

**Resultaten  
bodemmonsteranalyse  
Grevelingen en Volkerak-  
Zoommeer**

concept





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

conceptrapportage

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

1220952-000



**Titel**

Resultaten bodemmonsteranalyse Grevelingen en Volkerak-Zoommeer

**Opdrachtgever**  
RWS

**Project**  
1220952-000

**Kenmerk**  
1220952-000-ZKS-0001

**Pagina's**  
37

**Trefwoorden**

bodemmonsters, slib, fysische en chemische lab-analyse, vertroebeling, Grevelingen

**Samenvatting**

Dit rapport beschrijft de resultaten van de fysische en chemische analyses op bodemmonsters 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. Maar vanwege de in alle profielen waargenomen toename van de dichtheid en sterkte met de diepte blijft de erosiediepte 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 nader worden gekwantificeerd.

**Referenties**

KPP slibdynamiek Grevelingen en Volkerak-Zoommeer

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	nov. 2015	dr.ir. T. van Kessel	<i>Tvk</i>	drs. A. Nolte	<i>AN</i>	drs. F.M.J. Hoozemans	<i>[Handwritten Signature]</i>
		drs. M.R.A. Verheul		prof. dr. ir. J.C. Winterwerp			
		M.A. de Lucas Pardo PhD					

**Status**

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.



## Inhoud

<b>1 Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2 Bemonstering</b>	<b>3</b>
<b>3 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	11
3.1.4 Valsnelheid	11
3.1.5 Consolidatie-eigenschappen (in sedimentatiekolommen)	15
3.2 Eigenschappen ongeroerde monsters:	16
3.2.1 Kritische schuifspanning voor erosie en erosiesnelheid met Gust probe	16
3.2.2 Sterkeprofielen	18
3.2.3 Dichtheidsprofielen	21
3.2.4 Watergehalte toplaag	24
3.2.5 Interpretatie van de resultaten	25
3.2.6 Toepassing van de resultaten op de Grevelingen.	26
<b>4 Chemische analyses</b>	<b>29</b>
4.1 Monstername en procedure	29
4.2 Anorganisch (Deltares)	30
4.2.1 CS	30
4.2.2 TGA (vocht-gecorrigeerd)	30
4.2.3 ICPMS (in ppm)	31
4.3 Organisch (TNO)	32
4.4 Waterbodemkwaliteit (AL-West)	33
4.5 Interpretatie resultaten	34
<b>5 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>35</b>
<b>6 Referenties</b>	<b>37</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A Waterbodemkwaliteit</b>	<b>A-1</b>





## 1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de resultaten 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. 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 herinductie 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 en deze dient te worden getoetst.

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



## 2 Bemonstering

Figuur 2.1 geeft een overzicht van de monsterlocaties. De bemonstering is uitgevoerd door Bureau Waardenburg, zie hun rapportage voor meer details.

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.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de bemonsterde locaties. Voor de selectie van de locaties waren de volgende overwegingen:

1. voorkeur voor gebieden waar de stroomsnelheid in de geul groot is 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);
3. een goede ruimtelijke spreiding van de monsters.

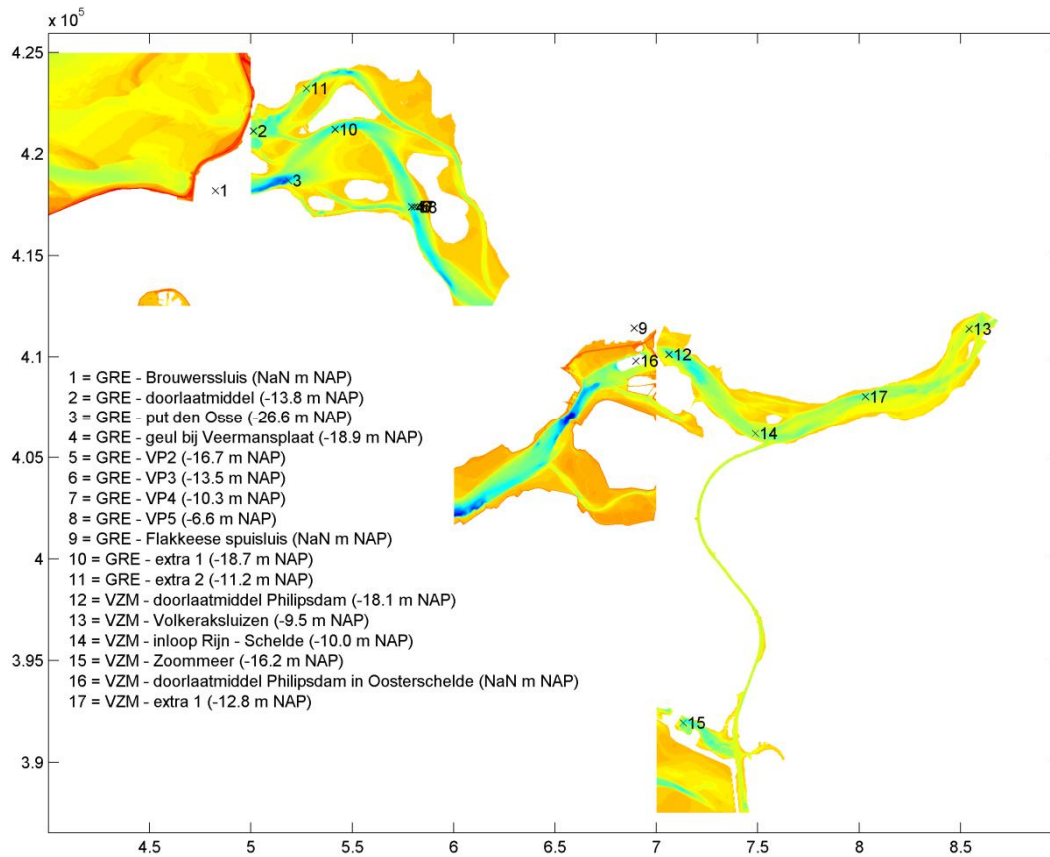
Per locatie zijn twee typen monsters genomen, namelijk ongeroerde en geroerde monsters. Voor de chemische analyse volstaan geroerde monsters, maar voor een deel van de fysische analyse zijn ongeroerde monsters essentieel.

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 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.

Tabel 2.1 Definitie monsterlocaties (zie ook Figuur 2.1).

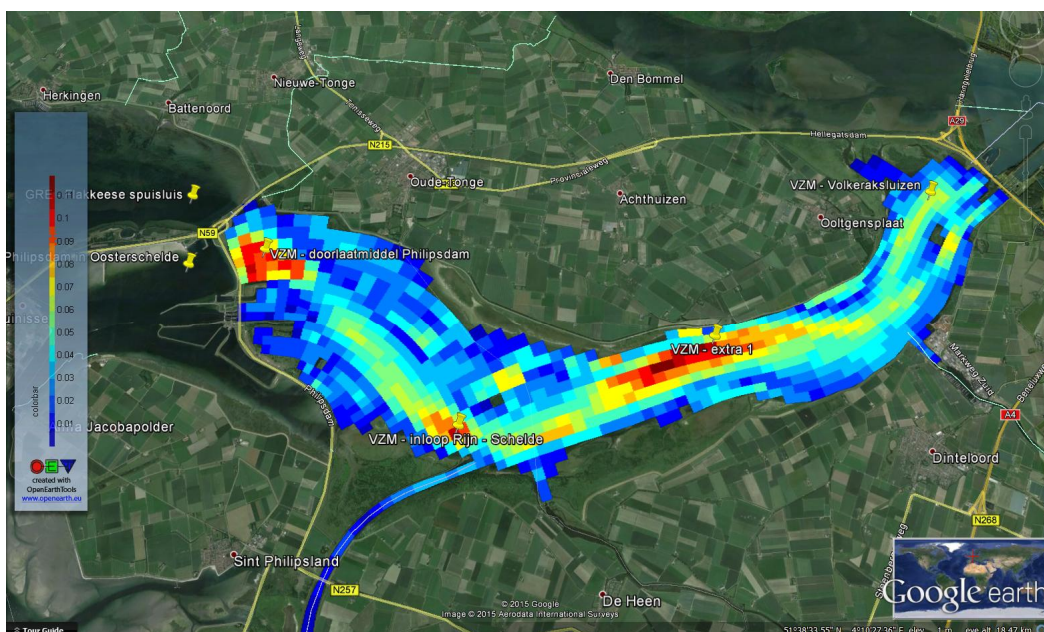
Naam	X	Y	Diepte (m)	Dikte sliblaag in situ (m)
1 'GRE - Brouwerssluis'	48249	418191	-21.5	1.00
2 'GRE - doorlaatmiddel'	50124	421135	-14.5	0.30
3 'GRE - put den Osse'	51842	418685	-26.5	0.70
6 'GRE - VP2 – VP3'	58150	417391	-14.5	-
7 'GRE - VP4'	58374	417384	-12.5	-
9 'GRE - Flakkeese spuisluis'	68904	411423	-6.0	0.50
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
16 'OOS - doorlaatmiddel Philipsdam in Oosterschelde'	68985	409794	-17.0	0.08



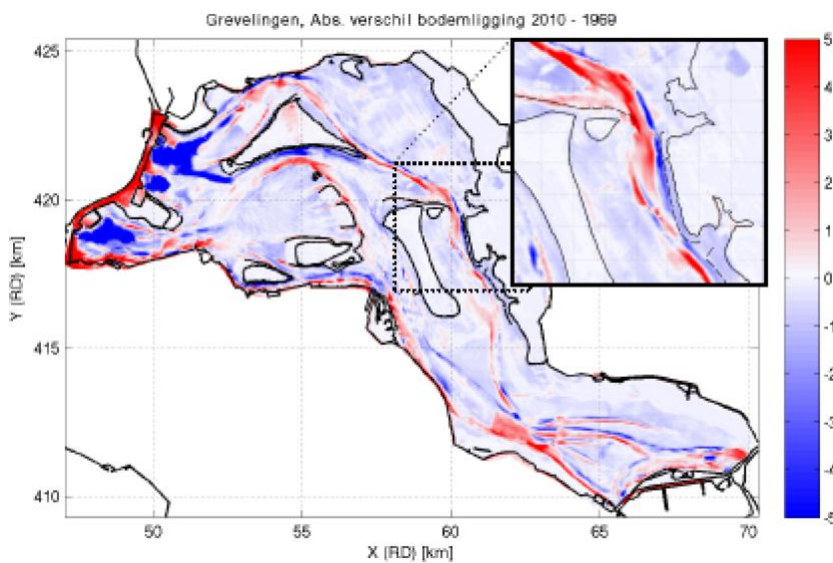
Figuur 2.1 Bemonsteringslocaties Grevelingen en Volkerak-Zoommeer (zie ook Tabel 1)



Figuur 2.2 Bemonsteringslocaties Grevelingen met als achtergrond maximale stroomsnelheid in geulen (m/s). Donkerrood = 0.6 m/s.



Figuur 2.3 Bemonsteringslocaties Volkerak met als achtergrond maximale stroomsnelheid in geulen (m/s). Donkerrood = 0.11 m/s.



Figuur 2.4 Verschil in absolute hoogteligging (in m) tussen 2010 en 1969 (Witteveen en Bos, 2011). Blauw = gebieden met erosie, rood = gebieden 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 voor om de erosiesterkte van de ongestoorde toplaag direct te meten. Van de geroerde 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. een nieuw gebiedsbeheer.

#### 3.1 Eigenschappen geroerde monsters

##### 3.1.1 Korrelverdelingen

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

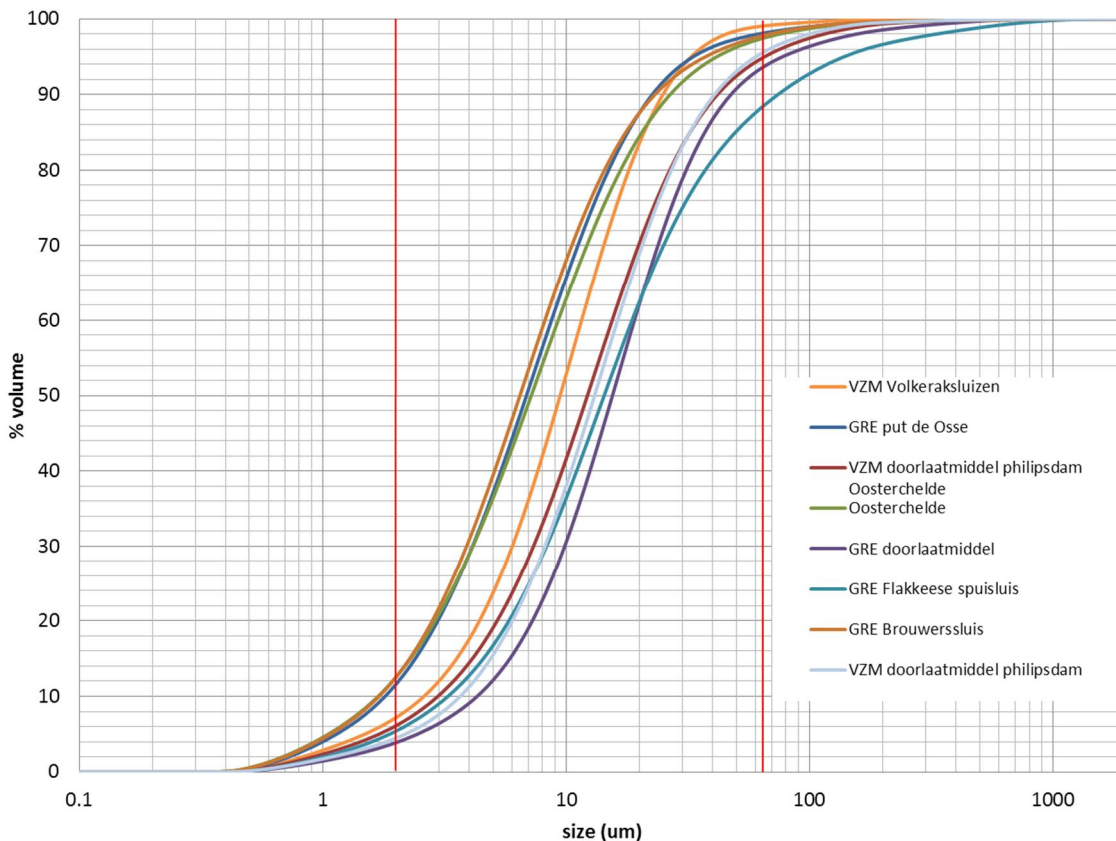
- 1 t.b.v. karakterisatie primaire deeltjes
- 2 t.b.v. in-situ korrelverdeling

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 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 de volgende figuur.



Op basis hiervan kan het de onderstaande tabel voor zand-, silt- en kleigehalte worden afgeleid:

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 Brouwersluis	12	7.2	25	2.9	2
VZM doorlaatmiddel Philipsdam	4.5	20.1			5

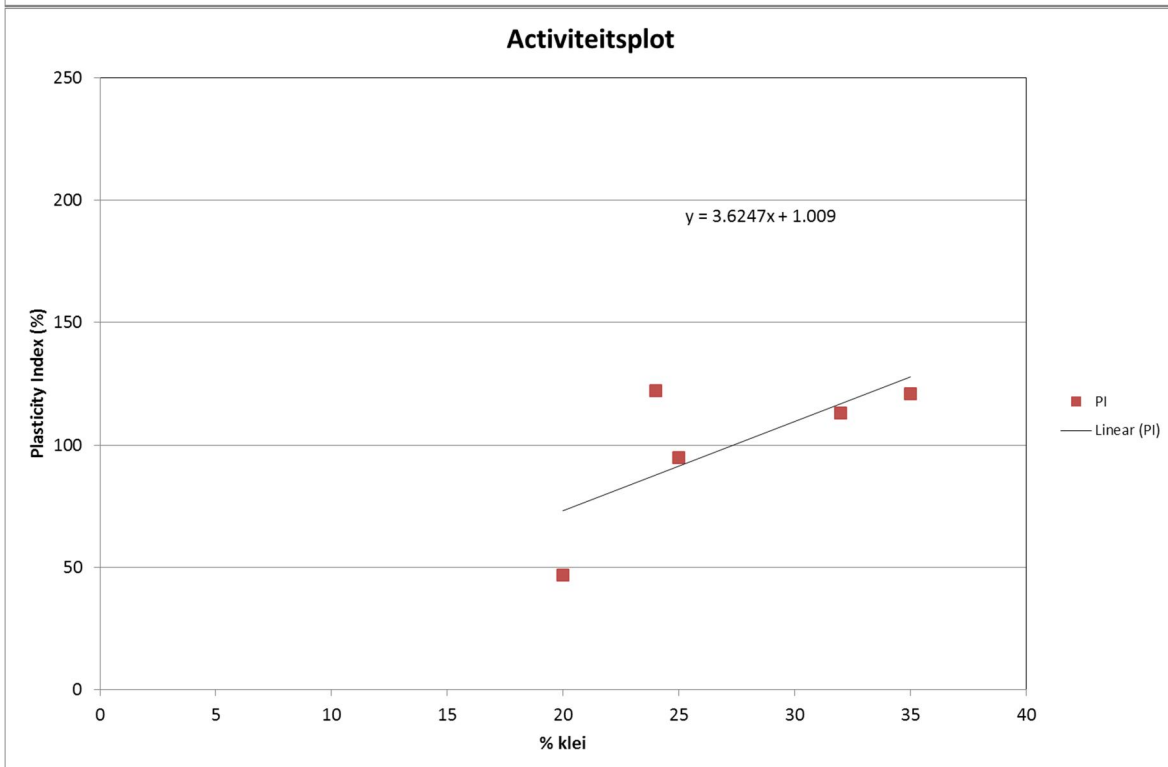
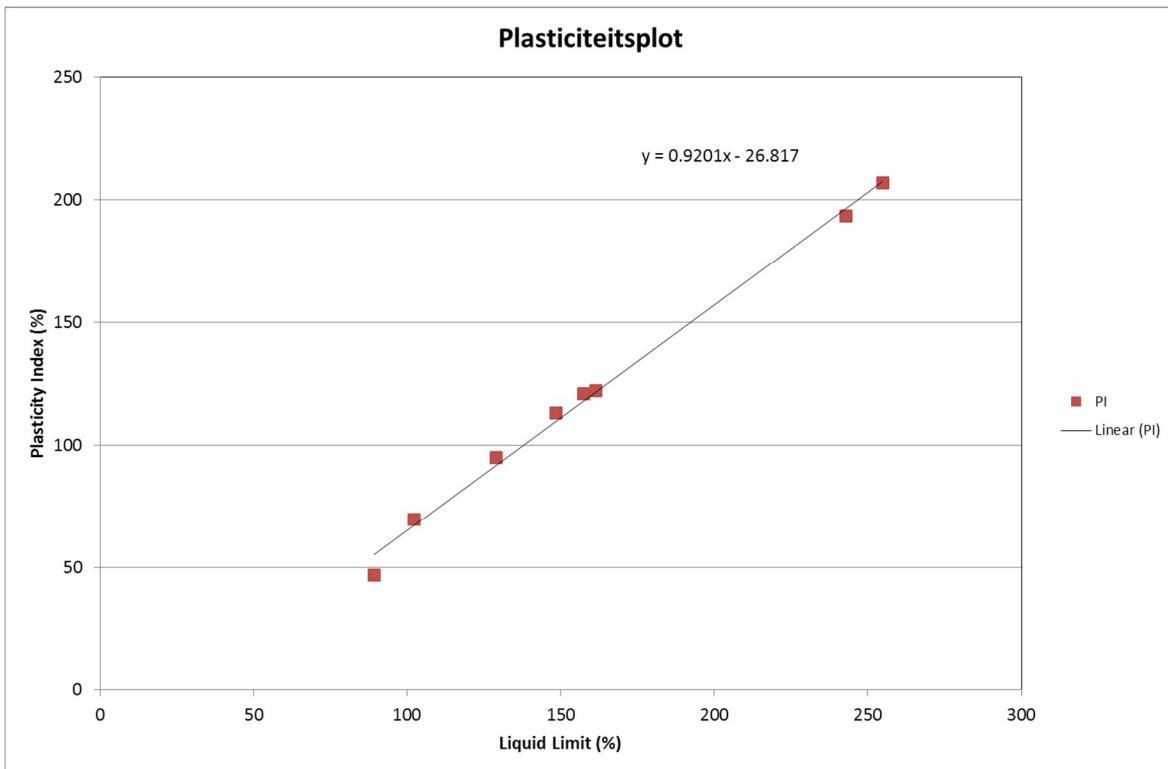


### 3.1.2 Plasticiteitsgrenzen

De plasticiteitsgrenzen dienen om het cohesieve gedrag van slibmonsters te classificeren en zijn bepaald voor een achttal slibrijke monsters. Deze analyse is uitbesteed aan Wiertsema & Partners. Tabel 3.1 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 onderstaande figuren). Alle monsters met  $PI > 90\%$  kunnen worden geclassificeerd als 'extreem hoog plastisch', m.a.w. het sediment heeft een sterk waterbindend vermogen. 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 kaolinite (activiteit 0,4) en illiet (activiteit 0,9).

Tabel 3.1 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



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

De onderstaande tabel 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.

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

Tabel 3.2 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)	TOC (%)
VZM inloop Rijn-Schelde	64.3	55.5%	1655		0.55
VZM Volkeraksluizen	24.3	312%	1176	0.82	3.78
VZM doorlaatmiddel Philipsdam	10.1	890%	1066	4.46	6.15
Oosterschelde	17.6	468%	1121	38.5	4.81
VP 1 GRE Brouwerssluis	16.4	510%	1112	39.4	8.03
VP 2 GRE Put den Osse	19.5	413%	1136	36.5	5.43
VP 3 GRE doorlaatmiddel	24.2	313%	1175		5.98
VP 4 GRE VP2/3	70.0	42.9%	1757		0.79
VP 5 GRE Flakkeese spuisluis	23.4	327%	1168	37.5	4.78

%ds = percentage droge stof (%)

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

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

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

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 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 4 voor een overzicht van de resultaten en de onderstaande figuren 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 §3.2.2. Hieruit volgt een d50 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 d50 = 10  $\mu\text{m}$  lager is dan de met de

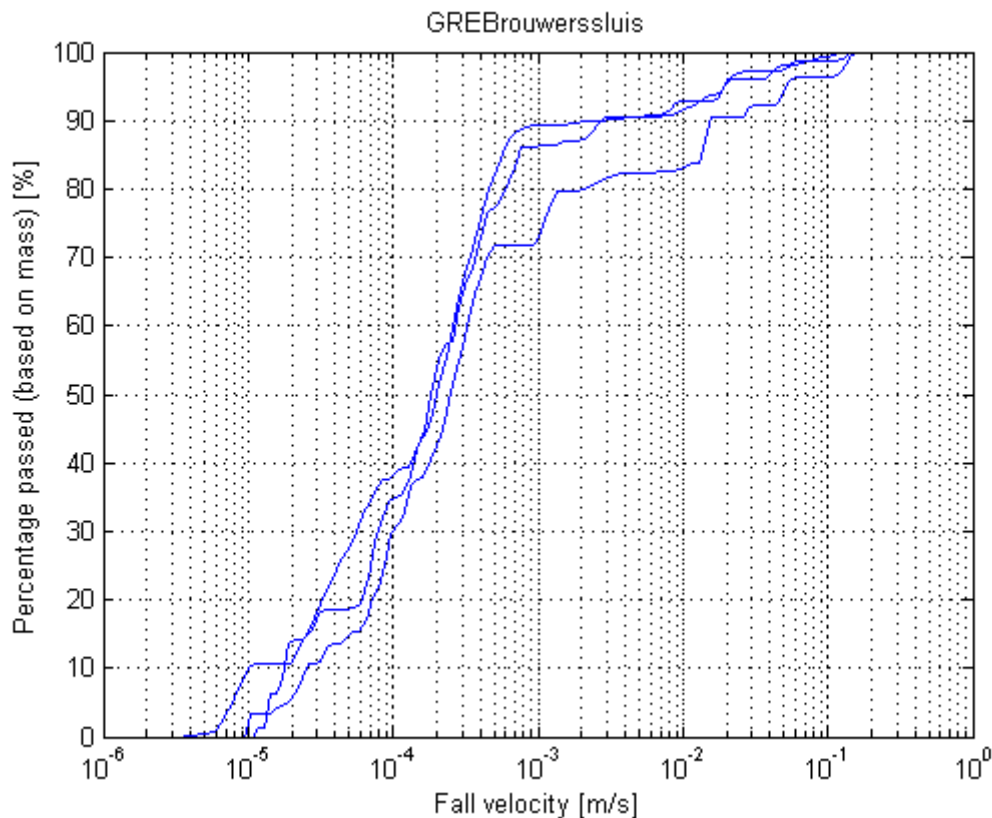
sedimentatiebalans bepaalde valsnelheid. Volgens de wet van Stokes bedraagt de valsnelheid voor  $d = 10 \mu\text{m}$   $w_s = 0.087 \text{ mm/s}$ .

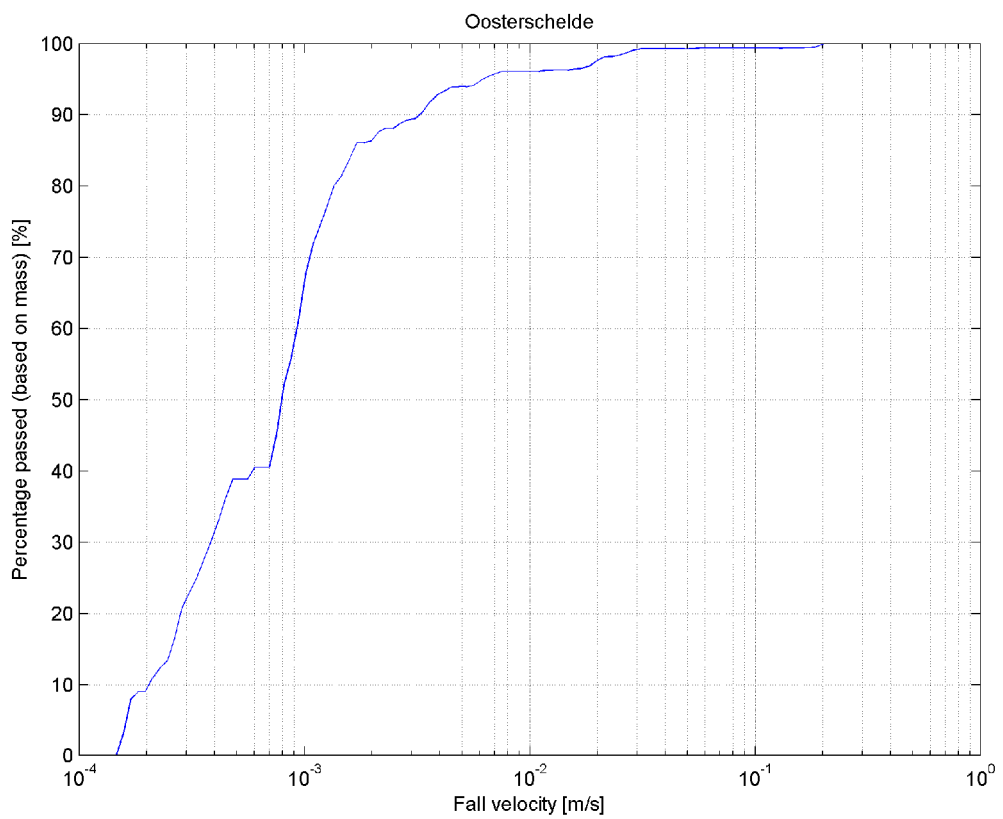
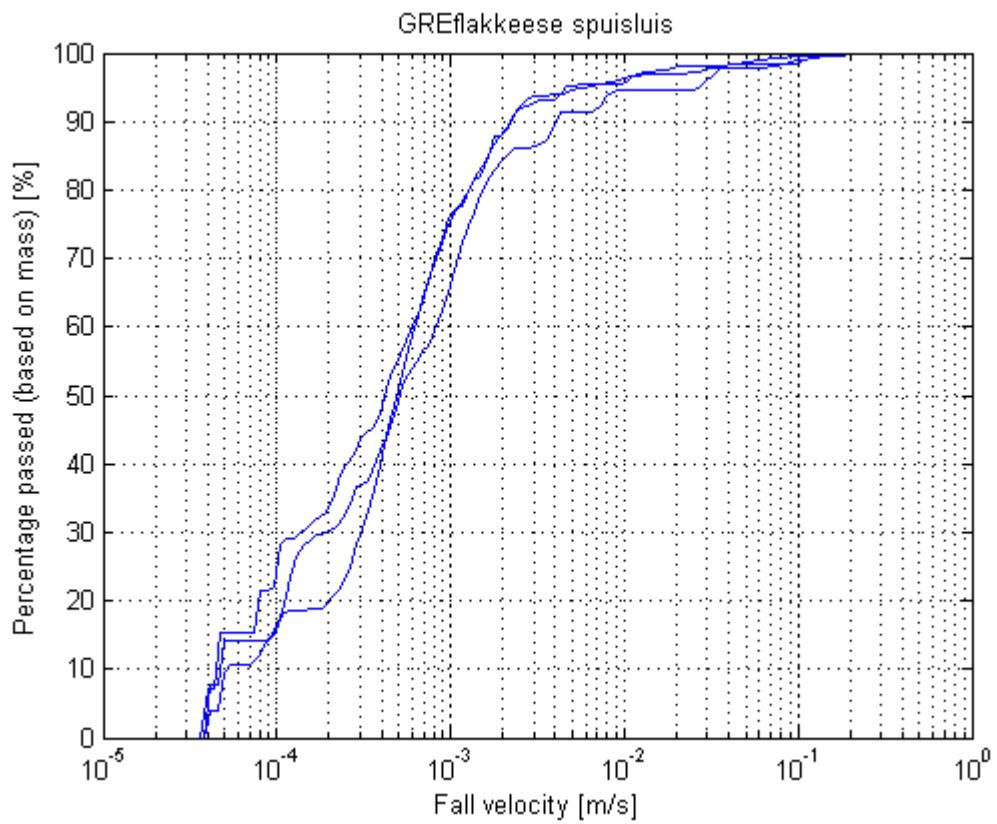
De valsnelheid van het monster VZM Volkeraksluizen vertoont de grootste spreiding bij het herhaald uitvoeren van de meting. Een mogelijke verklaring voor deze afwijking is dat het zoutgehalte van dit monster het laagste is en dat de gevormde vlokken minder stabiel zijn. Behalve organisch materiaal heeft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

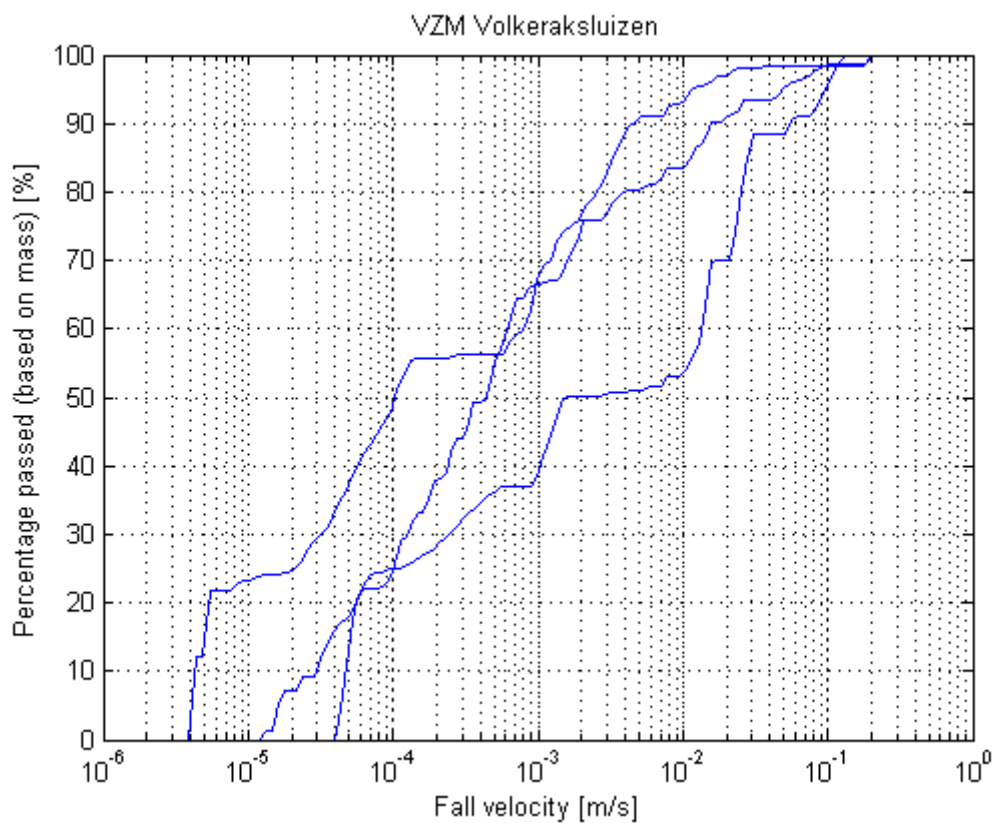
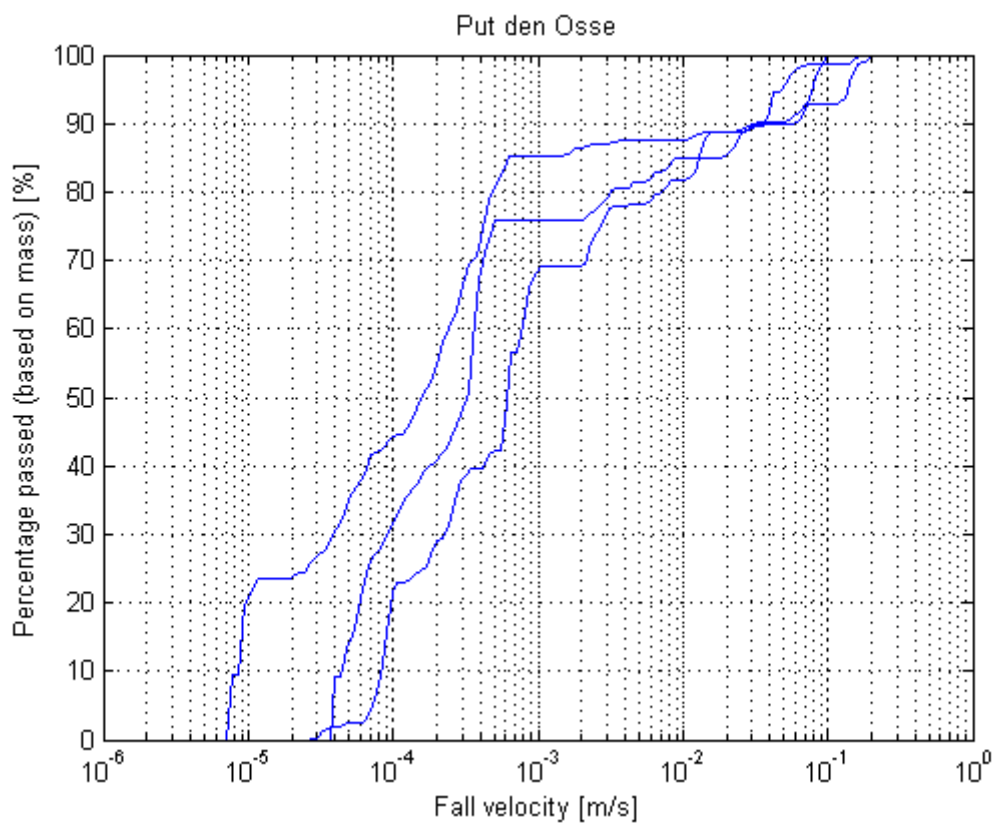
Ten slotte wordt nog opgemerkt dat de valsnelheid in het lab niet precies gelijk hoeft te zijn aan de valsnelheid in-situ, aangezien valsnelheid afhangt van de vloggrootte die weer afhangt van de lokale omstandigheden qua concentratie, turbulentie, saliniteit en organisch gehalte. De in-situ omstandigheden 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 3.3 mediane valsnelheid

No.	Monsternaam	Mediane valsnelheid (mm/s)
1	VZM Volkeraksluizen	0.1 – 1
2	GRE put den Osse	0.3
4	Oosterschelde	0.8
6	GRE Flakkeese spuisluis	0.5
7	GRE Brouwerssluis	0.2





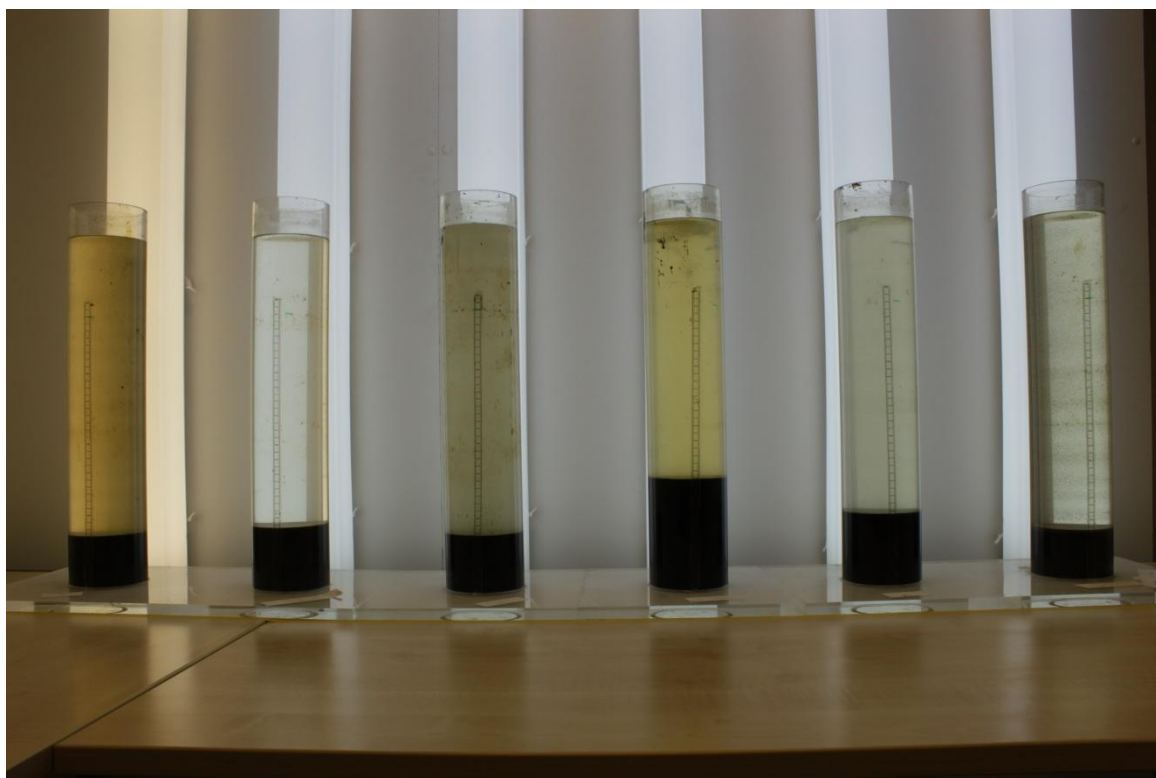


### 3.1.5 Consolidatie-eigenschappen (in sedimentatiekolommen)

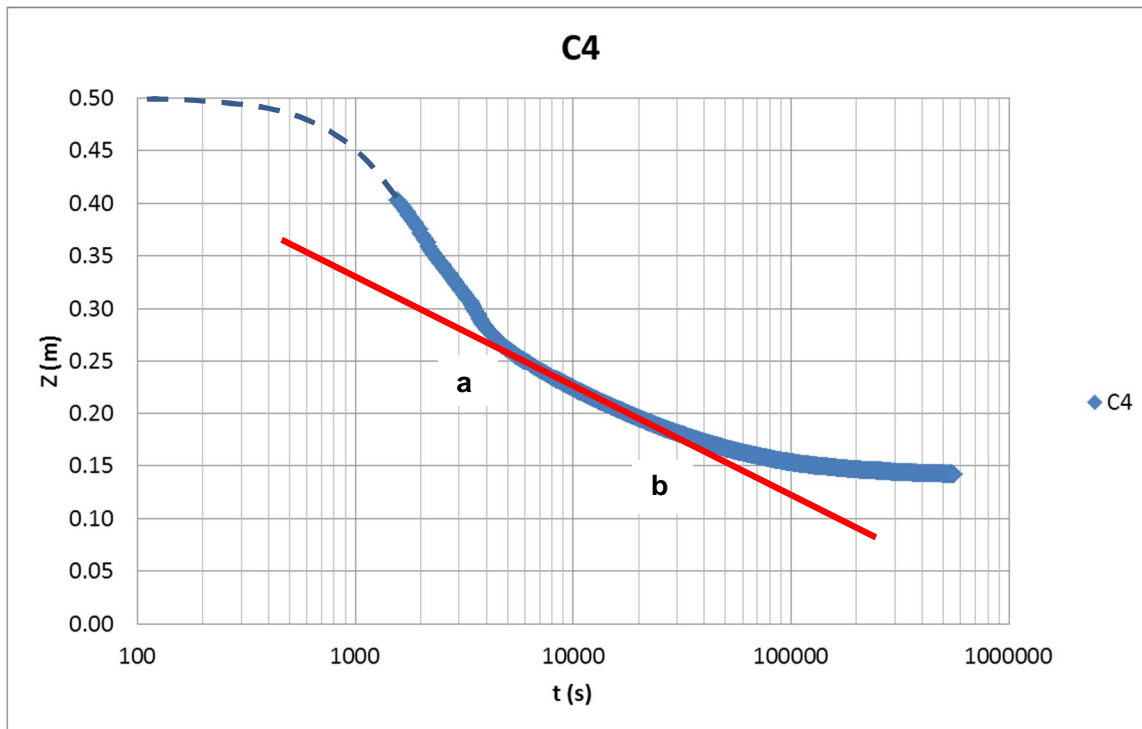
Uit de consolidatie-eigenschappen van de (verdunde) monsters kunnen enkele materiaal-eigenschappen worden bepaald zoals de relatie tussen doorlatendheid en poriëngetal ( $k - e$ ) en de relatie tussen korrelspanning en poriëngetal ( $\sigma' - e$ ). Deze coëfficiënten ( $K_k$ ,  $K_p$  en  $n$ ) worden 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 3.1 voor een voorbeeld van zo'n foto en Figuur 3.2 voor een voorbeeld van het resultaat, namelijk het grensvlak als functie van de tijd. In Figuur 3.2 is ook de raaklijn getrokken die loopt van punt a (overgang bezinking naar consolidatie) tot punt b (overgang naar dominantie korrelspanning). Zie verder Merckelbach (2000) of Winterwerp en van Kesteren (2004) voor meer detail.

In de onderstaande tabel staan de uit de  $h = f(t)$  bepaalde coëfficiënten weergegeven. Op basis hiervan kan ook de consolidatie-coëfficiënt  $c_v$  worden bepaald, zie §3.2.6.

kolom	monster	c (start) (g/l)	h (eind) (cm)	$K_p$ (Pa)	$K_k$ (m/s)	n (-)
1	GRE Flakkeese spuisluis	66	7	4.15E+07	2.0E-13	5.353
2	GRE doorlaatmiddel	66	8.5	1.31E+09	2.0E-15	6.327
3	GRE Brouwerssluis	55	7.4	1.09E+10	8.7E-15	7.572
4	VZM doorlaatmiddel philippsdam Oosterschelde	40	14.2	3.20E+08	1.2E-12	5.123
5	GRE put de Osse	60	9	1.31E+08	4.3E-13	5.566
6	VZM Volkeraksluizen	35	6.5	5.05E+09	2.6E-15	7.669



Figuur 3.1 Foto van consolidatie-tests in 6 kolommen



Figuur 3.2 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 3.4 vat de resultaten van deze test samen. Hieruit 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  $\tau$ :

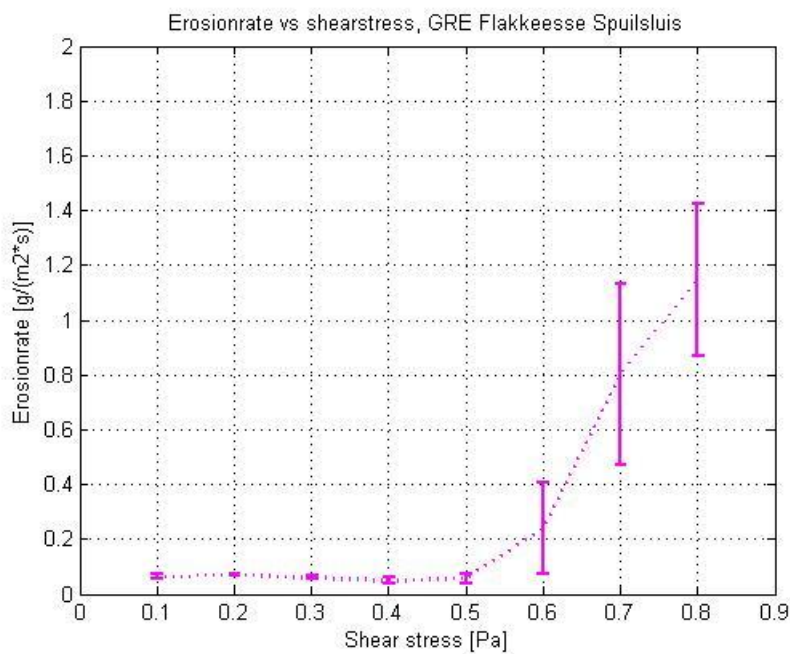
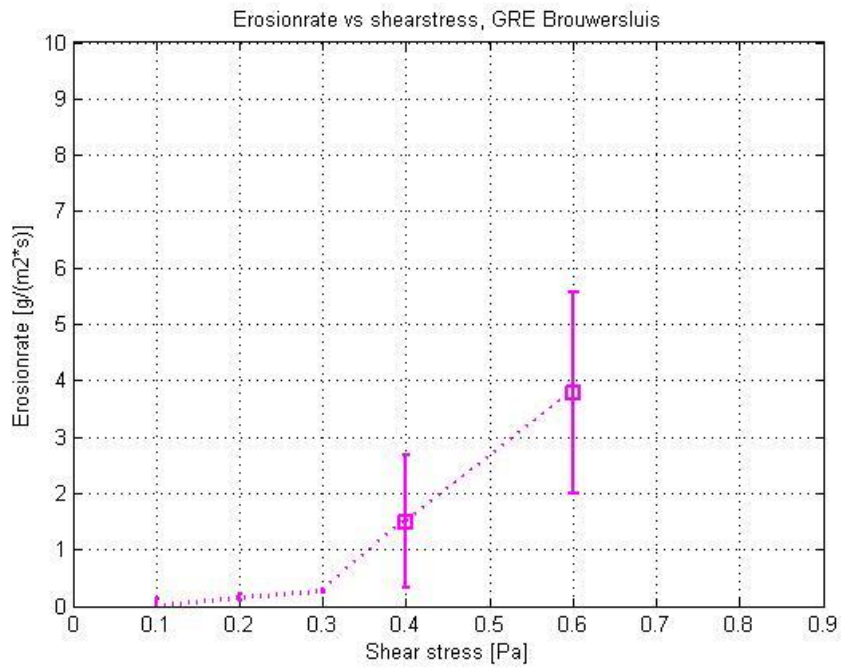
$$E = M^* (\tau - \tau_{cr}) = M(\tau/\tau_{cr} - 1) \text{ met } M = M^* \tau_{cr}$$

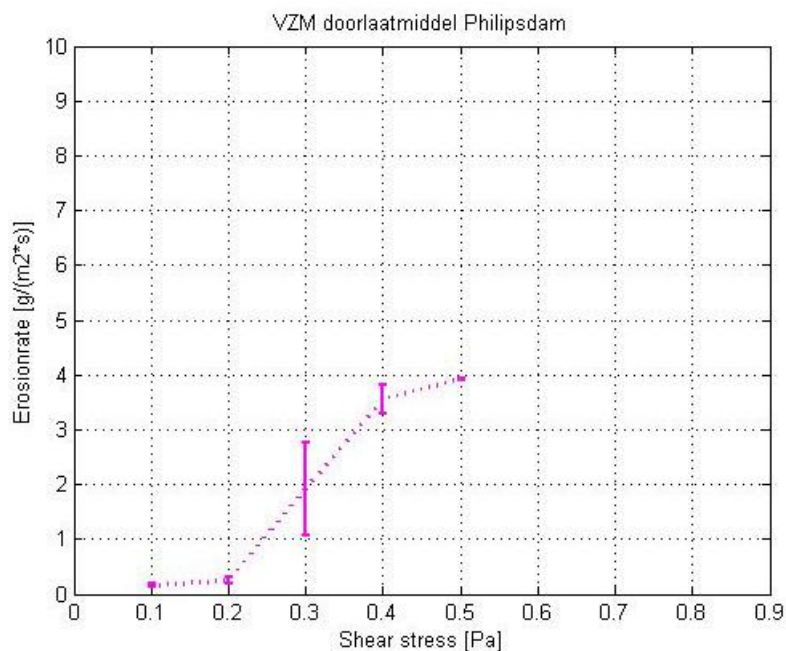
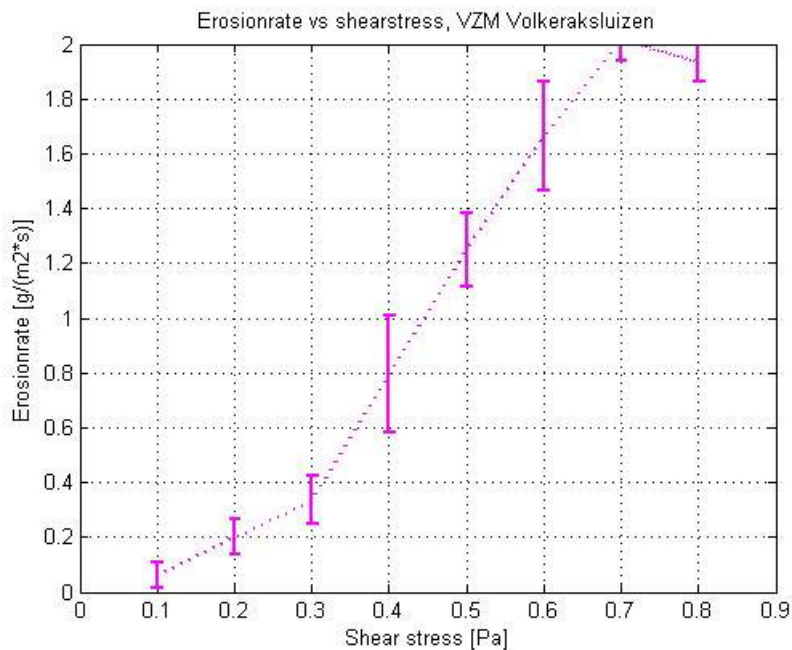
Tabel 3.4 Resultaten erosietests

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



In de onderstaande grafieken is het verband tussen bodemschuifspanning en erosiesnelheid per monster weergegeven.



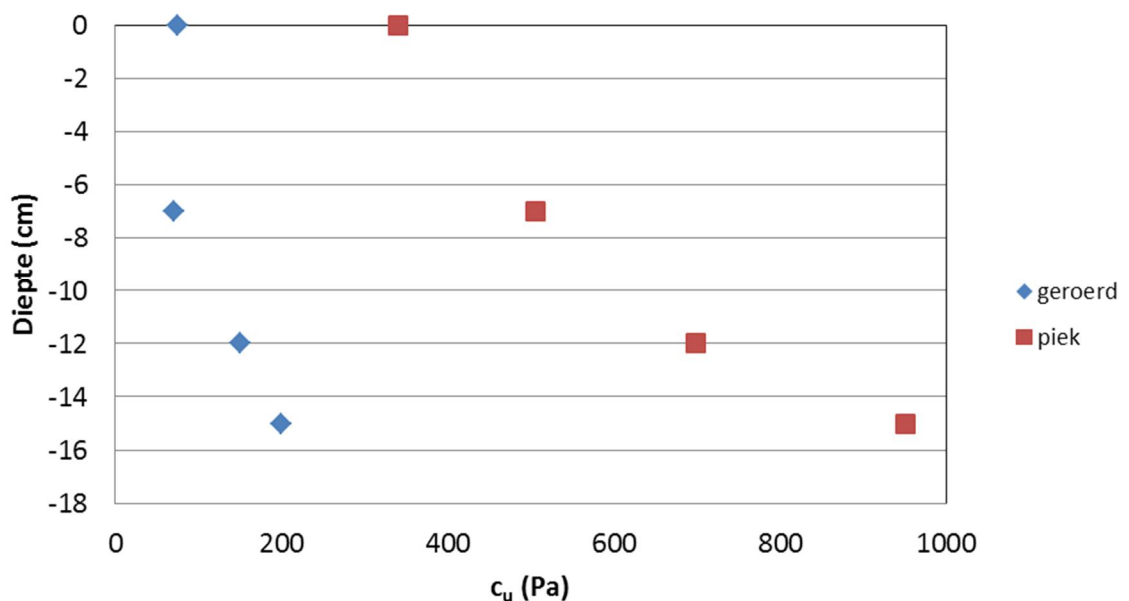


### 3.2.2 Sterkeprofielen

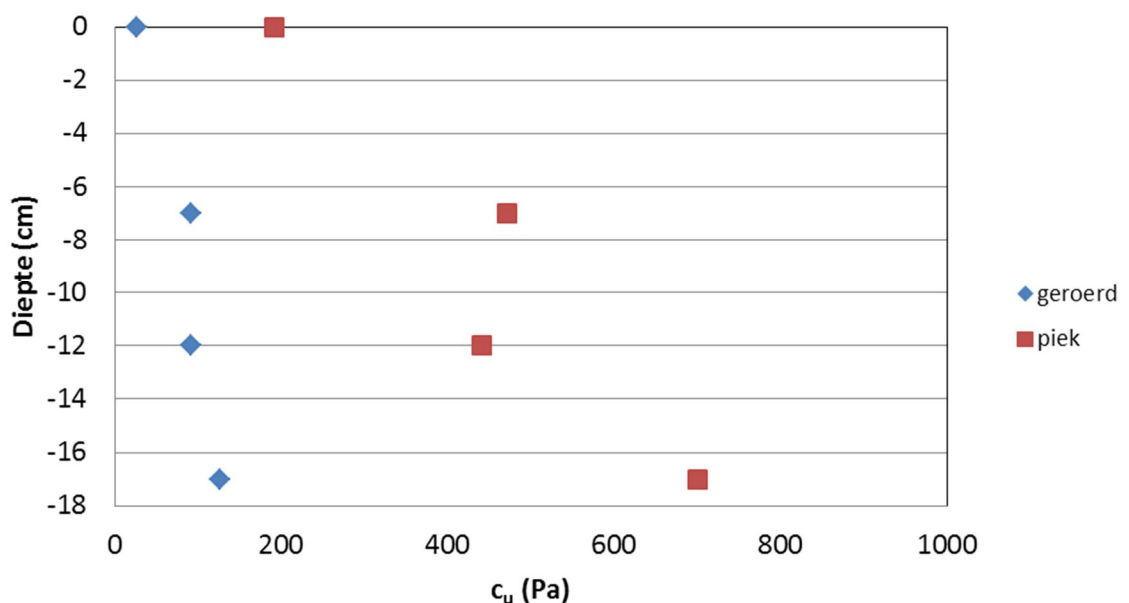
De sterkteprofielen van de ongeroerde monsters zijn bepaald met een reometer waaraan een kruisvormige spindel ('vane') is bevestigd. Er is op een drie- tot viertal verticale niveaus gemeten. De schuifspanning op het moment van bezwijken van het monster is bepaald ('piek') alsmede de residuele schuifspanning 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. 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 schuifsterke  $c_u$  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.

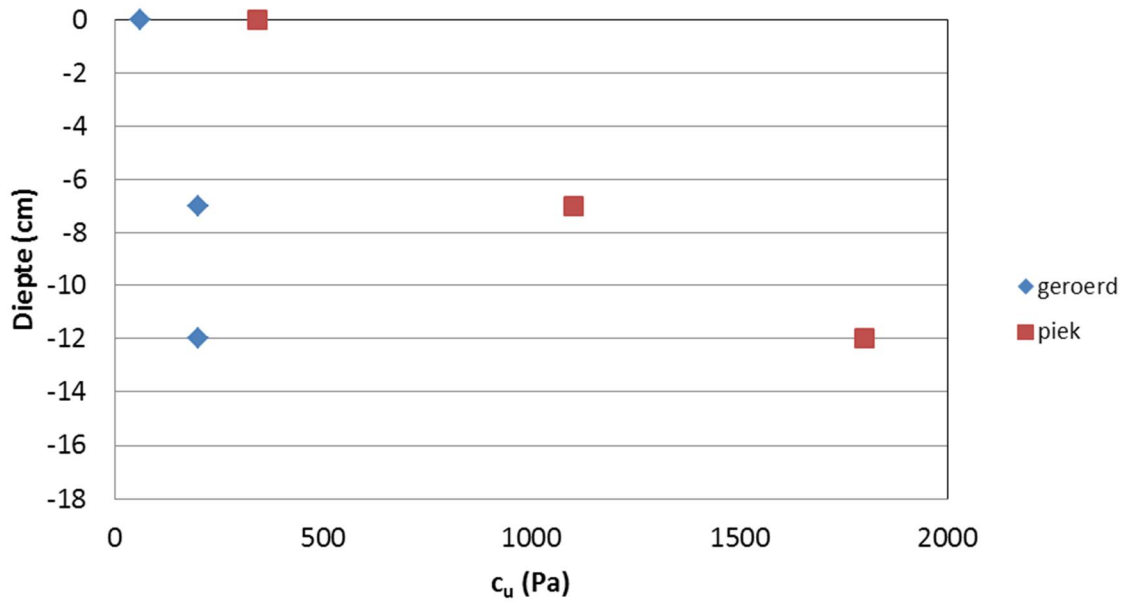
### Sterkte GRE Brouwerssluis



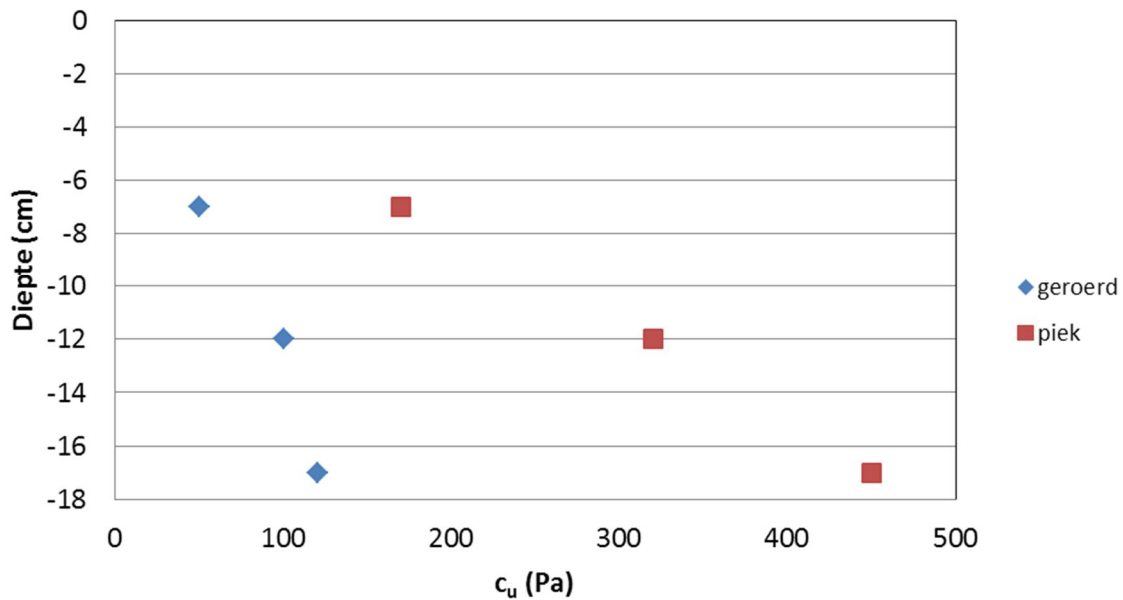
### Sterkte GRE Put den Osse



## Sterkte VZM Volkeraksluizen



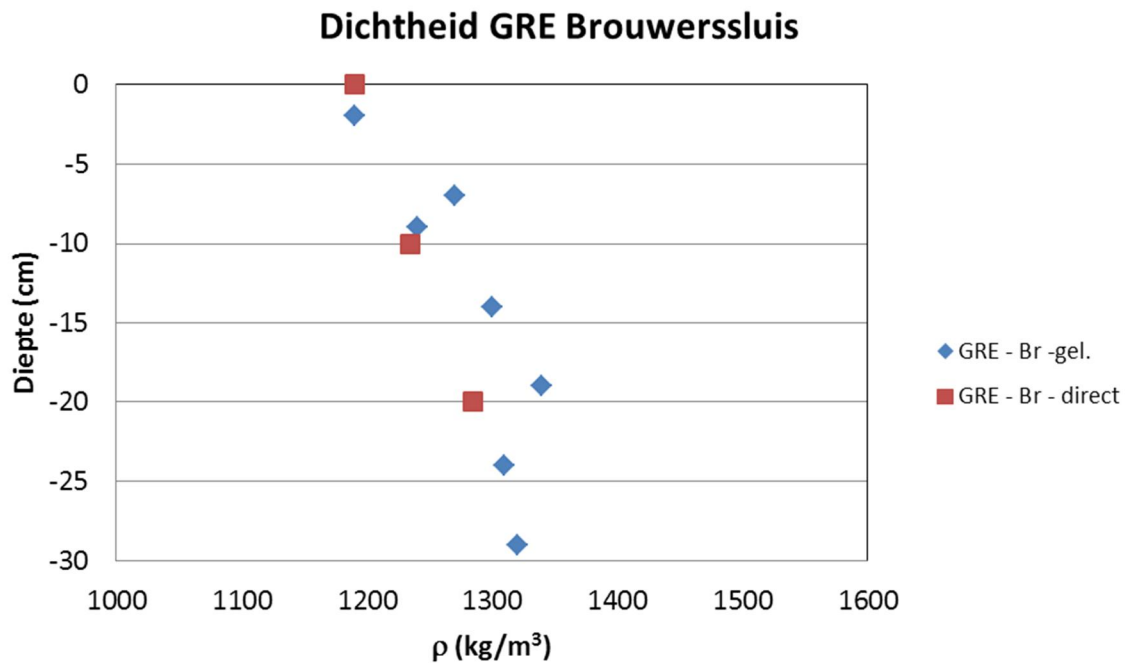
## Sterkte OOS Philipsdam

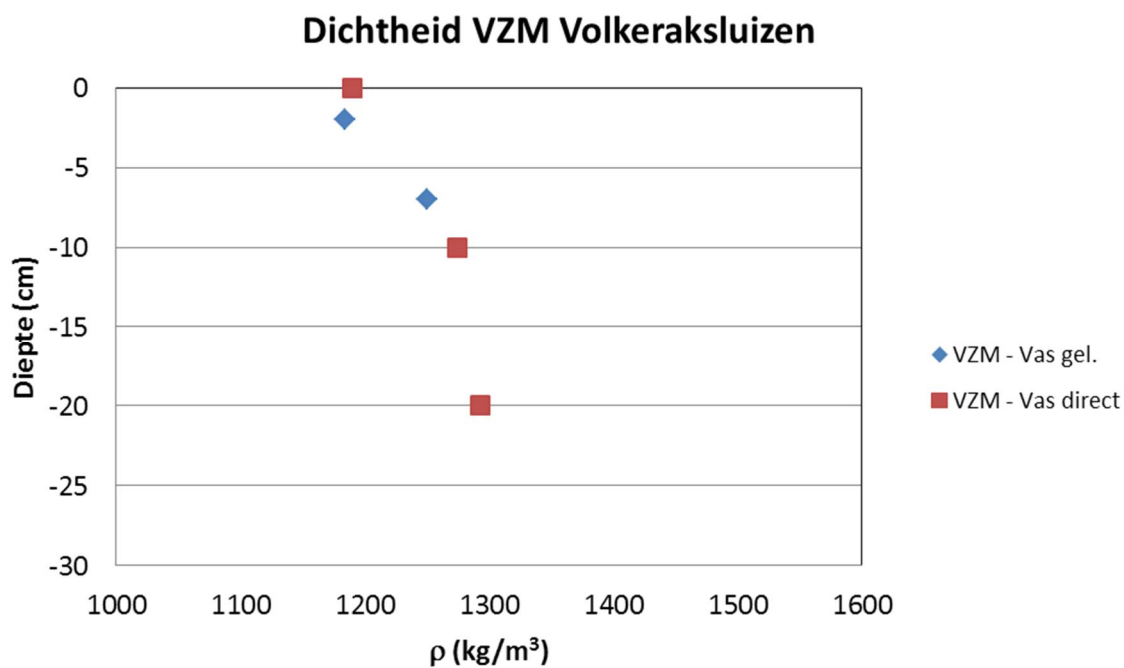
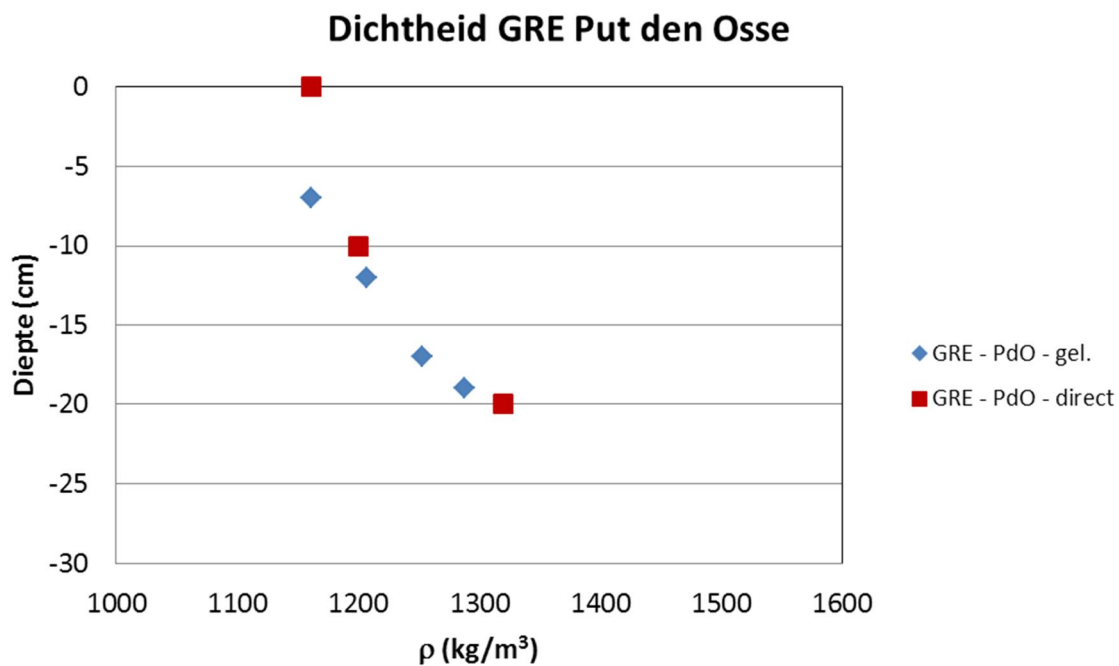


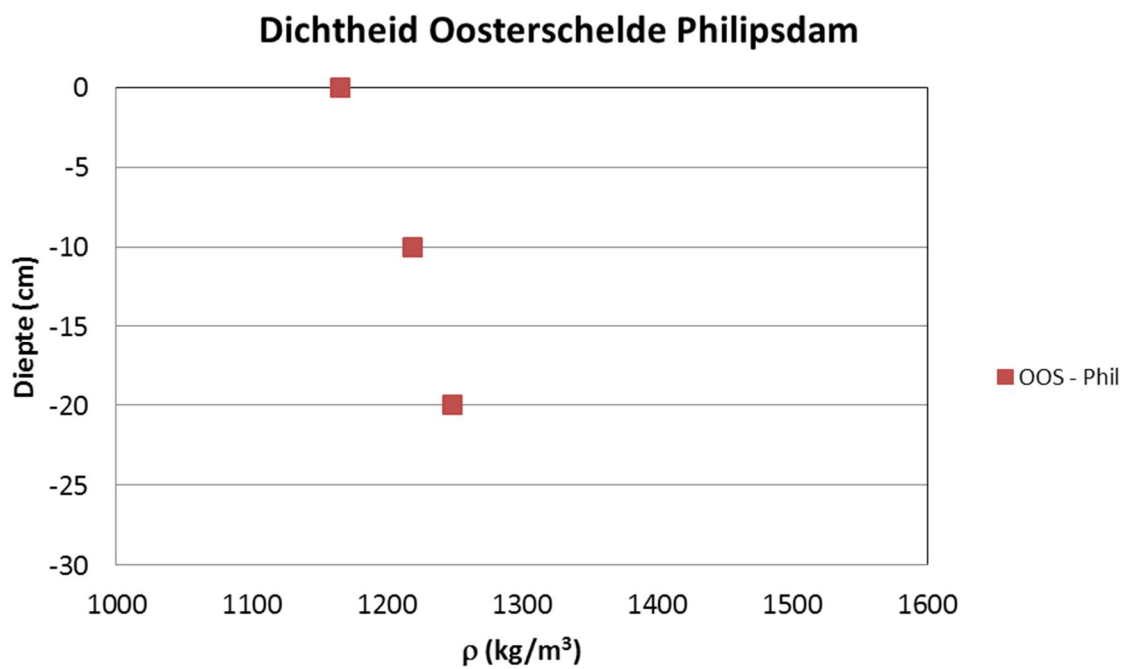
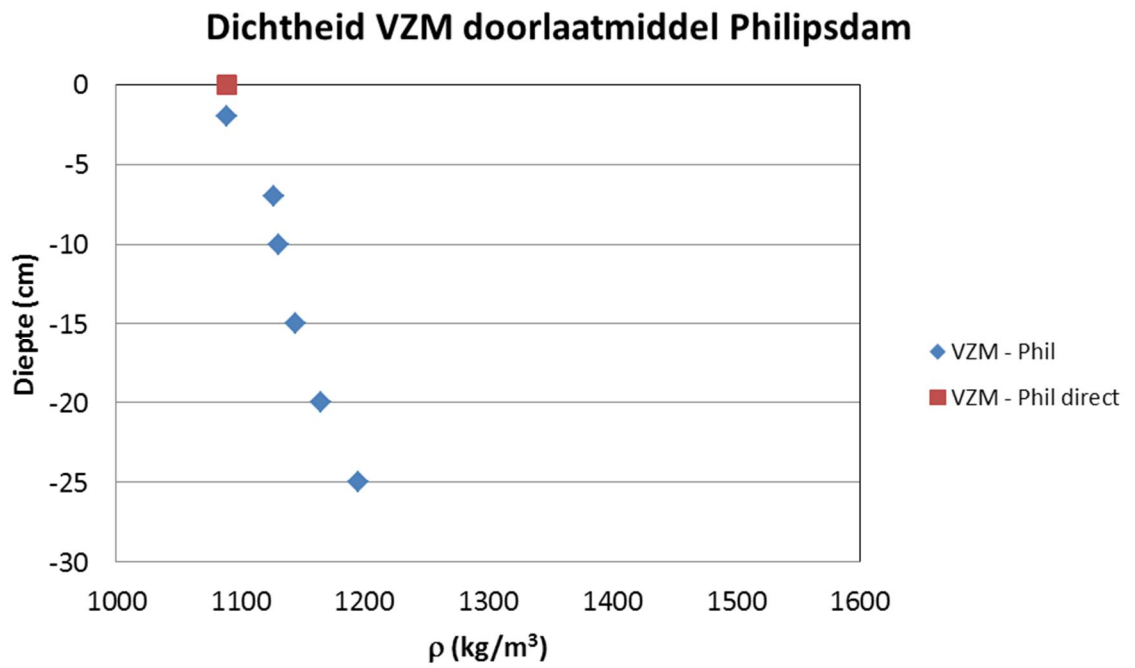
### 3.2.3 Dichtheidsprofielen

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 onderstaande figuren getoond. Hieruit blijkt dat van alle monsters de dichtheid min of meer lineair toeneemt met de diepte, hetgeen consistent is met de sterkteprofielen. Dit duidt op normale consolidatie en niet op ongeconsolideerde sliblagen.







## 3.2.4 Watergehalte top laag

Het watergehalte van de (ongestoorde) top laag is weergegeven in de onderstaande tabel. 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.

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:

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

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

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



### 3.2.5 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:

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 3.4).

Uit de tests met de sedimentatiebalans volgt de valsnelheid van het slib  $w_s$  (zie Tabel 3.3).

- 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 de onderstaande tabel 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 3.5 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.

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 de onderstaande tabel 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 3.1). 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.

	$K_p$ (Pa)	$K_k$ (m/s)	$n$ (-)	$D$ (-)	$e$ (-)	$\phi_s$ (-)	$\rho_s$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_v$ (m <sup>2</sup> /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

### 3.2.6 Toepassing van de resultaten op de Grevelingen.

De uitgevoerde tests resulteren in waarden voor parameters  $\tau_c$ ,  $M$  en  $w_s$  per locatie. In combinatie met de lokale bodemschuifspanningsdynamiek afkomstig van 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 blijkt hoe groot de toe- of afname is van de slibconcentratie (en dus vertroebeling) van de nieuwe t.o.v. de huidige situatie.

Het is aan te bevelen om deze kwantitatieve analyse met behulp van het beschikbare hydrodynamische model uit te voeren (uitgebreid met een slibfractie), maar in kwalitatief opzicht kan al wel het volgende beeld worden geschetst op basis van de volgende parameter-waarden:

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

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

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

De vetgedrukte waarden zijn hierbij conservatief in de zin dat toepassing hiervan tot een bovengrens voor de vertroebeling leidt.

Uitgaande van deze conservatieve parameter-waarden en van de mate van verandering van de bodemschuifspanningsdynamiek volgens het hydrodynamische model in combinatie met een schatting van de aanwezigheid van sliblagen in de diepe delen (op basis van de huidige monstercampagne en historische bodemhoogteveranderingen) kan worden geschat in welk deel van de Grevelingen resuspensie zal optreden t.g.v. het nieuwe beheer. Voor resuspensie moet aan twee voorwaarden worden voldaan, namelijk:

- 1 er moet slib aanwezig zijn op de bodem;
- 2 het aanwezige slib moet een lagere kritische schuifspanning hebben dan de maximaal optredende bodemschuifspanning.

Vanwege de hoge erosie-constante erodeert het slib op de bodem aanvankelijk snel daar waar de kritische schuifspanning voor erosie wordt overschreden (met wel enkele centimeters per getij). Vanwege de toename van de dichtheid en strekte met de diepte en de hieraan gerelateerde toename van  $\tau_{cr}$  en afname van  $M$  stelt zich geleidelijk een nieuw evenwicht in waarbij de erosiesnelheid sterk is afgenomen en vermoedelijk (meer dan) wordt gecompenseerd door extra sedimentatie door de toegenomen aanvoer van slib vanuit de Noordzee.

De concentratie-toename die optreedt door deze lokale en tijdelijke maar potentieel wel snelle resuspensie hangt af van de hoeveelheid slib die erodeert en de snelheid waarmee dit gebeurt. Deze toename kan als volgt worden gekwantificeerd.

Door resuspensie neemt de concentratie in de waterkolom grosso modo toe totdat een concentratie is bereikt waarvoor de getij-gemiddelde depositieflux gelijk is aan de resuspensieflux. Onder rustige condities (d.w.z. alleen getij, weinig wind en golven) kan in een groot deel van de Grevelingen depositie optreden. Met een areaal van  $10^8 \text{ m}^2$  en  $w_s = 0.2 \text{ mm/s}$  bedraagt de depositieflux voor een concentratie van  $10 \text{ mg/l}$  circa  $10 \text{ kton/getij}$ . Dit is equivalent met een slibvolume (bij een droge dichtheid van  $200 \text{ kg/m}^3$ ) van  $50.000 \text{ m}^3$  ofwel een erosie van  $1 \text{ cm/getij}$  over 5% van het totale areaal.

Het is niet aannemelijk dat de erosiesnelheid hiervan een veelvoud van is. Volgens de hypsometrische curve van de Grevelingen beslaat het areaal onder  $-10 \text{ m NAP}$  circa 20% van het totaal en het areaal onder  $-15 \text{ m NAP}$  circa 7,5% van het totaal. Hierin is het meeste slib aanwezig. In slechts een klein deel hiervan neemt de maximale bodemschuifspanning toe tot boven de kritische schuifspanning voor erosie. Het is dus evenmin aannemelijk dat de concentratie tijdelijk toeneemt tot meer dan de concentratie op de Noordzee (enkele tientallen  $\text{mg/l}$  in de kustzone). Met een verblijftijd van circa 7 dagen met het nieuwe spuibeheer is deze tijdelijke concentratie-verhoging bovendien snel uitgespoeld – na verloop van vermoedelijk dagen tot weken zal de toegenomen aanvoer vanaf de Noordzee ( $1 \text{ tot } 2 \text{ kton/getij}$ ) de resuspensieflux vanaf de bodem domineren. Dit laatste effect is permanent in tegenstelling tot de tijdelijke extra resuspensie.

Met modelberekeningen kan dit verder worden gekwantificeerd. De uitgevoerde meetcampagne geeft voldoende inzicht in de slib-eigenschappen en het bestaande hydrodynamische model in de (verandering van) de hydrodynamische belasting van de bodem door stroming. Een beperking is nog wel het ontbreken van een ruimtelijk dekkend beeld van de omvang van de sliblaag, al kan deze waarschijnlijk goed worden gecorreleerd met de huidige bodemschuifspanningsdynamiek ten gevolge van stroming en (in ondiepere

delen) golven. Bovendien kan het ontbreken van een nauwkeurig ruimtelijk beeld van de slibvoorkomens worden ondervangen door een gevoeligheidsonderzoek uit te voeren met het model, waarbij minimum en maximum varianten voor het slibareaal worden gedefinieerd.

Met zulke berekeningen kan de extra resuspensie ook in het perspectief worden geplaatst van de toegenomen aanvoer van slib vanaf de Noordzee en kan de toename van de stroming door waterstandsvariaties t.g.v. een grotere uitwisseling met de Noordzee in het perspectief worden geplaatst van de nu al optredende stroming door waterstandsvariaties t.g.v. windopzet en de in de ondiepere delen dominante golfdynamiek.

Indien uit het gevoeligheidsonderzoek met het model blijkt dat de aanname voor de omvang van het slibareaal kritisch is (dit is echter tegen de verwachting) kan in een later stadium een scheepsgebaseerde survey van de omvang van het slibpakket worden overwogen.

## 4 Chemische analyses

### 4.1 Monsternamen en procedure

In totaal zijn 9 sedimentmonsters geanalyseerd met het totale MWTL pakket. Het standaard MWTL-protocol van Rijkswaterstaat is zo goed mogelijk nageleefd, echter kon dit protocol 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.

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 niet voorafgaand aan het distribueren gehomogeniseerd of op korrelgrote 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
VP 1 GRE Brouwerssluis	2015165-05
VP 2 GRE Put den Osse	2015165-06
VP 3 GRE doorlaatmiddel	2015165-07
VP 4 GRE VP2/3	2015165-08
VP 5 GRE Flakkeese spuisluis	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 Volkerakluizen, 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 Volkerakluizen, 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-nitrobenzene	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
1,2-dichloro-3-nitrobenzene	0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
1,2-dichloro-4-nitrobenzene	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
1,4-dichloro-2-nitrobenzene	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
2,4-dichloro-1-nitrobenzene	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 Volkerakluizen, 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
alpha-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
alpha-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
dieklrin	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

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) kwik concentratie hoog (1.46 mg/kg), de overige locatie in het GRE en het VZM hebben veel lagere kwik concentraties (max 0.78 mg/kg).

De mineralen olie concentratie 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 olie concentraties 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.

## 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 mediane korrelgrootte van de monsters varieert tussen 6 en 16 µm.
- Alle 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.
- 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.
- Op basis van een eenvoudige balans tussen resuspensie en depositie lijkt het onaannemelijk dat de slibconcentratie in de Grevelingen tijdelijk zal toenemen met meer dan enkele tientallen mg/l onder invloed van het nieuwe spuibeheer.
- Met modelberekeningen kan dit verder worden gekwantificeerd. De uitgevoerde meetcampagne geeft voldoende inzicht in de slib-eigenschappen en het bestaande hydrodynamische model in de (verandering van) de hydrodynamische belasting van de bodem. Een beperking is nog wel het ontbreken van een ruimtelijk dekkend beeld van de omvang van de sliblaag, al kan deze waarschijnlijk goed worden gecorreleerd met de (met het hydrodynamische model te berekenen) huidige bodemschuifspannings-dynamiek.

## *Chemie*

- 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.

## *Aanbevelingen*

- 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.

## 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.

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 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>						
<b>Som PAK (EPA)</b>	mg/kg Ds	n.a.	n.a.	n.a.	4,0 <sup>x)</sup>	n.a.
<b>Minerale olie</b>						
Koolwaterstoffractie C10-C40	mg/kg Ds	<105 <sup>ts)</sup>	<140 <sup>ts)</sup>	326	304	46
Koolwaterstoffractie C10-C12	mg/kg Ds	<9 <sup>ts)</sup>	<12 <sup>ts)</sup>	<15 <sup>ts)</sup>	<4	<4
Koolwaterstoffractie C12-C16	mg/kg Ds	<9 <sup>ts)</sup>	<12 <sup>ts)</sup>	32	<4	<4
Koolwaterstoffractie C16-C20	mg/kg Ds	<12 <sup>ts)</sup>	<16 <sup>ts)</sup>	64	38	4
Koolwaterstoffractie C20-C24	mg/kg Ds	<15 <sup>ts)</sup>	<20 <sup>ts)</sup>	64	70	8
Koolwaterstoffractie C24-C28	mg/kg Ds	<15 <sup>ts)</sup>	<20 <sup>ts)</sup>	59	75	10
Koolwaterstoffractie C28-C32	mg/kg Ds	<15 <sup>ts)</sup>	<20 <sup>ts)</sup>	53	62	11
Koolwaterstoffractie C32-C36	mg/kg Ds	<15 <sup>ts)</sup>	<20 <sup>ts)</sup>	34	36	7
Koolwaterstoffractie 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
<b>Som PCB (7 Ballschmiter)</b>	mg/kg Ds	n.a.	n.a.	n.a.	0,054 <sup>x)</sup>	0,002 <sup>x)</sup>
<b>Som PCB 6 (STI-tabel)</b>	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

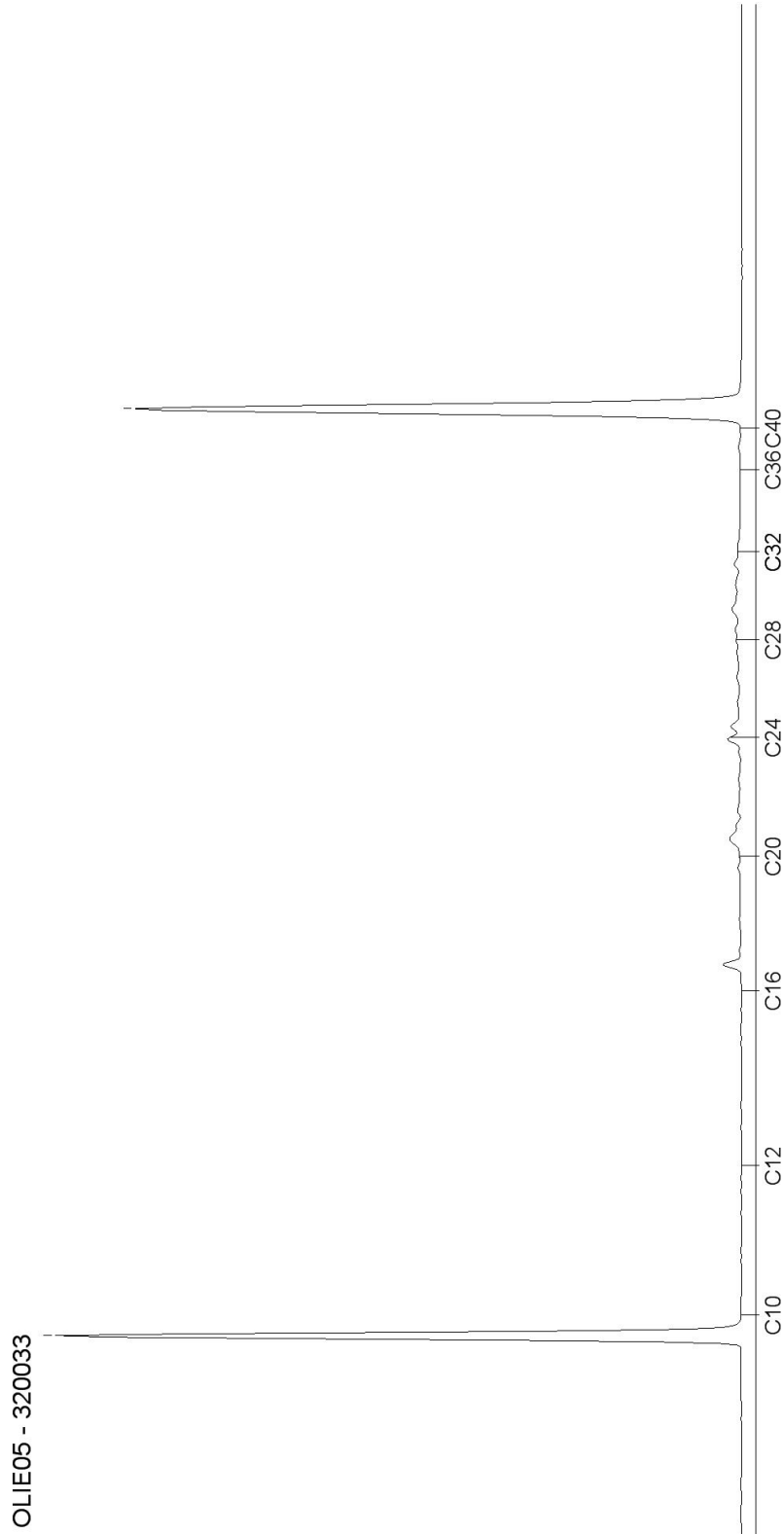
**n) Niet geaccrediteerd**

# 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**



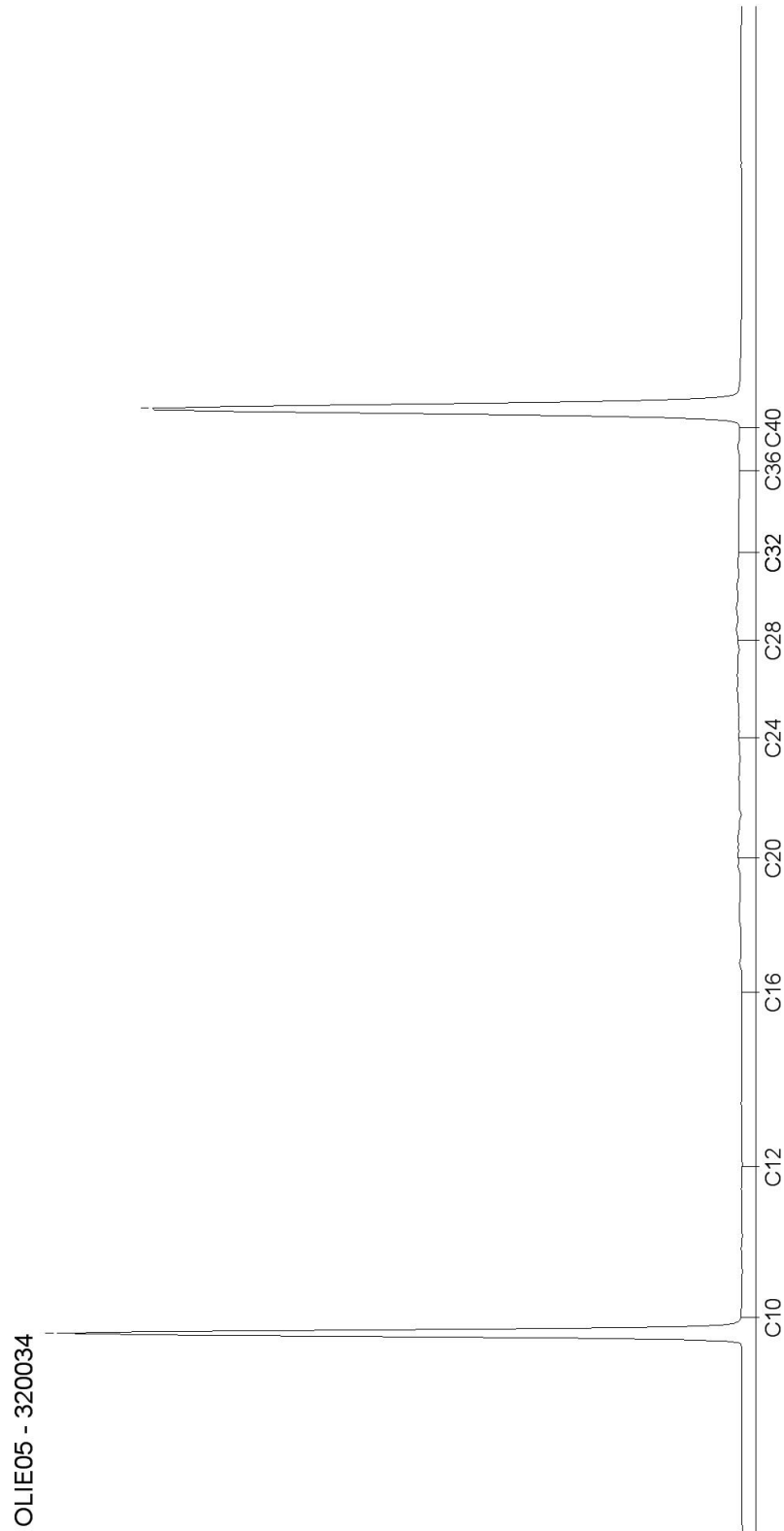
DOC-13-7788297-NL-P1

# 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**



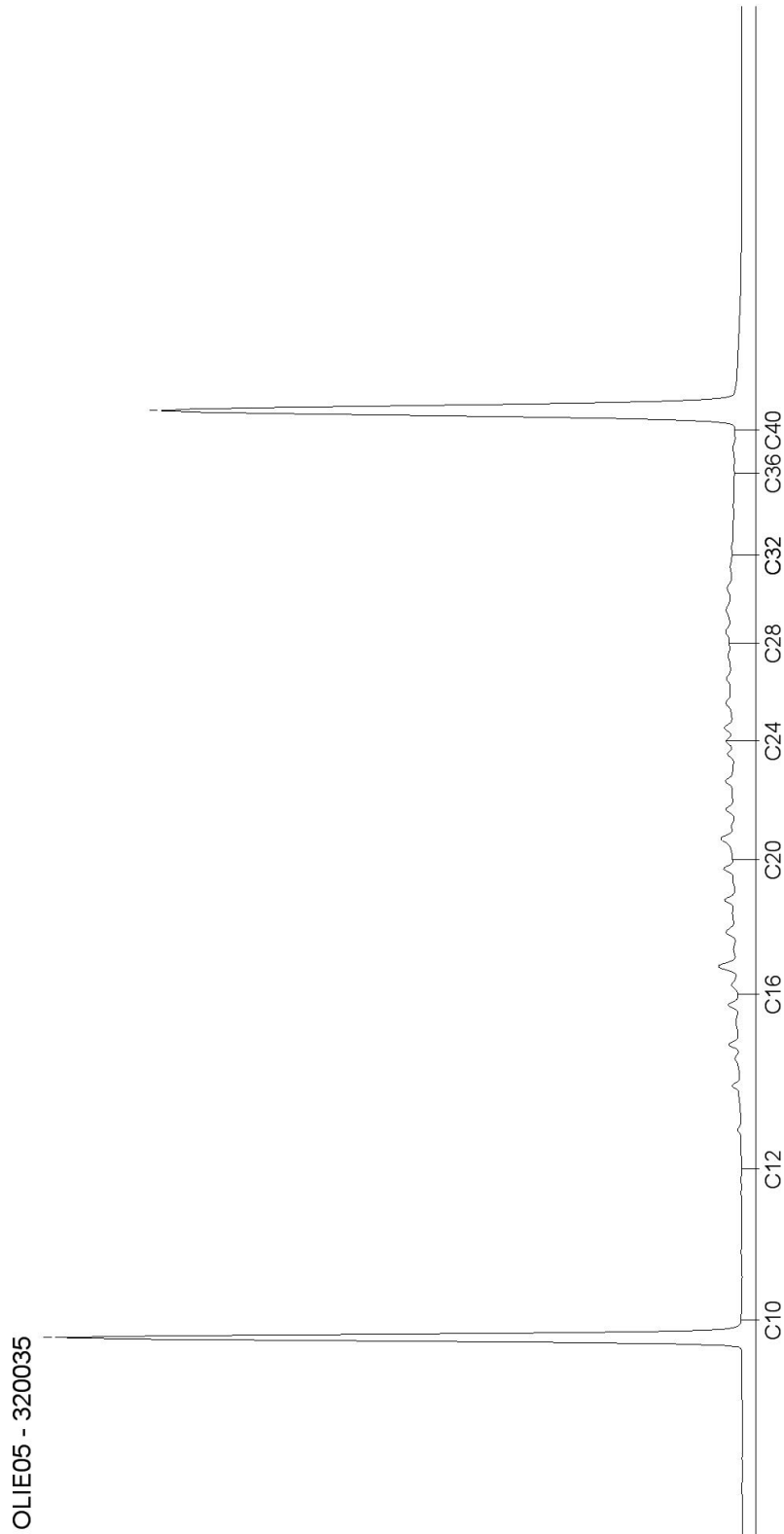
DOC-13-7788287-NL-P2

# 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**



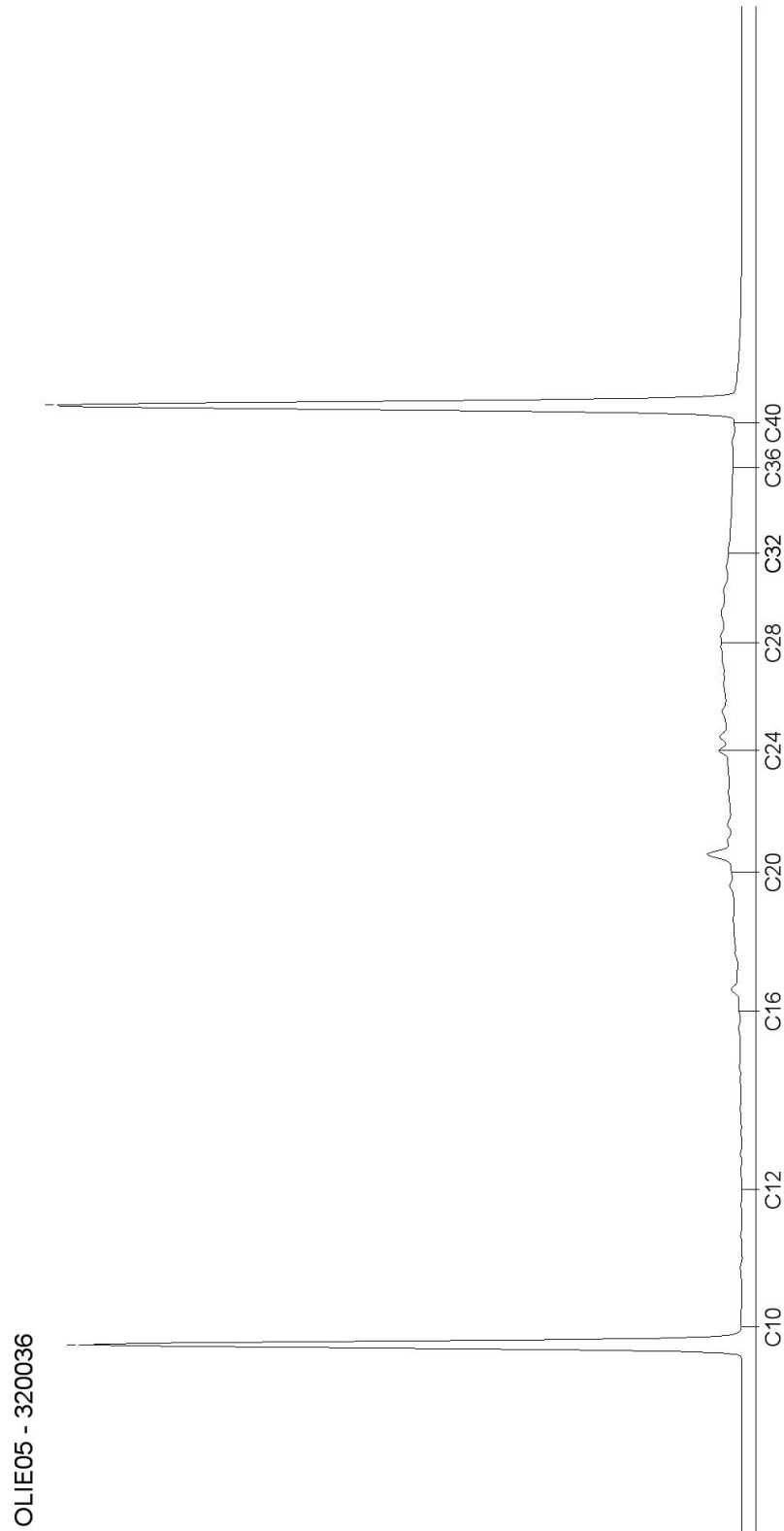
DOC-13-7788297-NL-P3

# 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**



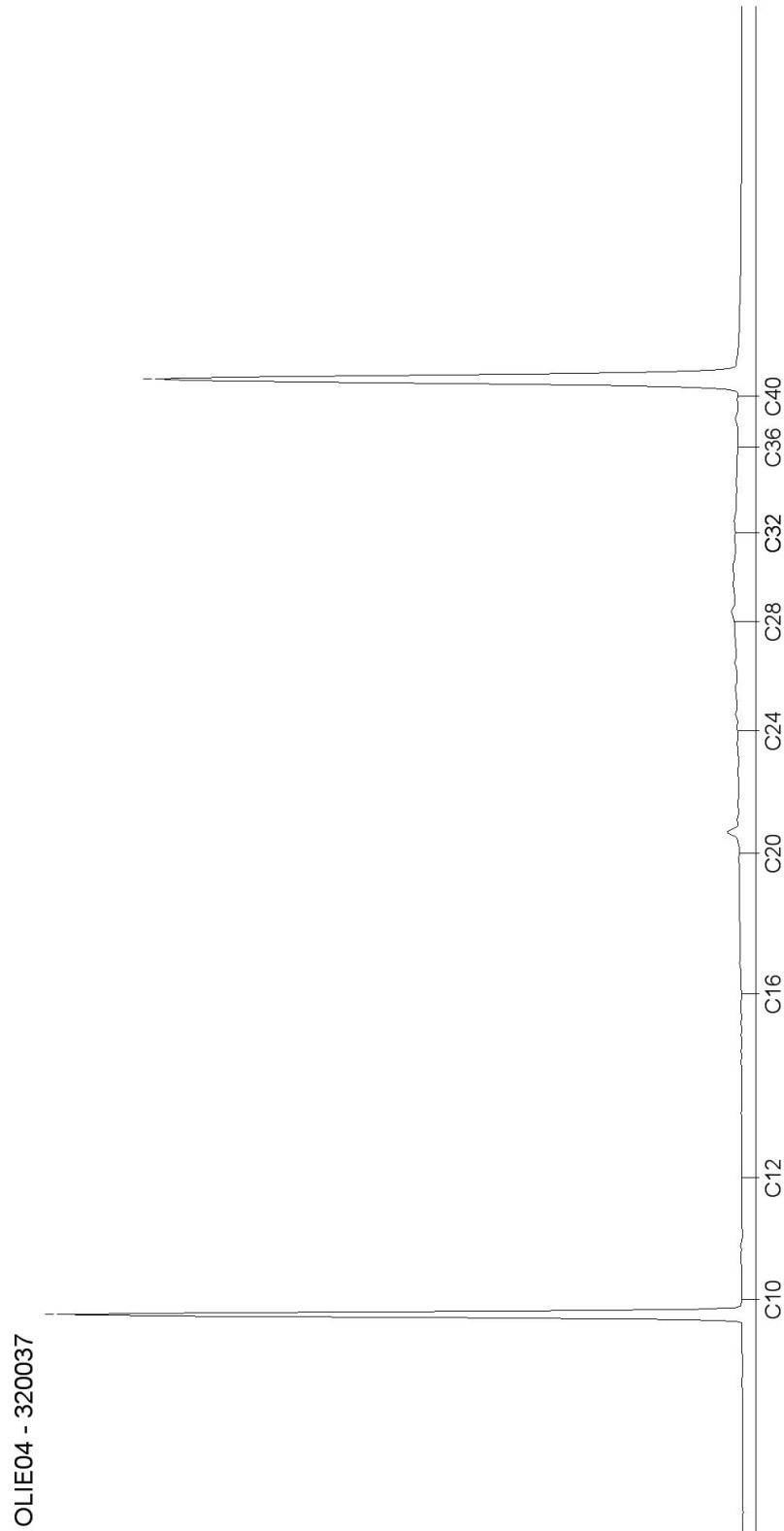
DOC-13-7788297-NL-P4

# 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**





## 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.

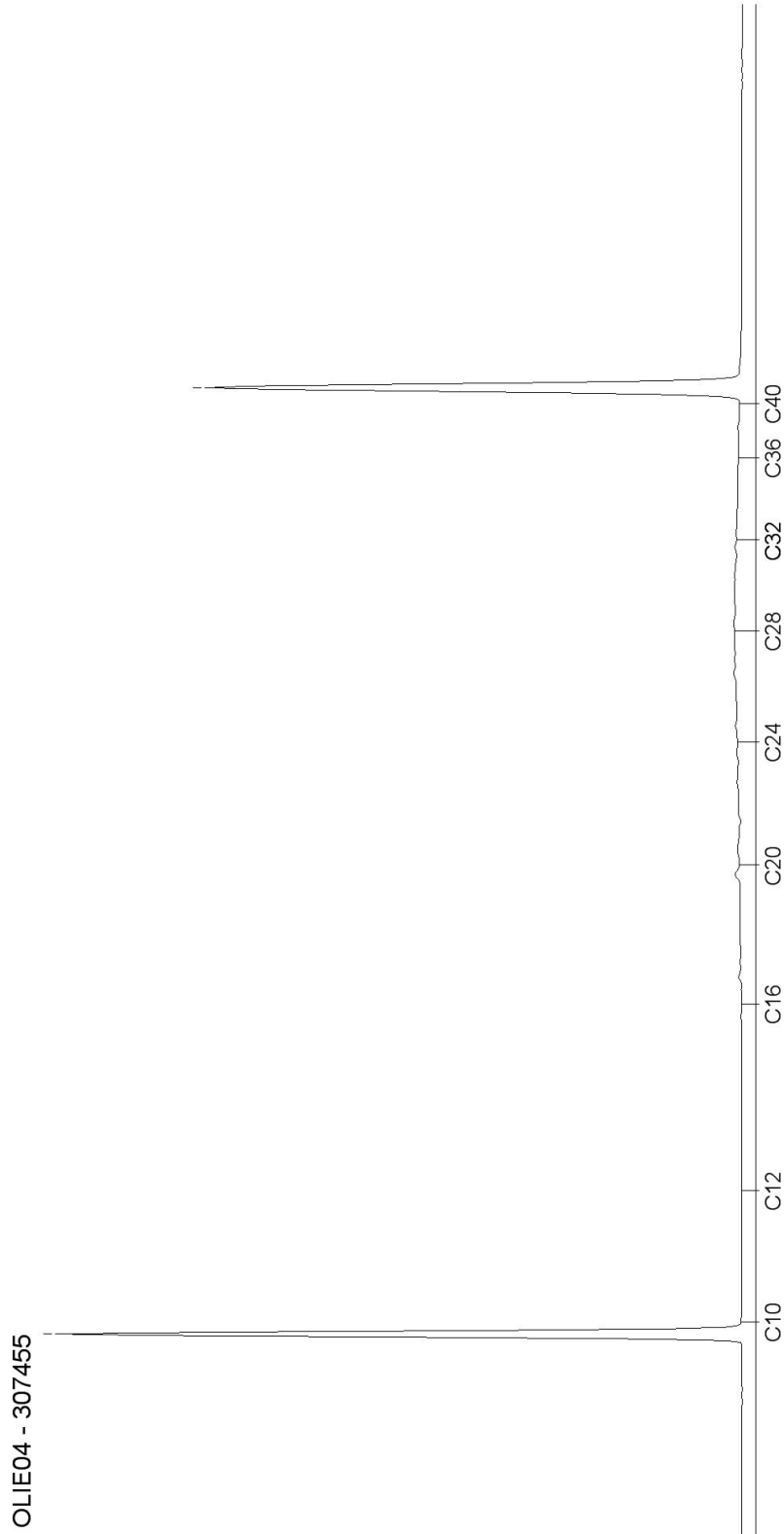
- 307455 De monsternemingsdatum van het monster is onbekend.
- 307456 De monsternemingsdatum van het monster is onbekend.
- 307457 De monsternemingsdatum van het monster is onbekend.
- 307458 De monsternemingsdatum van het monster is onbekend.

# 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**

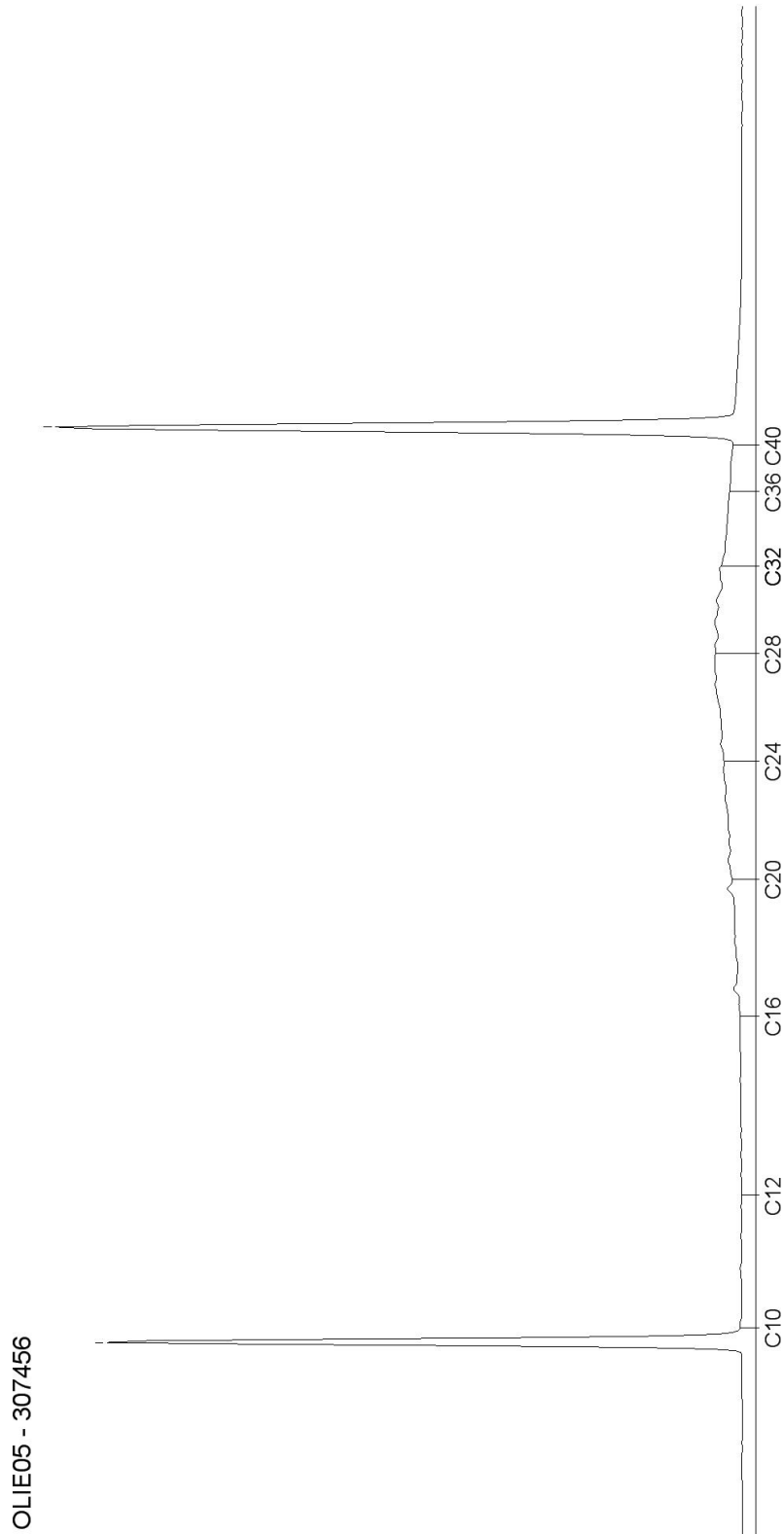


# AL-West B.V.

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

# 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

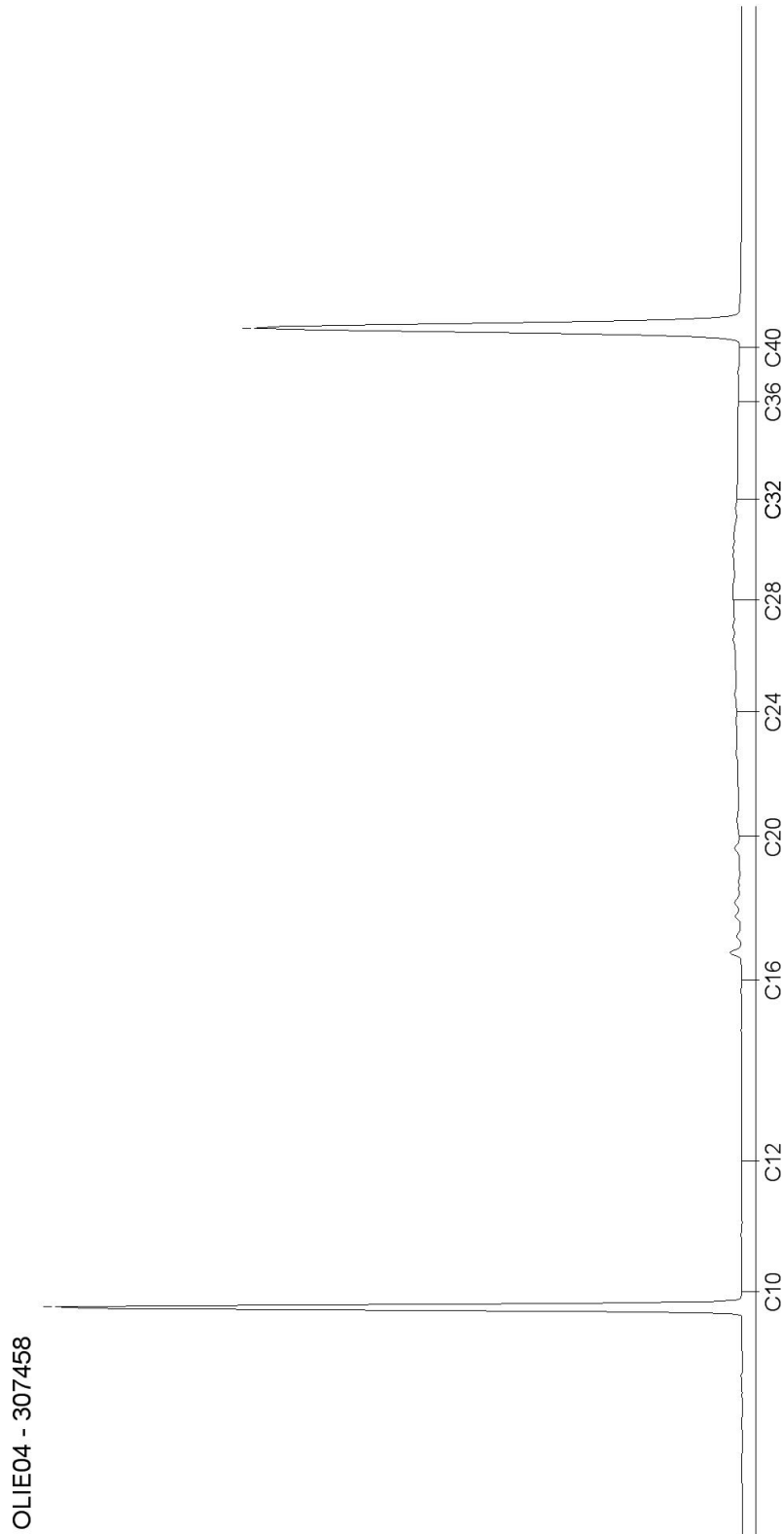


# AL-West B.V.

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