom beperkt en blijft het Grevelingenmeer een importerend systeem waarbij gemiddeld over de tijd en ruimte sedimentatie groter is dan erosie. Lokale geërodeerd slib wordt herverdeeld in het systeem, hiervoor blijft voldoende areaal laagdynamische diepe geulen over.

**Vraag II:** Wat is de kans op structurele vertroebeling van de waterkolom in het Volkerak-Zoommeer en de verspreiding van verontreinigingen?

**Antwoord II:** Door herintroductie van een getij van 30 cm kan vanuit een aanzienlijk deel van de diepe geulen resuspensie optreden. Dit leidt volgens de slibbalans niet tot sterke vertroebeling doordat tegelijkertijd ook veel slib bezinkt, maar doordat de concentratie in eerste instantie circa een factor 4 hoger wordt dan die in de Oosterschelde (orde 10 mg/l), treedt wel netto export van slib op naar de Oosterschelde. Verontreinigingen worden dus ook verder verspreid. De chemische normen voor waterbodemkwaliteit worden echter niet overschreden, zodat dit in de nieuwe situatie ook niet het geval zal zijn. Biologische beschikbaarheid is hierbij evenwel buiten beschouwing gebleven. Na verloop van tijd (orde enkele maanden) neemt de concentratieverhoging geleidelijk af.



## 6 Referenties

Bureau Waardenburg (2015). Duikbemonstering bodemlocaties Grevelingen en Volkerak-Zoommeer Notitie 15-364.

Deltares briefnotitie no. 1220493-000-ZKS-0004-b 'reactie zienswijze NIOZ' door Nolte en Van Kessel (2015).

Merckelbach, L.M., (2000), Consolidation and strength evolution of soft mud layers, PhD-thesis, Delft University of Technology; also: Delft University of technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering, Report 00-2, ISSN 0169-6548.

Meysman, F.J.R. (2015). De zwarte doos van Pandora: Getij op de Grevelingen en de mogelijk negatieve implicaties op het Grevelingen ecosysteem. Een kritische analyse van de "Milieueffectrapport bij de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer.

Whitehouse, R., Soulsby, R., Roberts, W., Mitchener, H. (2000). Dynamics of estuarine muds. A manual for practical applications. Thomas Telford Publishing, London. Williamson,

Winterwerp, J.C. and W.G.M. van Kesteren (2004). Introduction to the physics of cohesive sediment in the marine environment. Developments in Sedimentology 56. Elsevier, Amsterdam.

Winterwerp, J.C., W.G.M. van Kesteren, B. van Prooijen and W. Jacobs (2012). A conceptual framework for shear flow – induced erosion of soft cohesive sediment beds. J. Geophys. Res., Vol. 117, C10020, doi:10.1029/2012JC008072.



## **A Waterbodemkwaliteit**

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

### STICHTING DELTARES

Dhr. M. Verheul  
POSTBUS 177  
2600 MH DELFT

Datum 23.09.2015  
Relatienr 35004656  
Opdrachtnr. 527763

## ANALYSERAPPORT

### Opdracht 527763 Waterbodem

Opdrachtgever 35004656 STICHTING DELTARES  
Uw referentie Sedimentmonsters  
Opdrachtacceptatie 18.09.15

Geachte heer, mevrouw,

Hierbij zenden wij u de resultaten van het door u aangevraagde laboratoriumonderzoek. De analyses zijn geaccrediteerd volgens NEN-EN-ISO/IEC 17025, tenzij anders vermeld bij toegepaste methoden en uitgevoerd overeenkomstig de onderzoeksmethoden die worden genoemd in de meest actuele versie van onze verrichtingenlijst van de Raad voor Accreditatie, accreditatienummer L005.

Indien u gegevens wenst over de meetonzekerheden van een methode, kunnen wij u deze op verzoek verstrekken.

Dit rapport mag alleen in zijn geheel worden gereproduceerd. Eventuele bijlagen zijn onderdeel van het rapport.

Indien u nog vragen heeft of aanvullende informatie wenst, verzoeken wij u om contact op te nemen met Klantenservice.

Wij vertrouwen erop u met de toegezonden informatie van dienst te zijn.

Met vriendelijke groet,



**AL-West B.V. Dhr. Henk Berenpas, Tel. +31/570788117**  
**Klantenservice**

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

## Opdracht 527763 Waterbodem

Monsternr.	Monstername	Monsteromschrijving
307455	onbekend	VZM Inloop Rijn - Schelde
307456	onbekend	VZM Volkerak Sluis
307457	onbekend	VZM Oosterschelde
307458	onbekend	VZM Doorlaat Philipsdam

	Eenheid	307455 VZM Inloop Rijn - Schelde	307456 VZM Volkerak Sluis	307457 VZM Oosterschelde	307458 VZM Doorlaat Philipsdam
<b>Algemene monstervoorbehandeling</b>					
Samplemate malen		++	++	++	++
Droge stof	%	61,7	30,2	23,4	13,7
<b>Klassiek Chemische Analyses</b>					
Stikstof volgens Kjeldahl (N)	g/kg Ds	1,0	3,3	2,1	3,5
<b>Fracties (sedigraaf)</b>					
Fractie < 2 µm	% Ds	4,3	20	32	--
Fractie < 10 µm	% Ds	5,8	32	43	--
Fractie < 16 µm	% Ds	5,9	36	45	--
Fractie < 20 µm	% Ds	6,0	37	46	--
Fractie < 50 µm	% Ds	8,0	44	48	--
Fractie < 63 µm	% Ds	8,0	45	49	--
<b>Voorbehandeling metalen analyse</b>					
Koningswater ontsluiting		++	++	++	++
<b>Metalen</b>					
Kwik (Hg)	mg/kg Ds	0,06	0,78	0,24	0,53
<b>PAK</b>					
Acenaftyleen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Acenafteen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Fluoreen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Pyreen	mg/kg Ds	0,084	0,30	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Benzo(b)fluorantheen	mg/kg Ds	<0,050	0,29	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Dibenzo(ah)anthraceen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Anthraceen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Benzo(a)anthraceen	mg/kg Ds	<0,050	0,19	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg Ds	<0,050	0,21	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Benzo-(a)-Pyreen	mg/kg Ds	<0,050	0,25	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Chryseen	mg/kg Ds	<0,050	0,22	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Fenanthreen	mg/kg Ds	<0,050	0,25	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Fluorantheen	mg/kg Ds	0,12	0,43	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Indeno-(1,2,3-c,d)pyreen	mg/kg Ds	<0,050	0,27	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
Naftaleen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>
<b>Som PAK (BOR)</b>	mg/kg Ds	0,12 <sup>x)</sup>	1,5 <sup>x)</sup>	n.a.	n.a.
<b>Som PAK (VROM)</b>	mg/kg Ds	0,12 <sup>x)</sup>	1,8 <sup>x)</sup>	n.a.	n.a.

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

## Opdracht 527763 Waterbodem

	Eenheid	307455	307456	307457	307458
		VZM Inloop Rijn - Schelde	VZM Volkerak Sluis	VZM Oosterschelde	VZM Doorlaat Philipsdam
<b>PAK</b>					
<b>Som PAK (EPA)</b>	mg/kg Ds	0,20 <sup>x)</sup>	2,4 <sup>x)</sup>	n.a.	n.a.
<b>Minerale olie</b>					
Koolwaterstoffractie C10-C40	mg/kg Ds	44	285	154	270
Koolwaterstoffractie C10-C12	mg/kg Ds	<4	<12 <sup>ts)</sup>	<16 <sup>ts)</sup>	<28 <sup>ts)</sup>
Koolwaterstoffractie C12-C16	mg/kg Ds	<4	<12 <sup>ts)</sup>	<16 <sup>ts)</sup>	<28 <sup>ts)</sup>
Koolwaterstoffractie C16-C20	mg/kg Ds	5	28	28	41
Koolwaterstoffractie C20-C24	mg/kg Ds	7	53	26	46
Koolwaterstoffractie C24-C28	mg/kg Ds	11	79	32	65
Koolwaterstoffractie C28-C32	mg/kg Ds	10	66	31	63
Koolwaterstoffractie C32-C36	mg/kg Ds	6	36	19	35
Koolwaterstoffractie C36-C40	mg/kg Ds	<2	<6 <sup>ts)</sup>	<8 <sup>ts)</sup>	15
<b>Polychloorbifenylen</b>					
PCB 28	mg/kg Ds	<0,0010	<0,010 <sup>m)</sup>	<0,0010	<0,0020 <sup>m)</sup>
PCB 52	mg/kg Ds	<0,0010	<0,010 <sup>m)</sup>	<0,0010	<0,0010
PCB 101	mg/kg Ds	<0,0010	<0,010 <sup>m)</sup>	<0,0010	<0,0010
PCB 118	mg/kg Ds	<0,0010	<0,010 <sup>m)</sup>	<0,0010	<0,0010
PCB 138	mg/kg Ds	<0,0010	<0,010 <sup>m)</sup>	<0,0010	0,0080
PCB 153	mg/kg Ds	<0,0010	<0,010 <sup>m)</sup>	<0,0010	0,0088
PCB 180	mg/kg Ds	<0,0010	<0,010 <sup>m)</sup>	<0,0010	<0,0010
<b>Som PCB (7 Ballschmiter)</b>	mg/kg Ds	n.a.	n.a.	n.a.	0,017 <sup>x)</sup>
<b>Som PCB 6 (STI-tabel)</b>	mg/kg Ds	n.a.	n.a.	n.a.	0,017 <sup>x)</sup>
<b>Overig onderzoek</b>					
Ortho-fosfaat (als P)	mg/kg Ds	3,6	3,2	<0,50	<0,50

Verklaring: "<" of n.a. betekent dat het gehalte van de component lager is dan de rapportagegrens.

x) Gehaltes beneden de rapportagegrens zijn niet mee inbegrepen.

m) De rapportagegrens is verhoogd, omdat door matrixeffecten, resp. co-elutie een kwantificering bemoeilijkt wordt.

ts) De rapportagegrens is verhoogd vanwege het lage droge stofgehalte.

Begin van de analyses: 18.09.2015

Einde van de analyses: 23.09.2015

De onderzoeksresultaten hebben alleen betrekking op het aangeleverde monstermateriaal. Monsters met onbekende herkomst kunnen slechts beperkt gecontroleerd worden op plausibiliteit.

**AL-West B.V. Dhr. Henk Berenpas, Tel. +31/570788117**  
**Klantenservice**

**Dit elektronisch gegenereerde rapport is gecontroleerd en vrijgegeven. In overeenstemming met de**

Blad 3 van 5

Kamer van Koophandel Directeur  
Nr. 08110898 ppa. Elly van Bakergem  
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer  
NL 811132559 B01



## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

### Opdracht 527763 Waterbodem

vereisten van NEN EN ISO/IEC 17025:2005 voor eenvoudige rapportage is dit rapport met digitale handtekening rechtsgeldig.

### Toegepaste methoden

#### Vaste stof

conform NEN 6961: Koningswater ontsluiting

conform NEN-ISO 16772: Kwik (Hg)

eigen methode: Samplemate malen Koolwaterstoffractie C10-C40 Som PAK (BOR) Som PAK (VROM) Som PAK (EPA)

Fractie < 2 µm Fractie < 10 µm Fractie < 16 µm Fractie < 20 µm Fractie < 50 µm Fractie < 63 µm

Som PCB 6 (STI-tabel) Som PCB (7 Ballschmitter)

eigen methode: n) Stikstof volgens Kjeldahl (N) Koolwaterstoffractie C10-C12 Koolwaterstoffractie C12-C16 Koolwaterstoffractie C16-C20  
Koolwaterstoffractie C20-C24 Koolwaterstoffractie C24-C28 Koolwaterstoffractie C28-C32 Koolwaterstoffractie C32-C36  
Koolwaterstoffractie C36-C40

eigen methode, meting cnf NEN 6604/NEN-ISO15681-2: n) Ortho-fosfaat (als P)

Glw. NEN-ISO 11465; cf. NEN-EN 12880; cf. AS3000: Droge stof

n) Niet geaccrediteerd

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



## Bijlage bij Opdrachtnr. 527763

### CONSERVERING, CONSERVERINGSTERMIJN EN VERPAKKING

Er zijn verschillen met de richtlijnen geconstateerd die mogelijk de betrouwbaarheid van de resultaten van onderstaande monsters of analyses beïnvloeden.

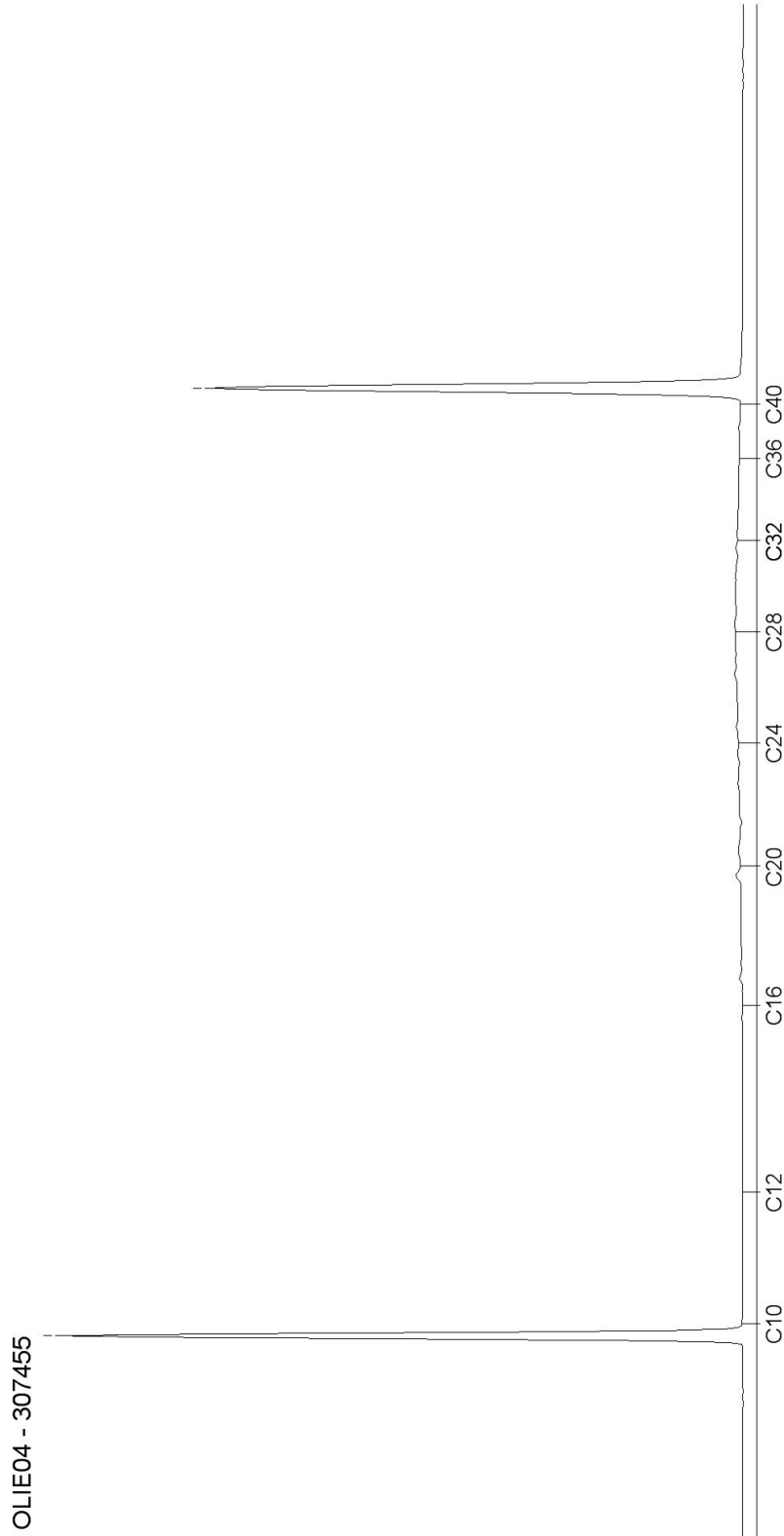
- 307455 De monsternemingsdatum van het monster is onbekend.
- 307456 De monsternemingsdatum van het monster is onbekend.
- 307457 De monsternemingsdatum van het monster is onbekend.
- 307458 De monsternemingsdatum van het monster is onbekend.

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Chromatogram for Order No. 527763, Analysis No. 307455, created at 22.09.2015 08:54:26

**Monsteromschrijving: VZM Inloop Rijn - Schelde**

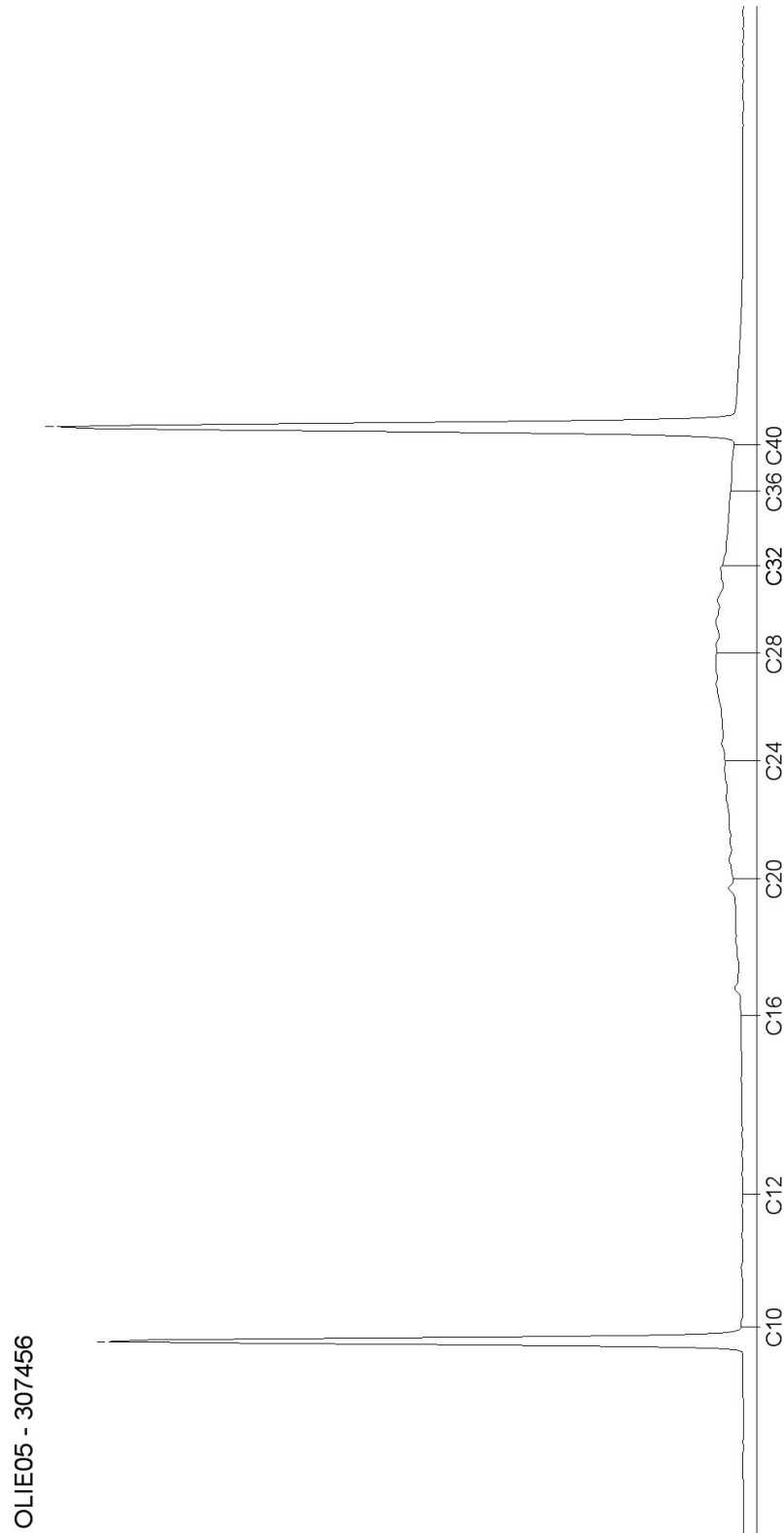


# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Chromatogram for Order No. 527763, Analysis No. 307456, created at 22.09.2015 12:41:26

**Monsteromschrijving: VZM Volkerak Sluis**



DOC-15-7738971-NL-P2

Kamer van Koophandel  
Nr. 08110898  
VAT/BTW-ID-Nr.:  
NL 811132559 B01

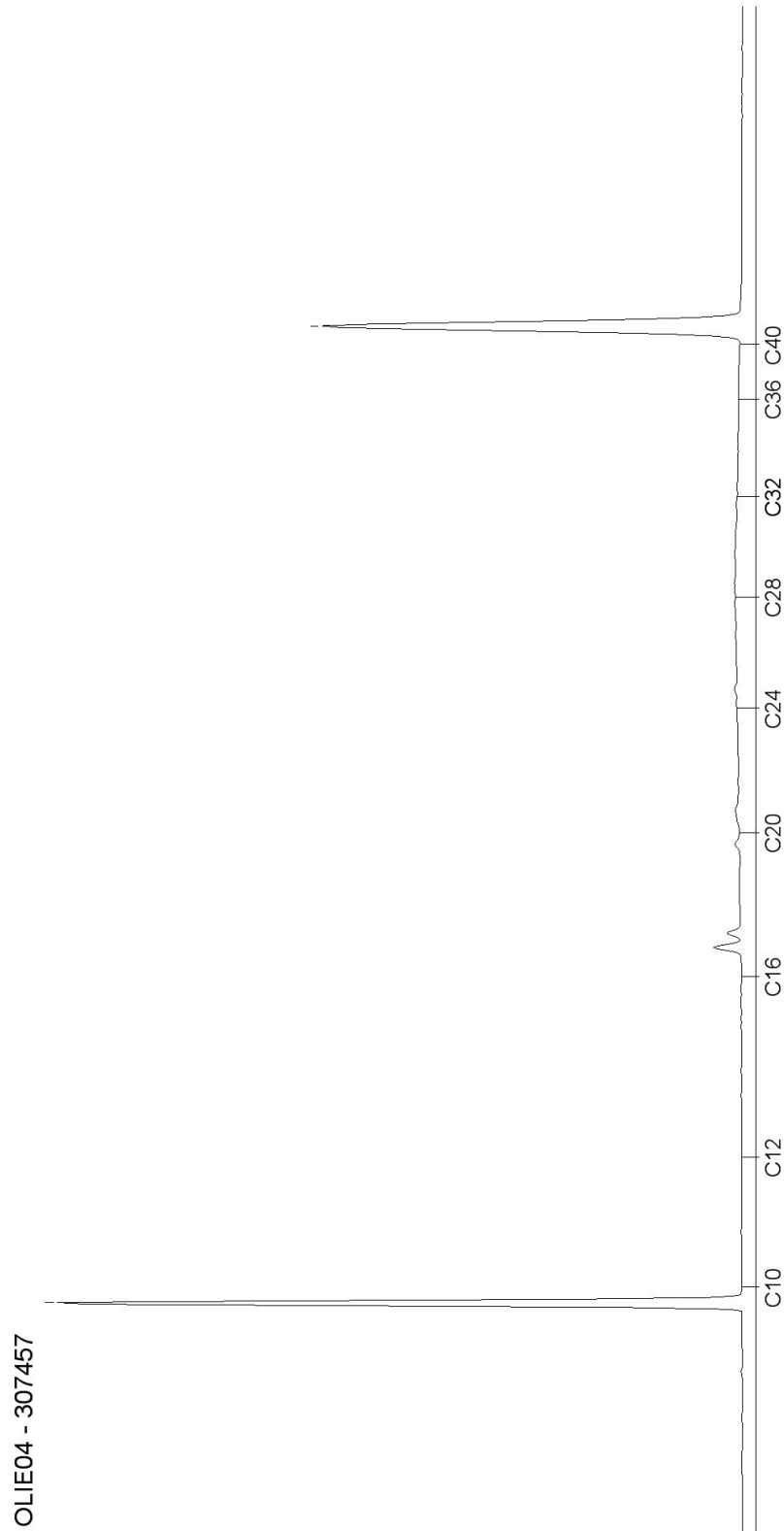
Directeur  
ppa. Elly van Bakergem  
Dr. Paul Wimmer

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Chromatogram for Order No. 527763, Analysis No. 307457, created at 22.09.2015 08:54:26

## Monsteromschrijving: VZM Oosterschelde



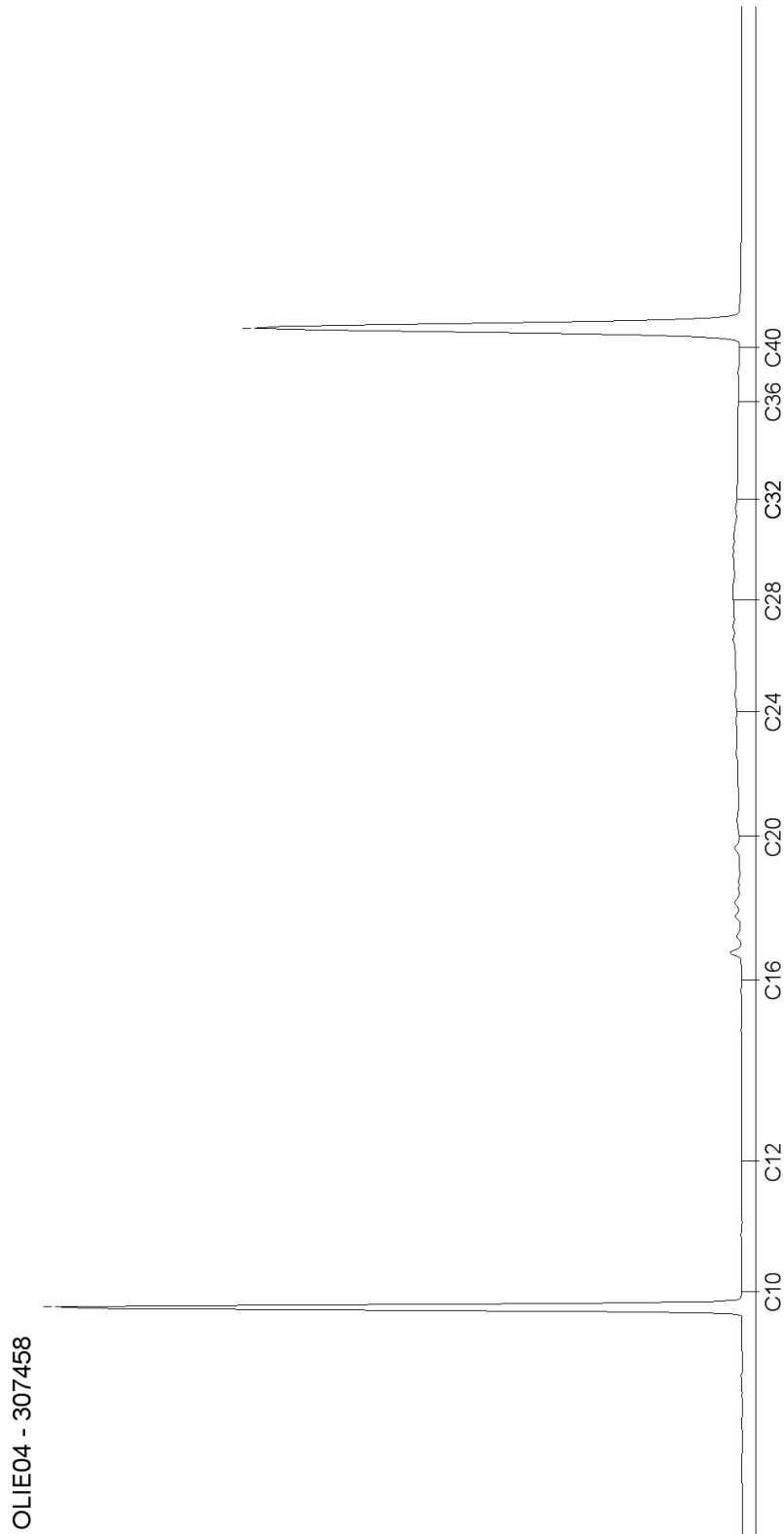
DOC-15-7738971-NL-P3

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Chromatogram for Order No. 527763, Analysis No. 307458, created at 22.09.2015 08:54:27

## Monsteromschrijving: VZM Doorlaat Philipsdam



DOC-15-7738971-NL-P4

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

### STICHTING DELTARES

Dhr. M. Verheul  
POSTBUS 177  
2600 MH DELFT

Datum 07.10.2015  
Relatienr 35004656  
Opdrachtnr. 530556

## ANALYSERAPPORT

### Opdracht 530556 Waterbodem

Opdrachtgever 35004656 STICHTING DELTARES  
Uw referentie Sedimentmonsters Dhr. M. Verheul  
Opdrachtacceptatie 30.09.15

Geachte heer, mevrouw,

Hierbij zenden wij u de resultaten van het door u aangevraagde laboratoriumonderzoek. De analyses zijn geaccrediteerd volgens NEN-EN-ISO/IEC 17025, tenzij anders vermeld bij toegepaste methoden en uitgevoerd overeenkomstig de onderzoeksmethoden die worden genoemd in de meest actuele versie van onze verrichtingenlijst van de Raad voor Accreditatie, accreditatienummer L005.

Indien u gegevens wenst over de meetonzekerheden van een methode, kunnen wij u deze op verzoek verstrekken.

Dit rapport mag alleen in zijn geheel worden gereproduceerd. Eventuele bijlagen zijn onderdeel van het rapport.

Indien u nog vragen heeft of aanvullende informatie wenst, verzoeken wij u om contact op te nemen met Klantenservice.

Wij vertrouwen erop u met de toegezonden informatie van dienst te zijn.

Met vriendelijke groet,



**AL-West B.V. Dhr. Henk Berenpas, Tel. +31/570788117**  
**Klantenservice**

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



## AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

### Opdracht 530556 Waterbodem

Monsternr.	Monstername	Monsteromschrijving
320033	29.09.2015	Flakkeese spuisluis
320034	29.09.2015	Brouwers sluis
320035	29.09.2015	Put de Osse
320036	29.09.2015	Doorlaat middel
320037	29.09.2015	GRE VP 4 bodemmonster 1

Eenheid	320033 Flakkeese spuisluis	320034 Brouwers sluis	320035 Put de Osse	320036 Doorlaat middel	320037 GRE VP 4 bodemmonster 1
---------	-------------------------------	--------------------------	-----------------------	---------------------------	--------------------------------------

#### Algemene monstervoorbehandeling

Samplemate malen		++	++	++	++	++
Droge stof	%	33,4	28,4	18,7	22,7	74,0

#### Klassiek Chemische Analyses

Stikstof volgens Kjeldahl (N)	g/kg Ds	3,6	2,7	4,6	5,3	0,69
-------------------------------	---------	-----	-----	-----	-----	------

#### Fracties (sedigraaf)

Fractie < 2 µm	% Ds	39	25	24	35	3,1
Fractie < 10 µm	% Ds	54	48	46	53	4,5
Fractie < 16 µm	% Ds	58	51	48	57	4,6
Fractie < 20 µm	% Ds	60	52	48	59	4,6
Fractie < 50 µm	% Ds	77	57	50	67	5,3
Fractie < 63 µm	% Ds	81	57	50	68	5,4

#### Voorbehandeling metalen analyse

Koningswater ontsluiting		++	++	++	++	++
--------------------------	--	----	----	----	----	----

#### Metalen

Kwik (Hg)	mg/kg Ds	0,17	0,15	0,31	1,46	0,14
-----------	----------	------	------	------	------	------

#### PAK

Acenaftyleen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,050
Acenafteen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,050
Fluoreen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,050
Pyreen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,44	<0,050
Benzo(b)fluorantheen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,48	<0,050
Dibenzo(ah)anthraceen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,050
Anthraceen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	<0,050
Benzo(a)anthraceen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,25	<0,050
Benzo(ghi)peryleen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,28	<0,050
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,22	<0,050
Benzo-(a)-Pyreen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,38	<0,050
Chryseen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,26	<0,050
Fenantheen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,37	<0,050
Fluorantheen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,53	<0,050
Indeno-(1,2,3-c,d)pyreen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,44	<0,050
Naftaleen	mg/kg Ds	<0,050	<0,20 <sup>(ts)</sup>	<0,50 <sup>(ts)</sup>	0,30	<0,050
<b>Som PAK (BOR)</b>	mg/kg Ds	n.a.	n.a.	n.a.	2,3	n.a.
<b>Som PAK (VROM)</b>	mg/kg Ds	n.a.	n.a.	n.a.	3,0 <sup>x)</sup>	n.a.

Blad 2 van 4

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



## AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

### Opdracht 530556 Waterbodem

Eenheid	320033 Flakkeese spuisluis	320034 Brouwers sluis	320035 Put de Osse	320036 Doorlaat middel	320037 GRE VP 4 bodemmonster 1	
<b>PAK</b>						
Som PAK (EPA)	mg/kg Ds	n.a.	n.a.	n.a.	4,0 <sup>x)</sup>	n.a.
<b>Minerale olie</b>						
Koolwaterstof fractie C10-C40	mg/kg Ds	<105 <sup>ts)</sup>	<140 <sup>ts)</sup>	326	304	46
Koolwaterstof fractie C10-C12	mg/kg Ds	<9 <sup>ts)</sup>	<12 <sup>ts)</sup>	<15 <sup>ts)</sup>	<4	<4
Koolwaterstof fractie C12-C16	mg/kg Ds	<9 <sup>ts)</sup>	<12 <sup>ts)</sup>	32	<4	<4
Koolwaterstof fractie C16-C20	mg/kg Ds	<12 <sup>ts)</sup>	<16 <sup>ts)</sup>	64	38	4
Koolwaterstof fractie C20-C24	mg/kg Ds	<15 <sup>ts)</sup>	<20 <sup>ts)</sup>	64	70	8
Koolwaterstof fractie C24-C28	mg/kg Ds	<15 <sup>ts)</sup>	<20 <sup>ts)</sup>	59	75	10
Koolwaterstof fractie C28-C32	mg/kg Ds	<15 <sup>ts)</sup>	<20 <sup>ts)</sup>	53	62	11
Koolwaterstof fractie C32-C36	mg/kg Ds	<15 <sup>ts)</sup>	<20 <sup>ts)</sup>	34	36	7
Koolwaterstof fractie C36-C40	mg/kg Ds	<15 <sup>ts)</sup>	<20 <sup>ts)</sup>	<25 <sup>ts)</sup>	15	4
<b>Polychloorbifenylen</b>						
PCB 28	mg/kg Ds	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PCB 52	mg/kg Ds	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
PCB 101	mg/kg Ds	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0097	<0,0010
PCB 118	mg/kg Ds	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0079	<0,0010
PCB 138	mg/kg Ds	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,014	<0,0010
PCB 153	mg/kg Ds	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,016	0,0015
PCB 180	mg/kg Ds	<0,0010	<0,0010	<0,0010	0,0066	<0,0010
Som PCB (7 Ballschmiter)	mg/kg Ds	n.a.	n.a.	n.a.	0,054 <sup>x)</sup>	0,002 <sup>x)</sup>
Som PCB 6 (STI-tabel)	mg/kg Ds	n.a.	n.a.	n.a.	0,054 <sup>x)</sup>	0,002 <sup>x)</sup>
<b>Overig onderzoek</b>						
Ortho-fosfaat (als P)	mg/kg Ds	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50

Verklaring: "<" of n.a. betekent dat het gehalte van de component lager is dan de rapportagegrens.

x) Gehaltes beneden de rapportagegrens zijn niet mee inbegrepen.

ts) De rapportagegrens is verhoogd vanwege het lage droge stofgehalte.

Begin van de analyses: 30.09.2015

Einde van de analyses: 07.10.2015

De onderzoeksresultaten hebben alleen betrekking op het aangeleverde monstermateriaal. Monsters met onbekende herkomst kunnen slechts beperkt gecontroleerd worden op plausibiliteit.

AL-West B.V. Dhr. Henk Berenpas, Tel. +31/570788117  
Klantenservice

Dit elektronisch gegenereerde rapport is gecontroleerd en vrijgegeven. In overeenstemming met de vereisten van NEN EN ISO/IEC 17025:2005 voor eenvoudige rapportage is dit rapport met digitale

Blad 3 van 4

Kamer van Koophandel Directeur  
Nr. 08110898 ppa. Elly van Bakergem  
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer  
NL 811132559 B01



## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

### **Opdracht 530556 Waterbodem**

**handtekening rechtsgeldig.**

#### **Toegepaste methoden**

##### Vaste stof

**conform NEN 6961:** Koningswater ontsluiting

**conform NEN-ISO 16772:** Kwik (Hg)

**eigen methode:** Samplemate malen Koolwaterstoffractie C10-C40 Som PAK (BOR) Som PAK (VROM) Som PAK (EPA)  
Fractie < 2 µm Fractie < 10 µm Fractie < 16 µm Fractie < 20 µm Fractie < 63 µm Fractie < 50 µm  
Som PCB (7 Ballschmitter) Som PCB 6 (STI-tabel)

**eigen methode: n)** Stikstof volgens Kjeldahl (N) Koolwaterstoffractie C10-C12 Koolwaterstoffractie C12-C16 Koolwaterstoffractie C16-C20  
Koolwaterstoffractie C20-C24 Koolwaterstoffractie C24-C28 Koolwaterstoffractie C28-C32 Koolwaterstoffractie C32-C36  
Koolwaterstoffractie C36-C40

**eigen methode, meting cnf NEN 6604/NEN-ISO15681-2:** n) Ortho-fosfaat (als P)

**Glw. NEN-ISO 11465;cf. NEN-EN 12880; cf. AS3000:**Droge stof

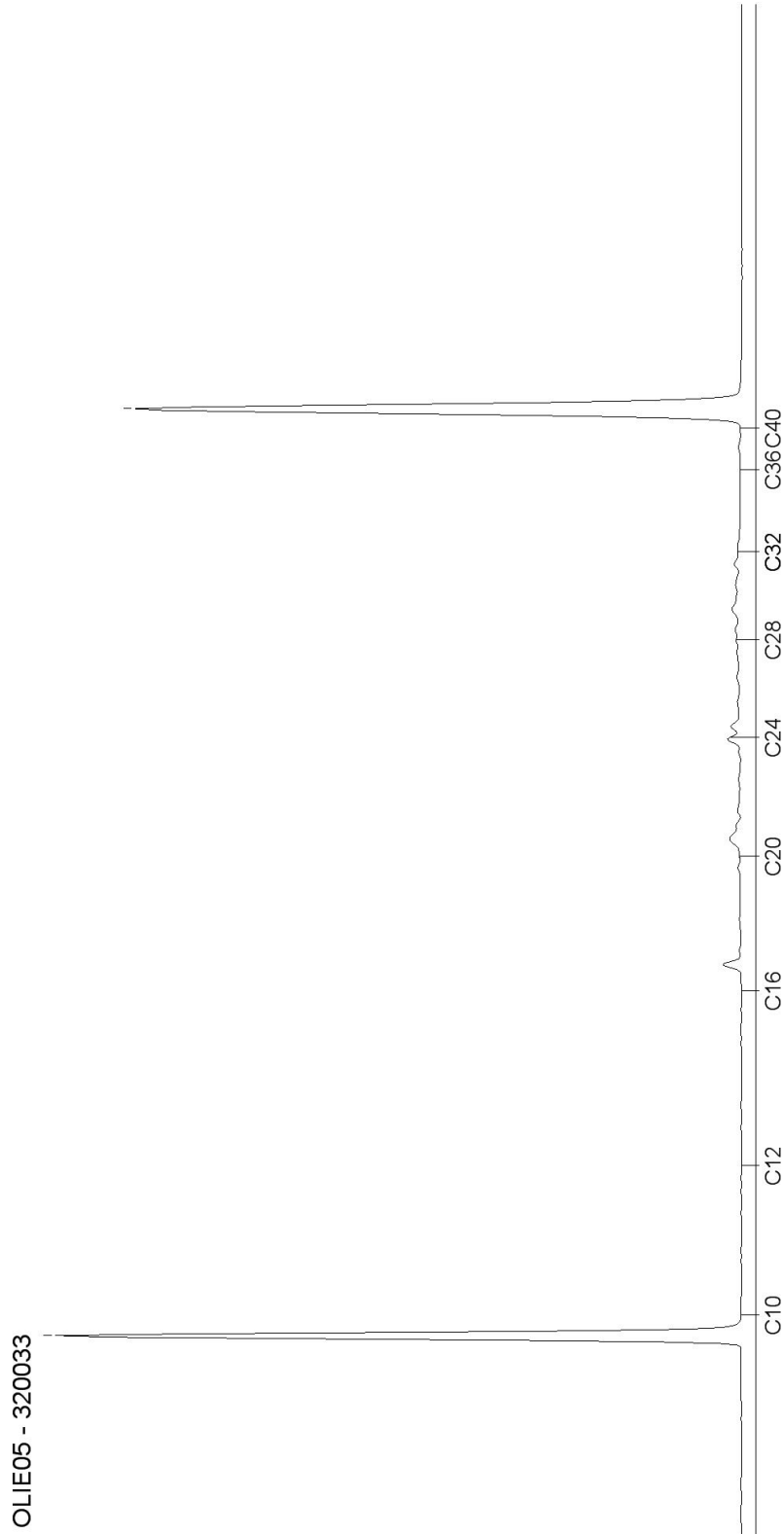
**n) Niet geaccrediteerd**

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Chromatogram for Order No. 530556, Analysis No. 320033, created at 5-okt-2015 9:03:58

**Monsteromschrijving: Flakkeese spuisluis**

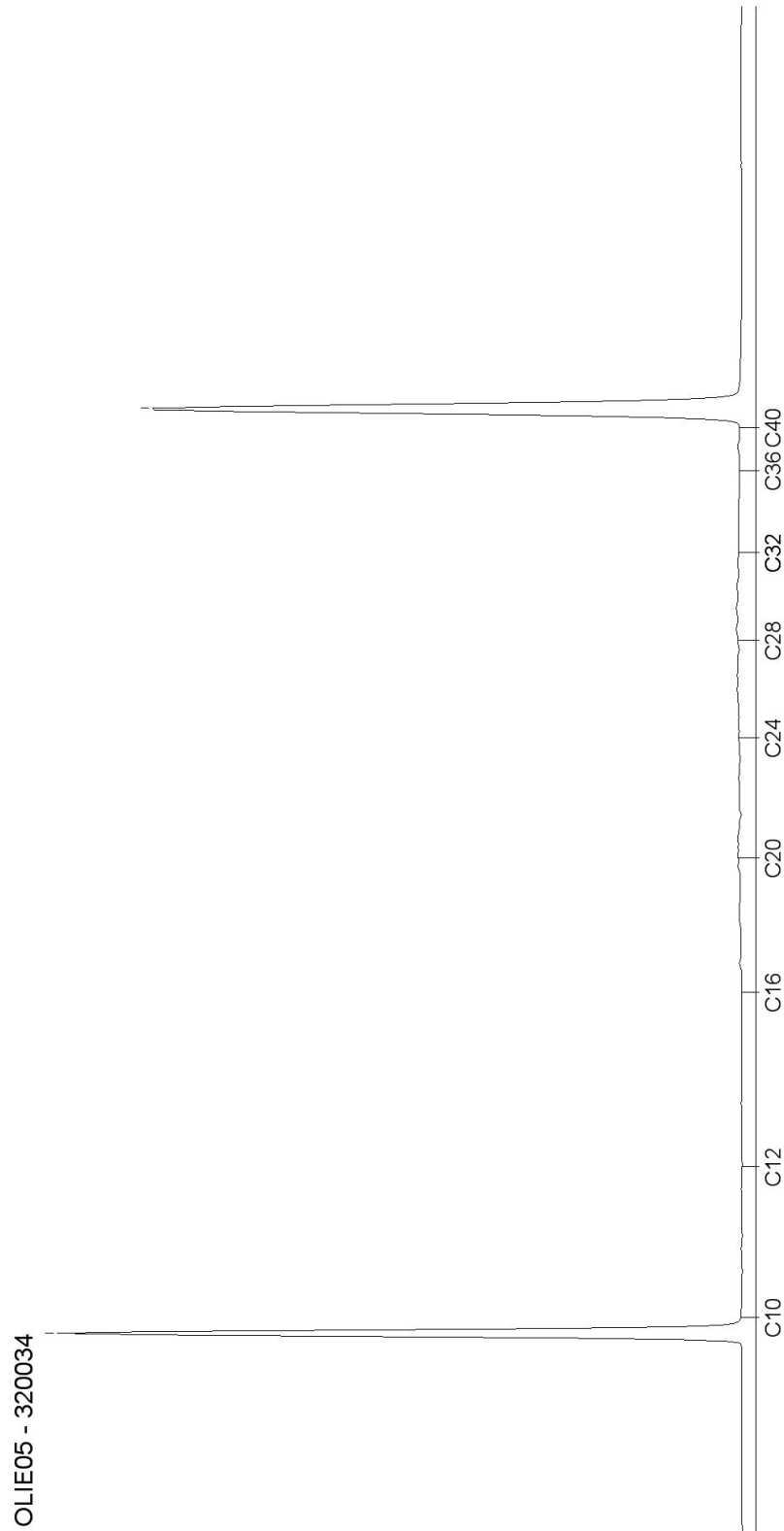


# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Chromatogram for Order No. 530556, Analysis No. 320034, created at 5-okt-2015 9:03:58

**Monsteromschrijving: Brouwers sluis**



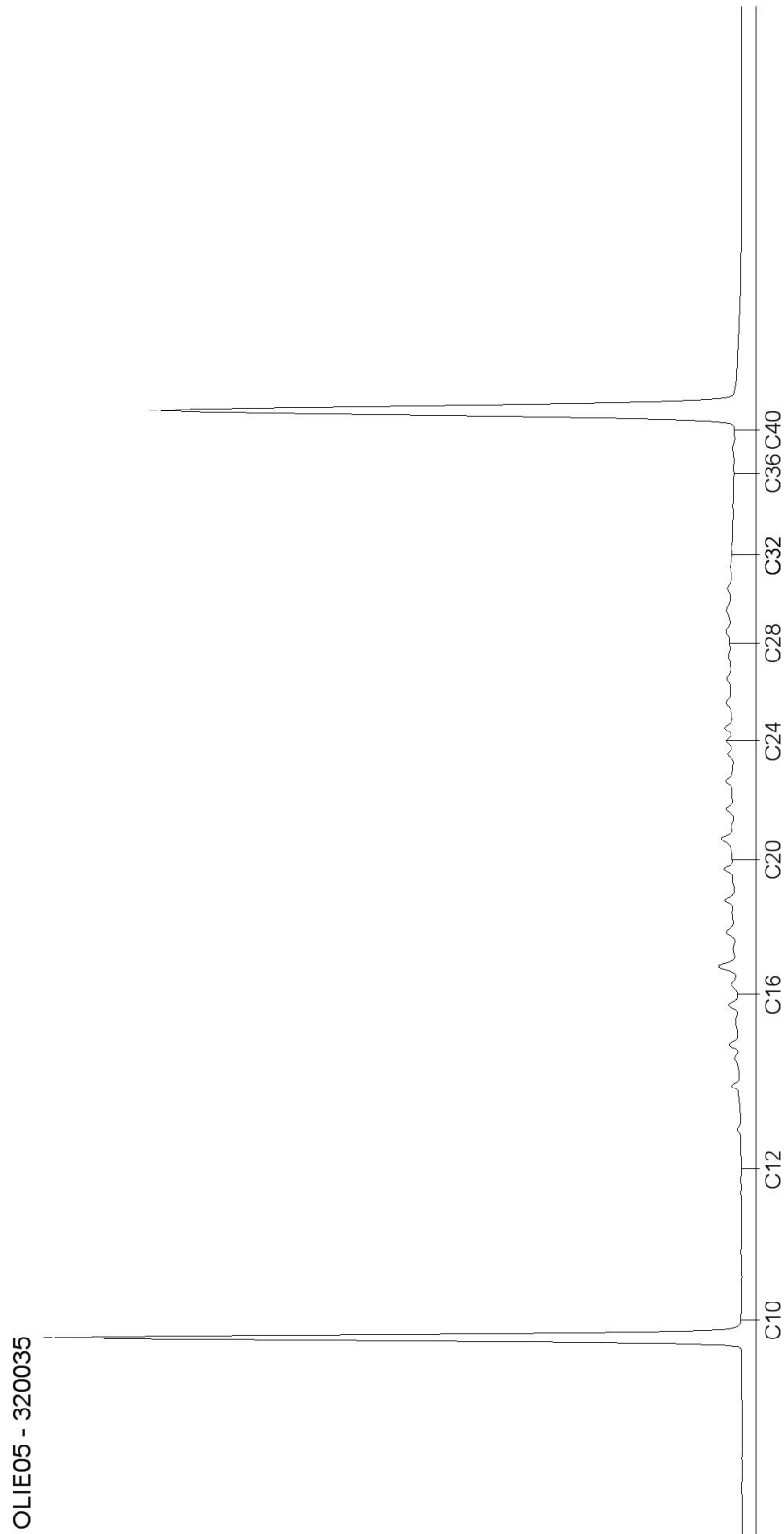
DOC-13-7788287-NL-P2

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Chromatogram for Order No. 530556, Analysis No. 320035, created at 5-okt-2015 9:03:58

**Monsteromschrijving: Put de Osse**



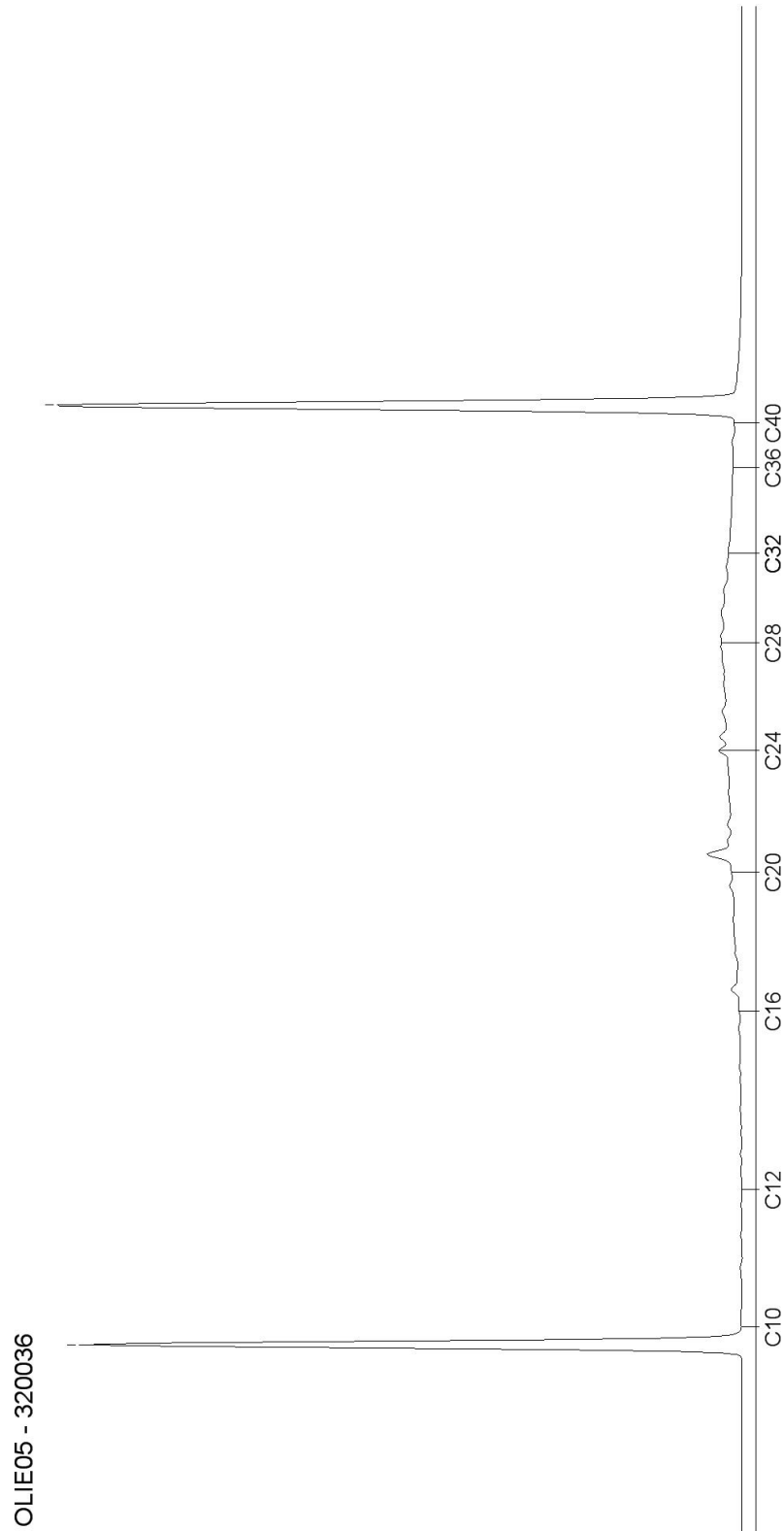
DOC-13-7788297-NL-P3

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Chromatogram for Order No. 530556, Analysis No. 320036, created at 5-okt-2015 9:03:58

**Monsteromschrijving: Doorlaat middel**



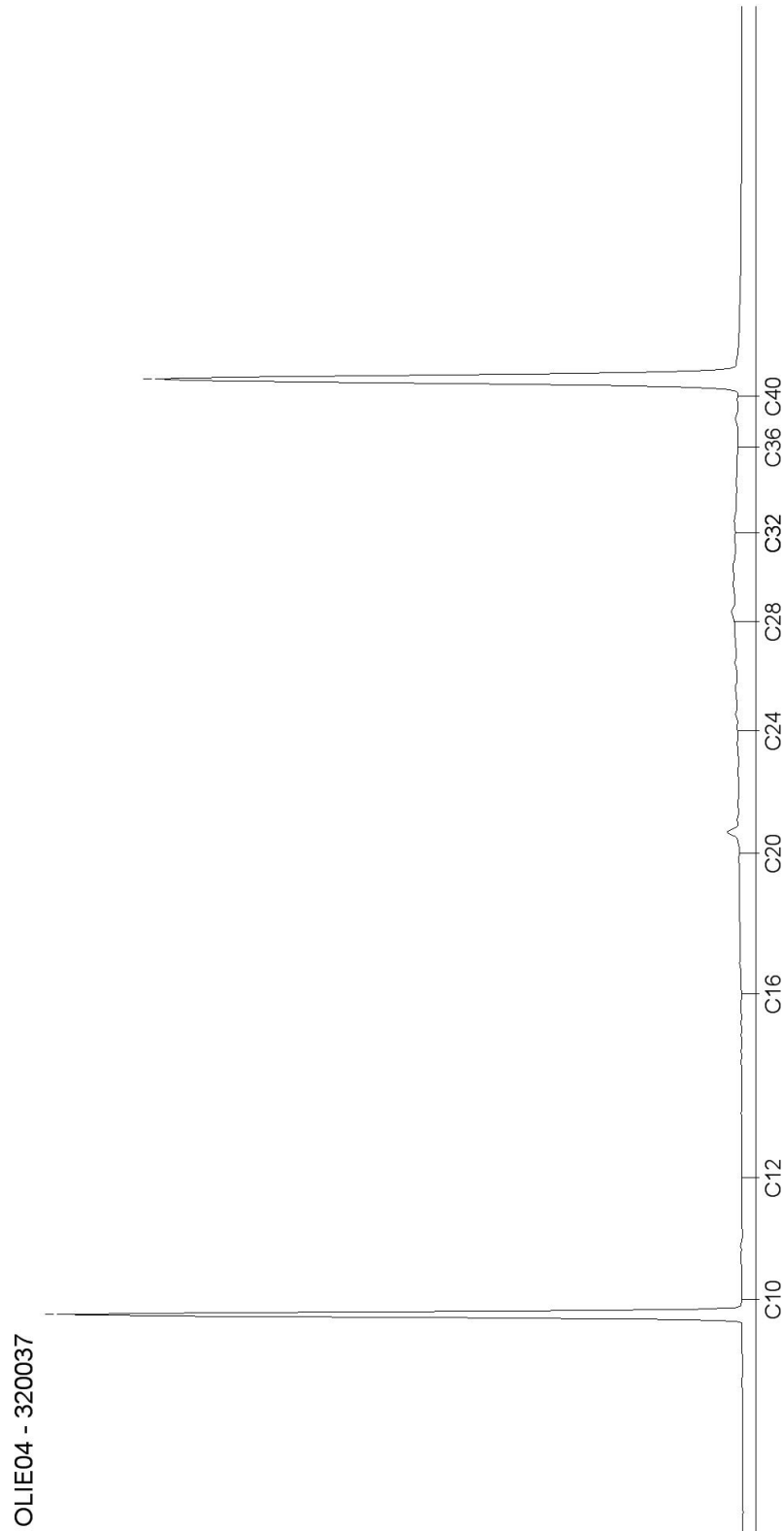
DOC-13-7788297-NL-P4

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Postbus 693, 7400 AR Deventer  
Tel. +31(0)570 788110, Fax +31(0)570 788108  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Chromatogram for Order No. 530556, Analysis No. 320037, created at 5-okt-2015 8:18:07

**Monsterschrijving: GRE VP 4 bodemmonster 1**





## B Normering

stof	MTR (mg/kg)	stof	ug/kg
PCB	0.004	Chlorobenzene	8000
Minerale olie	geen norm	1,2-Dichlorobenzene	6000
antraceen	0.1	1,3-Dichlorobenzene	6000
benzo (a) antraceen	0.4	1,4-Dichlorobenzene	6000
benzo (a) pyreen	3	1,2,3-Trichlorobenzene	7000
benzo (b) fluorantheen	0.81	1,2,4-Trichlorobenzene	7000
benzo (G,H,I)peryleen	8	1,3,5-Trichlorobenzene	7000
benzo (k) fluorantheen	2	1,2,3,4-Tetrachlorobenzene	7000
chryseen	11	1,2,3,5-Tetrachlorobenzene	7000
dibenzo (a,H0 antraceen)	geen norm	1,2,4,5-Tetrachlorobenzene	7000
fenantreen	0.5	Pentachlorobenzene	100
fluorantheen	3	Hexachlorobenzene	5
indeno (1,2,3,-cd) pyreen	6		
naftaleen	0.0001	1-chloro-3-nitrobenzene	geen normering
Chlorobenzene	8000	1,2-dichloro-3-nitrobenzene	geen normering
1,2-Dichlorobenzene	6000	1,2-dichloro-4-nitrobenzene	geen normering
1,3-Dichlorobenzene	6000	1,4-dichloro-2-nitrobenzene	geen normering
1,4-Dichlorobenzene	6000	2,4-dichloro-1-nitrobenzene	geen normering
1,2,3-Trichlorobenzene	7000		ug/kg
1,2,4-Trichlorobenzene	7000	hexachloro-1,3-butadiene	geen norm
1,3,5-Trichlorobenzene	7000	alfa-HCH	290
1,2,3,4-Tetrachlorobenzene	7000	beta-HCH	920
1,2,3,5-Tetrachlorobenzene	7000	gamma-HCH	230
1,2,4,5-Tetrachlorobenzene	7000	delta-HCH	geen norm
Pentachlorobenzene	100	heptachlor	0.7
Hexachlorobenzene	5	aldrin	6
1-chloro-3-nitrobenzene	geen normering	telodrin	geen norm
1,2-dichloro-3-nitrobenzene	geen normering	isodrin	geen norm
1,2-dichloro-4-nitrobenzene	geen normering	heptachlor epoxide (B-isomeer)	0.002
1,4-dichloro-2-nitrobenzene	geen normering	trans-chlordane	chlordane som 3
2,4-dichloro-1-nitrobenzene	geen normering	2,4-DDE	-
sb	15	alfa-endosulfan	1
As	22	cis-chlordane	chlordane som 3
Ba	200	<b>4,4-DDE</b>	<b>1</b>
Cd	12	dieldrin	450
Cr	380	2,4-DDD	geen norm

Co	12	endrin	4
Cu	73	beta-endosulfan	1
Hg	10	4,4-DDD	2
Pb	530	2,4-DDT	geen norm
Mo	440	endosulfan sulphate	1
Ni	35	4,4-DDT	9
Sn	240		
Zn	620		