



Vlaanderen
is wetenschap



15_024.1
WL rapporten

Turbiditeit 13-uursmeting Kruibeke 2017

Vergelijking tussen SediMon en ViSea

DEPARTEMENT
**MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN**

waterbouwkundiglaboratorium.be

Turbiditeit 13-uursmeting Kruibeke 2017

Vergelijking tussen SediMon en ViSea

Brackx, M.; Claeys, S.; Vandenbruwaene, W.; Deschamps, M.; Mostaert, F.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2018
D/2018/3241/172

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Brackx, M.; Claeys, S.; Vandenbruwaene, W.; Deschamps, M.; Mostaert, F. (2018). Turbiditeit 13-uursmeting Kruibeke 2017: Vergelijking tussen SediMon en ViSea. Versie 3.0. WL Rapporten, 15_024_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

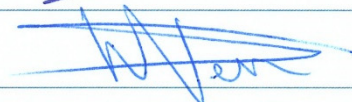
Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

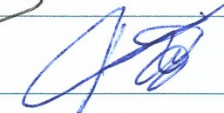
Opdrachtgever:	WL	Ref.:	WL2018R15_024_1
Keywords (3-5):	13-uursmeting; Kruibeke; Turbiditeit, SediMon; ViSea		
Tekst (p.):	40	Bijlagen (p.):	3
Vertrouwelijk:	☒ Nee	☒ Online beschikbaar	

Auteur(s)	Brackx, M.
-----------	------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Claeys, S.	
Projectleider:	Vandenbruwaene, W.	

Goedkeuring

Verantwoordelijke HIC	Deschamps, M.	
Afdelingshoofd:	Mostaert, F.	



Abstract

Dit rapport stelt de resultaten voor van een vergelijkende studie tussen twee methoden om sedimentconcentratie in suspensie (SSC) te berekenen op basis van ADCP-backscatter (Acoustic Doppler Current Profiler). Voor deze studie werden de data van de 13-uursmeting te Kruibeke op 29 juni 2017 gebruikt. Tijdens deze 13-uursmeting werden dwarsraaien gevaren en opgemeten met de ADCP. Daarnaast werden er regelmatig waterstalen genomen en ondulaties uitgevoerd met een YSI toestel.

Volgens de klassieke verwerking worden waterstalen gebruikt voor het optimaliseren van de berekening van ADCP-afgeleide SSC. Daarbij wordt één enkele regressiecurve per 13-uursmeting opgesteld. Deze methode werd de voorbije jaren uitgevoerd in de software ViSea (Aqua Vision BV).

Met een nieuwe methode wordt getracht voor elke fase van het getij een aparte kalibratiecurve op te stellen voor de ADCP-SSC. Er worden, in plaats van waterstalen, ondulaties met een YSI toestel gebruikt (i.e. optisch geschatte SSC-turbiditeit). Tijdens de ondulaties wordt in korte tijd een grote range aan SSC-waarden bemonsterd. Ondulaties geven, in vergelijking met waterstalen, een betere representatie van de dwarsdoorsnede. Toch blijven waterstalen noodzakelijk voor de kalibratie van de optisch geschatte turbiditeit ($R^2=0.90$). De nieuwe methode werd uitgevoerd in de Matlab tool SediMon.

Uit de resultaten blijkt dat de SSC volgens de klassieke ViSea-waterstalenmethode afwijkt ten opzichte van de referentiestalen: de methode onderschat hoge SSC en overschat lage SSC. Bovendien is de afwijking functie van de fase in het getij. De ADCP-SSC volgens de SediMon-ondulatiemethode is op dat vlak beter aangepast. Dit komt enerzijds doordat bij de ondulaties meer variatie wordt opgemeten en ook dicht bij de bodem wordt gemeten, en anderzijds doordat met het gebruik van aparte kalibratiecurves rekening wordt gehouden met de variabiliteit van waterparameters gedurende het getij.

Sedimentfluxen werden berekend voor het gedeelte van de dwarsdoorsnede waarvoor ADCP-SSC berekend werd. Uit deze verkennende resultaten blijkt dat de sedimentfluxen berekend via de ViSea-waterstalenmethode iets hoger liggen dan met de SediMon-ondulatiemethode, maar het verschil is beperkt.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
1.1 Situering.....	1
1.2 Doelstelling	2
2 Methodiek	3
2.1 Meetprocedure.....	3
2.1.1 Meetopzet	3
2.1.2 Verloop 13-uursmeting.....	4
2.1.3 Apparatuur	7
2.2 Verwerking	10
2.2.1 Referentiestalen sedimentconcentratie.....	10
2.2.2 ADCP-afgeleide sedimentconcentratie	11
2.2.3 Berekening sedimentflux.....	17
2.3 Validatie.....	19
3 Resultaten.....	20
3.1 Gevoeligheidsanalyse Sedimon	20
3.1.1 Modelinstellingen en parameters	20
3.1.2 Kalibraties Sedimon	24
3.2 Sedimentconcentratie	27
3.2.1 Vergelijking van SSC uit SediMon en ViSea onderling	27
3.2.2 Vergelijking van SediMon en ViSea met waterstalen.....	29
3.2.3 Vergelijking ViSea en ondulatie	32
3.3 Sedimentflux.....	35
4 Conclusie.....	37
4.1 Evaluatie klassieke methode	37
4.2 Evaluatie SediMon-methode	37
4.3 Sedimentflux.....	38
5 Referentielijst	39
Bijlage: Aanpassingen in SediMon.....	B1

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Technische specificaties Workhorse RioGrande 1200 kHz	8
Tabel 2 – Verschillen in verwerking ViSea en SediMon.....	17
Tabel 3 – Referentie coördinaten van de theoretische dwarsraaien	18
Tabel 4 – Effect van CellShift op kalibratiecurve (transect 30)	23
Tabel 5 – Kalibratie en modelparameters SediMon.....	24
Tabel 6 – Waterstalen en overeenkomstige ADCP-SSC's	29
Tabel 7 – Overzicht van gebruikte kalibraties in SediMon voor transecten met waterstalen	30
Tabel 8 – Gemiddeld verschil tussen SediMon/ViSea en sedimentconcentratie van de watertalen (N=32) .	31

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Illustratie waterstalen en ondulatie met YSI in dwarsprofiel	1
Figuur 2 – Locaties MONEOS 13-uursmetingen op de Schelde	3
Figuur 3 – Locatie 13-uursmeting Kruibeke (Moneos 2016)	4
Figuur 4 – Het getij tijdens de 13-uursmeting te Kruibeke op 29/06/2017	7
Figuur 5 – Technische specificaties YSI 6920 V2-2	9
Figuur 6 – Omzetting turbiditeit (NTU) naar SSC (mg/l) (versie 1)	10
Figuur 7 – Omzetting turbiditeit (NTU) naar SSC (mg/l) (versie 2)	11
Figuur 8 – Startscherm SediMon	14
Figuur 9 – DSFviewTool SediMon	14
Figuur 10 - Voorbeeld kalibratiecurve in SediMon	16
Figuur 11 – Projectie op theoretische dwarsraai (coördinaten in decimale graden)	18
Figuur 12 – Hoge waarden van s resulteren in berekende SSC evenredig met backscatter. Transect 30	20
Figuur 13 – Hoge waarden van alfa resulteren in berekende SSC evenredig met de diepte. Transect 30: SSC met alfa = 10, s = 0	21
Figuur 14 – Backscatter en Ondulatie transect 29	21
Figuur 15 – ADCP-SSC voor Transect 29 bij Offset = 1 m en Offset = 3m	22
Figuur 16 – Spike removal en filtering YSI signaal	23
Figuur 17 – Sedimon Kalibratiecurves per ondulatie	25
Figuur 18 – Sedimon kalibratiecurves SSC in functie van ABS op verschillende dieptes	26
Figuur 19 – Backscatter neemt af met diepte, vb. transect 30	27
Figuur 20 – ADCP-SSC profielen: SediMon, ViSea en verschil (Transect 30)	28
Figuur 21 – ADCP-SSC uit SediMon en ViSea in functie van waterstalen SSC	30
Figuur 22 – Residuals SediMon en ViSea tov. getij (Residual = waterstalen-SSC – ADCP-SSC)	31
Figuur 23 – Experiment met s constant gehouden in SediMon	32
Figuur 24 – Vergelijking van ADCP-SSC uit ViSea met optisch geschatte SSC-OBS tijdens ondulaties	33
Figuur 25 – Sedimentflux per ADCP-cel (transect 30)	35
Figuur 26 – Sedimentflux en debiet	36

1 Inleiding

1.1 Situering

Turbiditeit, of meer bepaald de concentratie van sediment in suspensie (SSC), speelt een belangrijke rol in de monitoring van sedimenttransport en ecologische toestand. Tijdens de 13-uursmetingen worden de stroming en de sedimentconcentratie in de waterkolom bemonsterd met behulp van een ADCP toestel. De sedimentconcentratie wordt niet rechtstreeks opgemeten, maar kan worden afgeleid uit de ADCP backscatter.

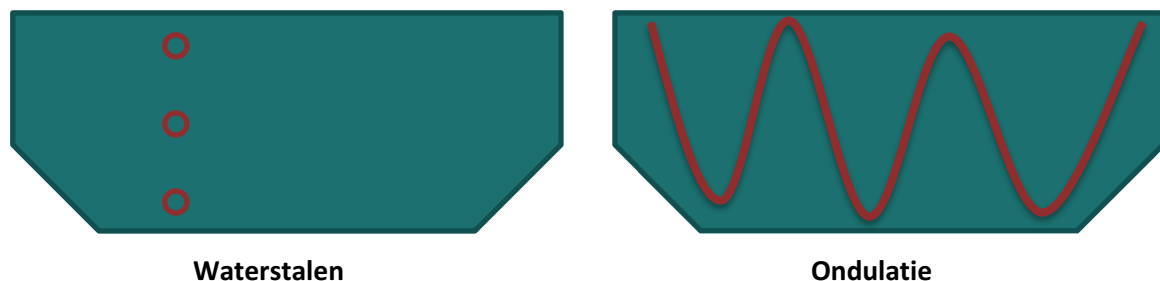
De voorbije jaren gebeurde de verwerking van de 13-uursmetingen in ViSea, een gespecialiseerd commercieel softwarepakket (Aqua Vision BV). De conversie van ADCP backscatter naar sedimentconcentratie wordt gekalibreerd aan de hand van waterstalen, welke op regelmatige tijdstippen tijdens de 13-uursmeting genomen worden. Voor de gehele 13-uursmeting wordt één enkele kalibratiecurve opgesteld.

Aan deze methode zijn twee nadelen verbonden:

- Doordat slechts een enkele verdeling gebruikt wordt per campagne, wordt er geen rekening gehouden met evoluties van de waterparameters gedurende de getijcyclus. Bijvoorbeeld sedimentconcentratie, korrelgrootteverdeling en afstand tot bodem zullen de verhouding tussen de backscatter en SSC beïnvloeden.
- De waterstalen worden op slechts 3 à 4 dieptes genomen en op een vaste locatie. Ze geven dus een beperkt beeld van de variatie van de sedimentconcentratie, zowel in de tijd als in de diepte en in de breedte van de dwarsdoorsnede.

Met een nieuwe methode wordt getracht om de relatie tussen de ADCP backscatter en SSC te verbeteren, door voor elke fase van het getij een aparte kalibratiecurve op te stellen. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van ondulaties, als aanvulling op waterstalen. Via ondulaties (op- en neerlaten van een YSI-toestel) wordt een groter bereik van turbiditeit bemonsterd over de dwarsdoorsnede. Door regelmatig een ondulatie uit te voeren wordt het mogelijk om kalibratiecurves op te stellen voor elke fase van het getij. De nieuwe methode wordt uitgevoerd in een voor dit doel ontwikkelde Matlab tool SediMon.

Figuur 1 – Illustratie waterstalen en ondulatie met YSI in dwarsprofiel



1.2 Doelstelling

In dit rapport wordt de klassieke methodiek met één kalibratiecurve en verwerking in ViSea vergeleken met de ondulatietechniek met meerdere kalibratiecurves en verwerking in SediMon. Voor dit onderzoek worden de meetgegevens gebruikt van de 13-uursmeting in Kruibeke (2017).

Specifieke doelstellingen zijn:

- De methodieken valideren,
- De resultaten van beide methodes vergelijken,
- De verschillen in verwerking tussen beide softwarepakketten opsommen,
- Een gevoeligheidsanalyse van de modelparameters/kalibratiecurves in Sedimon uitvoeren,
- De potentiële meerwaarde van de ondulatietechniek en van het gebruik van meerdere kalibratiecurves te beoordelen.

2 Methodiek

2.1 Meetprocedure

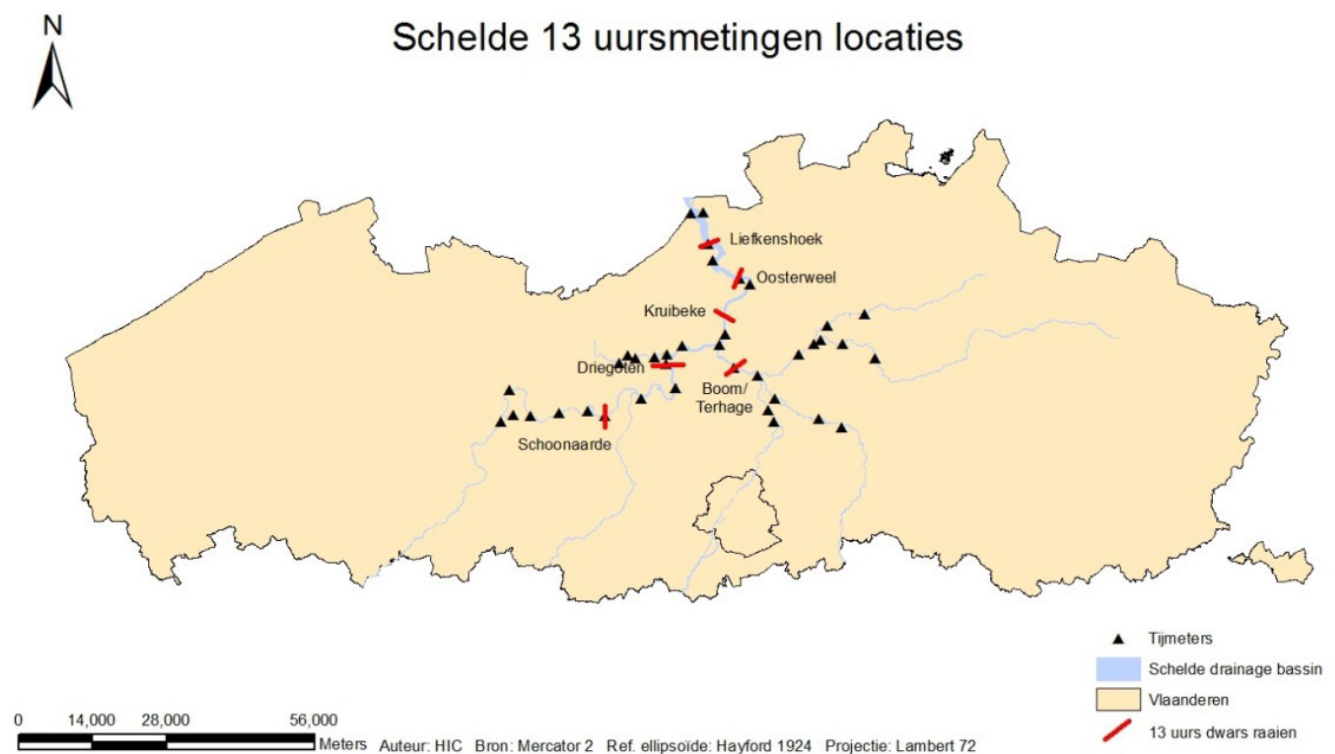
2.1.1 Meetopzet

De 13-uursmetingen worden jaarlijks georganiseerd in het kader van de MONEOS-rapportering (Meire & Maris, 2008). Figuur 2 geeft de locaties van de 13-uursmetingen weer. De duur van elke MONEOS 13-uursmeting is zo gepland dat een volledige getijdencyclus wordt gemeten. De planning wordt zo gekozen dat springtij voorwaarden heersen tijdens de meting om de hoogste en laagste afvoer condities te kunnen waarnemen. Twee luiken worden bestudeerd over één getijdegolf: stroming en sediment (Levy et al. 2017).

P:\13_086-MONEOSvollety\7_Input_gegevens\2017\Kruibeke20170629_VEREMANS

Voor deze studie worden de gegevens gebruikt van de 13-uursmeting uitgevoerd in Kruibeke op 29/06/2017. De 13-uursmeting in Kruibeke op 29/6/2017 liep van 6u25 tot 18u33 (MET). Tijdens de 13-uursmeting worden continu dwarsraaien opgemeten. Figuur 3 illustreert de locatie ter hoogte van de dwarsraai in Kruibeke.

Figuur 2 – Locaties MONEOS 13-uursmetingen op de Schelde



Figuur 3 – Locatie 13-uursmeting Kruibeke (Moneos 2016)



2.1.2 Verloop 13-uursmeting

Het moederschip vaart naar de locatie van de 13-uursmeting en gaat voor anker nabij de plaats waar raaien gevaren worden. Het schip blijft gedurende de volledige 13-uursmeting op deze locatie. De raaien worden gevaren met een klein surveybootje met een buitenboordmotor (hierna bijboot genoemd). Op de bijboot is een ADCP toestel (Workhorse RioGrande van 1200 kHz) aanwezig in een centrale schacht. De ADCP backscatter intensiteit kan in real-time afgelezen worden op een computerscherm op de bijboot.



Tijdens de 13-uursmeting worden dwarsraaien gevaren, van oever tot oever, tussen twee referentiepunten. In Kruibeke werden zo ongeveer **100 raaien** opgemeten.



Op geregelde tijdstippen keert de bijboot terug naar het moederschip en worden vanop het moederschip waterstalen genomen. Dit is noodzakelijk voor de kalibratie van ADCP-afgeleide sedimentconcentratie. De staalname gebeurt op 3 à 4 dieptes in functie van de spreiding die wordt waargenomen in de backscatter van de ADCP op het scherm in de bijboot. De waterstalen worden achteraf naar het sedimentlabo overgebracht voor bepaling van de sedimentconcentratie. In totaal werden 10 keer pompstalen genomen en is de SSC van **33 pompstalen** beschikbaar. Samen met het nemen van pompstalen wordt vanop het moederschip ook de turbiditeit opgemeten, daarvoor is een YSI multiparametersonde (YSI 6920 V2.2) bevestigd nabij de inlaat van de pomp.



Tijdens de 13-uursmeting in Kruibeke werden naast de gebruikelijke metingen ook op geregelde tijdstippen **raaien met ondulaties** uitgevoerd. Voor deze ondulaties wordt een tweede YSI-toestel gebruikt, van hetzelfde type als de YSI aan de pompinstallatie op het moederschip. De YSI wordt tijdens het varen van een raai enkele keren neergelaten en terug opgehaald. Dit gebeurt manueel, maar zou in de toekomst met een winch kunnen gebeuren. Alvorens de raai aan te vatten wordt een stuk tegen de stroomrichting in gevaren, zodat tijdens de meting kan worden afgedreven. Dat is noodzakelijk omdat de stroming van de rivier het YSI toestel meetrekt. Door de boot te laten afdrijven kan de YSI met de zwaartekracht naar beneden gelaten kan worden. Door in de waterkolom te gaan profileren met het YSI toestel wordt een

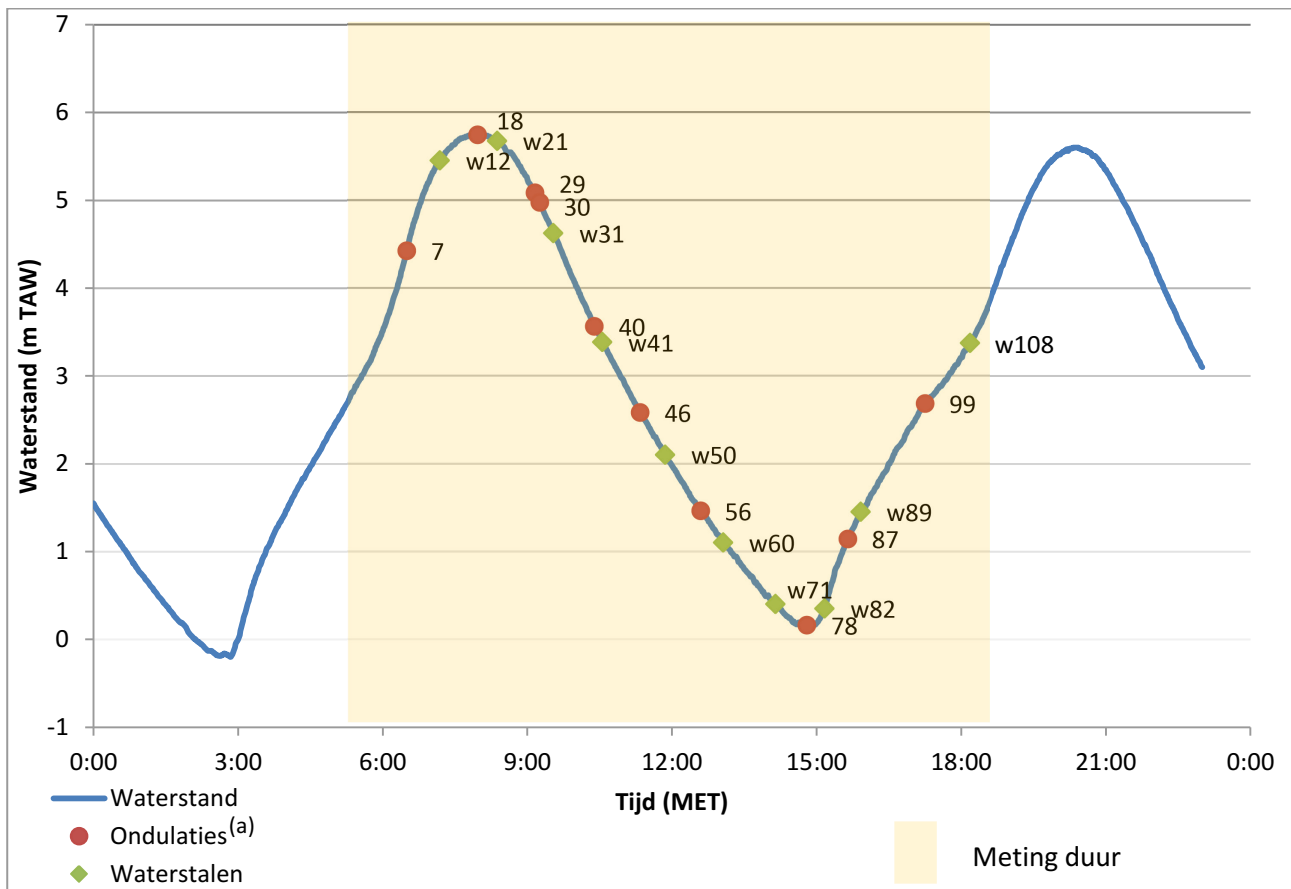
representatief beeld verkregen van de turbiditeit over de volledige breedte en diepte. De tijdstippen van ondulaties worden zodanig gekozen dat alle fasen van het getij meegenomen worden.



Er werden in totaal **10 transecten met ondulaties** uitgevoerd, waarvan de eerste 2 echter onbruikbaar zijn wegens meetfouten als gevolg van een verkeerde instelling van een interne datafilter van de YSI. Ook transect '29' is minder geschikt omdat de boot hier ter plaatse bleef en er dus geen raai gevaren werd.

Onderstaande getijkromme (Figuur 4) toont de waterstandsevolutie tijdens de meting en de transecten met ondulaties en pompstalen. Alle ADCP transecten zijn chronologisch genummerd. De transparante rechthoek geeft de periode weer die bemeten is geweest. Hoog- en laagwater vonden respectievelijk plaats om 7u54/20u21 en om 02u50/14u51 (MET), kentering was volgens het logboek omstreeks 8u15 (MET).

Figuur 4 – Het getij tijdens de 13-uursmeting te Kruibeke op 29/06/2017



(a) Ondulaties '7' en '18' zijn onbruikbaar wegens meetfouten en tijdens ondulatie '29' werd niet gevaren.

2.1.3 Apparatuur

2.1.3.1 ADCP

De "Acoustic Doppler Current Profiler" (ADCP) maakt gebruik van het Doppler effect om stroomsnelheden te meten. De stroomsnelheid wordt berekend door een ultrasone golf met gekende golflengte in het water te sturen en zijn, door de deeltjes in het water teruggekaatste, echo te meten. Door de verkorting of verlenging van de afstand tussen het schip en de deeltjesmassa wordt de golflengte respectievelijk korter of langer. Die afstand is enerzijds een directe functie van de stroomsnelheid en anderzijds een functie van de scheepsverplaatsing (Levy et al. 2017).

Daarnaast is de intensiteit backscatter of echo van het ADCP signaal een maat voor de verstrooiing van het akoestisch signaal door turbiditeit van het water. Een relatie kan gelegd worden tussen het akoestisch backscatter signaal (ABS) en waterstalen-SSC waardes om ADCP-SSC te schatten.

Een ADCP toestel van het type Workhorse RioGrande van 1200 kHz (WHRG1200) werd gebruikt. De technische specificaties ervan staan vermeld in Tabel 1. Het meetinterval is 4 seconden. Elke verticale meting (ensemble) komt overeen met een gemiddelde van metingenpulsen (pings) gedurende vier seconden.

Tabel 1 – Technische specificaties Workhorse RioGrande 1200 kHz

Workhorse Rio Grande

Versatile River Discharge Measurement System



TECHNICAL SPECIFICATIONS

		WHR600 600kHz	WHR1200 1200kHz	
Water Velocity Profiling	Profiling range	0.7 m ¹ to 75m ²	0.3m ¹ to 25m ²	
	Velocity range	 ±5m/s default, ±20m/s maximum		
	Accuracy	 ±0.25% of water velocity relative to ADCP, ±2mm/s		
	Resolution	1mm/s	1mm/s	
	Number of cells	1-128	1-128	
	Cell size	0.1m to 4m	0.05m to 2m	
	Blanking distance	0.25m	0.05m	
	Data output rate	1-2Hz (typical)	1-2Hz (typical)	
Bottom Tracking	Velocity range	±9.5m/s	±9.5m/s	
	Depth range	0.8m to 90m ²	0.5m to 30m ²	
	Accuracy	 ±0.25% of bottom velocity relative to ADCP, ±2mm/s		
	Resolution	1mm/s	1mm/s	
Depth Measurement	Range	0.8m to 90m ²	0.5m to 30m ²	
	Accuracy	±1% ³ ±1cm	±1% ³ ±1cm	
	Resolution	1mm/s ⁴	1mm/s ⁴	
Standard Sensors		Temperature	Tilt (pitch and roll)	Compass
	Range	-5°C to 40°C	±15°	0-360°
	Accuracy	±0.4°C	±0.5°	±2°
	Resolution	0.01°C	0.01°	0.01°
Operation Modes	Standard profiling mode (Broadband)	Mode 1		
	High precision profiling mode (included)	Mode 5 and Mode 11		
	High ping profiling mode (optional)	Mode 12		
	Shallow water bottom tracking mode (optional)	Bottom tracking Mode 7		
Transducer and Hardware	Configuration	Janus four beams at 20° beam angle		
	Internal memory	Optional flash PC card up to 2GB		
Software ⁵	• WinRiver II (standard) for moving-boat measurement • SxS Pro (optional) for stationary measurement; comes with an uncertainty model for in situ quality evaluation and control			
Communications	Serial (standard)	RS-232, 1200 to 115,200 baud rate		
	Radio modem (optional)	Range >30km (line of sight)		
Integration	With GPS, depth sounder, or external gyrocompass: available through RS232 to PC with WinRiver II software			
Power	Input voltage	10.5–18V DC		
	Power consumption	1.5W typical		
Float (optional)	Configuration	Three hulls (trimaran)		
	Material	Polyethylene		
	Dimensions	Length 120cm, width 80cm, height 18cm		
	Weight	10kg bare; 17 kg with instrument and battery		
Environmental	Operating temperature	-5°C to 45°C		
	Storage temperature	-20°C to 50°C		

1. Assume one good cell (minimum cell size) with high-precision profiling mode; range measured from transducer surface.

2. Assume fresh water; actual range depends on temperature and suspended solids concentration.

3. Assume uniform water temperature and salinity profile.

4. For averaged depth data.

5. For system setup, data acquisition, discharge calculation, data display, and summary report.

2.1.3.2 Optische backscatter (YSI)

De turbiditeit wordt gemeten door middel van een optische backscatter sensor: een lichtbundel wordt uitgezonden, waarbij het licht weerkaatst op de aanwezige (sediment)deeltjes in suspensie en vervolgens terug gedetecteerd wordt door een foto-diode in de sensor. De intensiteit van het teruggekaatste licht is een maat (surrogaat) voor de concentratie van gesuspenseerd materiaal en bijgevolg de turbiditeit. Er is een wiper aanwezig om (bio)fouling op de sensor tegen te gaan. Er wordt met een hoek en golflengte van respectievelijk 90° en 830 – 890 nm gemeten. Er is quasi geen blanking distance (Thant et al. 2018).

Tijdens de ondulaties werd gemeten met een YSI 6920 V2.2 toestel (Figuur 5). De YSI is een multiparametertoestel voorzien van verschillende meetsondes voor het bepalen van o.a. conductiviteit, pH, temperatuur, druk, zuurstofgehalte. In dit rapport is voornamelijk de optische turbiditeitsensor van belang. Het meetinterval van de YSI bedraagt 1 seconde.

Figuur 5 – Technische specificaties YSI 6920 V2-2

The **6920 V2-2** with

- 2 optical ports
- Conductivity/temperature port
- pH or pH/ORP port
- ISE port



Medium		Fresh, sea or polluted water
Temperature	Operating	-5 to +50°C
	Storage	-10 to +60°C
Communications		RS-232, SDI-12
Software		EcoWatch®
Dimensions	Diameter	2.85 in, 7.24 cm
	Length	18 in, 45.7 cm
	Weight	4 lbs, 1.8 kg
Power	External	12 V DC
	Internal	8 AA-size alkaline batteries
Certifications		CE, EU Battery Compliance, FCC, IP-67, WEEE, and MCERTS Assembled in the USA

	Range	Resolution	Accuracy
Conductivity••• 6560 Sensor*	0 to 100 mS/cm	0.001 to 0.1 mS/cm (range dependent)	±0.5% of reading + 0.001 mS/cm
Salinity	0 to 70 ppt	0.01 ppt	±1% of reading or 0.1 ppt, whichever is greater
Temperature 6560 Sensor*	-5 to +50°C	0.01°C	±0.15°C
Depth	Medium	0 to 200 ft, 61 m	±0.4 ft, ±0.12 m
	Shallow	0 to 30 ft, 9.1 m	±0.06 ft, ±0.02 m
	Vented Level	0 to 30 ft, 9.1 m	±0.01 ft, 0.003 m
Turbidity• 6136 Sensor*	0 to 1,000 NTU	0.1 NTU	±2% of reading or 0.3 NTU, whichever is greater**

• Maximum depth rating for optical probes is 200 feet, 61 m. Turbidity and Rhodamine are available in a Deep Depth option (0 to 200 m). **Anti-fouling** optical probes have depth rating of 200 m.

•• Rapid Pulse is only available on 6920 V2-1 (one optical port version).

••• Report outputs of specific conductance (conductivity corrected to 25° C), resistivity, and total dissolved solids are also provided. These values are automatically calculated from conductivity according to algorithms found in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (ed 1989).

•••• Freshwater only. Maximum depth rating of 50 feet, 15.2 m. 6600 V2-2 has 3 ISE ports; not available on the 6600V2-4.

** In YSI AMCO-AEPA Polymer Standards.

* Sensors with listed with ETV logo were submitted to the ETV program on the YSI 6600EDS. Information on performance characteristics of YSI water quality sensors can be found at www.epa.gov/etv, or call YSI at 800.897.4151 800.897.4151 for the ETV verification report. Use of ETV name or logo does not imply approval or certification of this product nor does it make any explicit or implied warranties or guarantees as to product performance.

2.1.3.3 Waterpomp en GPS

Voor de specificaties van de waterpomp en GPS wordt verwezen naar Levy et al. 2017 (Moneos 2016 – 13-uursmetingen).

2.2 Verwerking

2.2.1 Referentiestalen sedimentconcentratie

2.2.1.1 Pompstalen

De sedimentconcentratie van de pompstalen (in mg/l) wordt bepaald in het sedimentlabo van het WL. De SSC van de stalen wordt beschouwd als ground truth en wordt zowel in ViSea als in SediMon toegepast:

- In ViSea voor het opstellen van een kalibratiecurve voor ADCP-SSC
- In SediMon voor de kalibratie van de optische backscatter (YSI)

2.2.1.2 Optische backscatter (YSI)

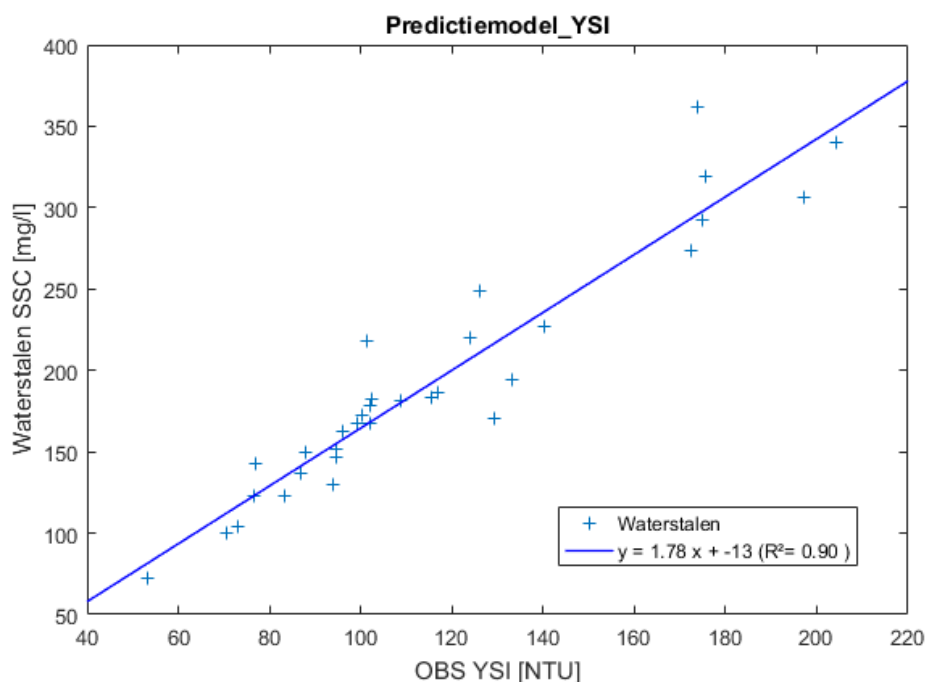
Het YSI toestel meet de turbiditeit als optische backscatter (OBS), uitgedrukt in Nephelometric Turbidity Units (NTU). Aan de hand van kalibratie met waterstalen wordt de waarde in NTU omgezet naar SSC in mg/l. In SediMon wordt optisch geschatte SSC gebruikt voor de kalibratie van ADCP-SSC.

De vergelijking tussen SSC en NTU wordt om praktische redenen opgesteld voor een ander YSI toestel van hetzelfde type als de ondulerende YSI. Dit tweede toestel blijft aan het moederschap en werd opgehangen naast de inlaat van de waterstalenbemonsteringsdarm, het meet dus op dezelfde diepte waarop stalen genomen worden. Waterstalen-SSC en OBS-waarden dienen achteraf op basis van tijdstip gekoppeld te worden. Deze koppeling werd uitgevoerd in ViSea.

Vervolgens werd een kalibratiecurve opgesteld tussen optische backscatter (NTU) en de waterstalen. De formule voor omrekening werd bepaald door het fitten van een kleinste kwadraten trendlijn door de gekoppelde waarden met OBS op de x-as en waterstalen-SSC (mg/l) op de y-as (Figuur 6). Voor de 13-uursmeting in Kruibeke werd volgende regressievergelijking gebruikt:

$$\text{Turbiditeit SSC (mg/l)} = \text{OBS (NTU)} * 1.777 - 13.144$$

Figuur 6 – Omzetting turbiditeit (NTU) naar SSC (mg/l) (versie 1)



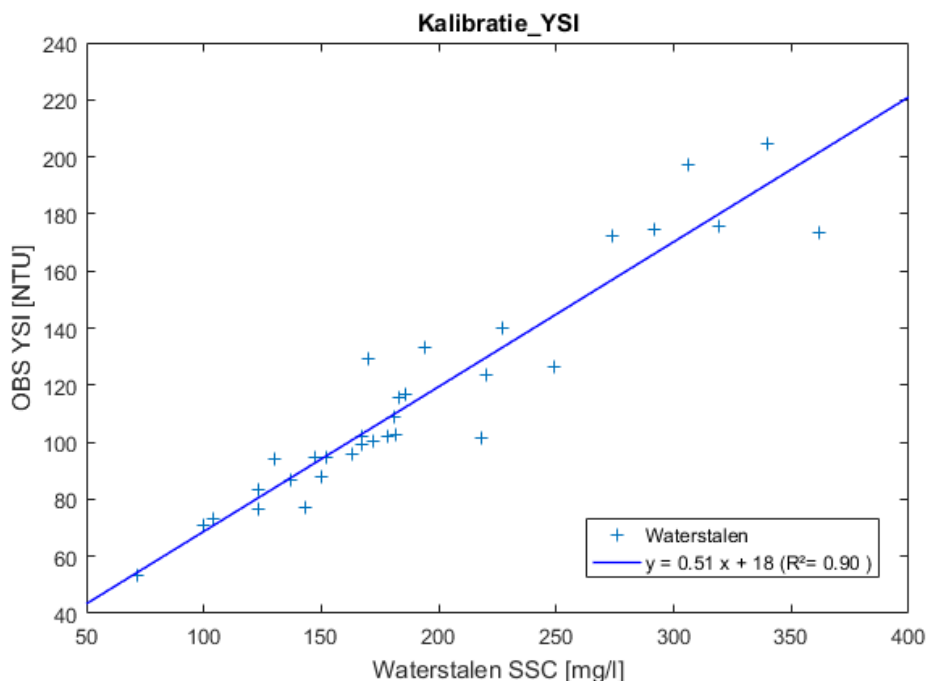
Bij het kalibreren is het in principe de bedoeling om de bias van het meettoestel te corrigeren. Daarvoor is de curve, die de mean squared error (MSE) van de waterstalen SSC minimaliseert, niet optimaal. Daarom moet overwogen worden om in de toekomst de kalibratie uit te voeren met de waterstalen SSC (mg/l) op de x-as en OBS-YSI (NTU) op de y-as (Figuur 7). De regressiecurve wordt dan:

$$\text{OBS (NTU)} = \text{SSC (mg/l)} * 0,51 + 18$$

en de omrekening van NTU naar SSC Turbiditeit (mg/l) kan door de vergelijking te herschrijven als:

$$\text{Turbiditeit SSC (mg/l)} = \frac{\text{OBS (NTU)} - 18}{0,51}$$

Figuur 7 – Omzetting turbiditeit (NTU) naar SSC (mg/l) (versie 2)



2.2.2 ADCP-afgeleide sedimentconcentratie

2.2.2.1 Theoretische basis

De akoestische backscatter (ABS) kan gebruikt worden om sedimentconcentratie (SSC) te schatten. Het ABS-signaal is echter niet alleen afhankelijk van sediment, ook waterparameters, specificaties van het toestel en meetopstelling zijn bepalend. Bovendien is het verband tussen ABS en SSC een gevolg van een complexe dynamiek tussen sediment en akoestisch signaal, die beïnvloedt wordt door golflengte, korrelgrootteverdeling, verdeling (patroon) en ook sedimentconcentratie zelf (weerkaatsing op de deeltjes en absorptie door meervoudige verstrooiing tussen de deeltjes). Het is in de praktijk moeilijk om alle parameters op te meten die nodig zijn om SSC direct af te leiden uit de ABS, daarom wordt er empirisch gewerkt: modelparameters worden geoptimaliseerd met behulp van kalibratie met referentie SSC. Onder

referentie SSC verstaan we zowel de waterstalen-SSC uit laboanalyse (ViSea methode) als de OBS-SSC metingen van de ondulaties (SediMon methode).

SediMon en ViSea maken gebruik van dezelfde theoretische basis om ADCP-SSC te berekenen, er zijn echter een aantal verschillen in de uitvoering. In wat volgt wordt het algemeen principe van de berekening van ADCP-SSC beschreven volgens Ghaffari et al. 2011. Voor de exacte implementatie van SediMon kan de broncode geraadpleegd worden (open source) en informatie over de berekening in ViSea is terug te vinden in de ViSea PDT manual.

Het ADCP toestel (Workhorse RioGrande van 1200 kHz) meet de intensiteit van de echo in counts. In eerste instantie wordt deze backscatter, in counts, omgezet naar absolute backscatter of “reverberation level” (ABS) in dB:

$$ABS = K_c * (E - E_r)$$

Met E de ADCP echo intensiteit en E_r de echo op referentieniveau ($E_r = 40 \text{ counts}$), en K_c een schaalfactor die gebruikt wordt om counts in dB om te zetten ($K_c = 0.43$).

Vervolgens wordt de backscatter gecorrigeerd voor verliezen aan intensiteit tijdens de afgelegde weg van het signaal. Verliestermen worden opgeteld bij de ABS uit de vorige stap, om de gecorrigeerde backscatter ($cABS$) te berekenen:

$$cABS = ABS + 2TL$$

Met $2TL$ het dubbele transmissieverlies dat corrigeert voor akoestische spreiding, waterabsorptie en demping door sediment.

Het dubbele transmissieverlies $2TL$ wordt bepaald door volgende vergelijking:

$$2TL = 20 * \log(R) + 2\alpha R$$

De eerste term, $20\log(R)$, staat voor de akoestische spreiding in de waterkolom zonder deeltjes, een geometrische term afgeleid van de conische vorm van de akoestische beams. Met R de doorlopen afstand in meter. De tweede term $2\alpha R$ corrigeert voor absorptie en spreiding van akoestische energie door water en sediment. De bepaling van parameter α kan op verschillende manieren gebeuren. Bijvoorbeeld op basis van viskeuze absorptie door de beweging van deeltjes en absorptie door specifieke chemische stoffen (Ainslie and McColm, 1998).

De gecorrigeerde backscatter $cABS$ wordt dan:

$$cABS = K_c * (E - E_r) + 20 * \log(R) + 2\alpha R$$

Ten slotte worden referentiestalen gebruikt om de gecorrigeerde backscatter (in dB) om te zetten naar SSC (in mg/l). Het uitgangspunt van de berekening is daarvoor de sonar vergelijking in een exponentiële vorm:

$$SSC_{est} = 10^{(a*cABS+b)}$$

met a en b respectievelijk helling en intercept die bepaald worden aan de hand van een regressiecurve van de vorm:

$$\log_{10}(SSC_{measured}) = a * cABS + b$$

2.2.2.2 ViSea

ViSea is een commercieel softwarepakket (Aqua Vision BV) voor de verwerking van ADCP gegevens. Voor de berekening van sedimentconcentraties wordt de Plume detection toolbox (PDT) uit de ViSea Data acquisition Software (DAS) gebruikt. De berekeningen in ViSea werden uitgevoerd volgens de werkwijze beschreven in Levy et al. 2017 (Moneos 2016 – 13-uursmetingen). Meer informatie over de software kan gevonden worden in de handleidingen (Aqua Vision BV, ViSea PDT instruction manual). De werkwijze volgt grotendeels de hierboven beschreven basisformules.

In ViSea gebeurt de berekening op basis van één (bij voorkeur verticale) ADCP beam. Er wordt vanuit gegaan dat er slechts één beam is die het best overeenkomt met de locatie van de OBS profielen en de waterstalen (<http://aquavision.nl>).

De water- en sedimentabsorptie, vervat in de parameter α , wordt berekend op basis van fysicochemische parameters. Waterabsorptie wordt bepaald op basis van temperatuur, frequentie, saliniteit, diepte, geluidssnelheid en pH. Sedimentabsorptie wordt bepaald op basis van de Raleigh-verstrooiingswet en maakt gebruik van verschillende parameters: temperatuur, frequentie, geluidssnelheid, kinematische viscositeit, waterdichtheid, sedimentdichtheid, korrelgrootteverdeling en SSC. De SSC berekening is dus afhankelijk van SSC zelf.

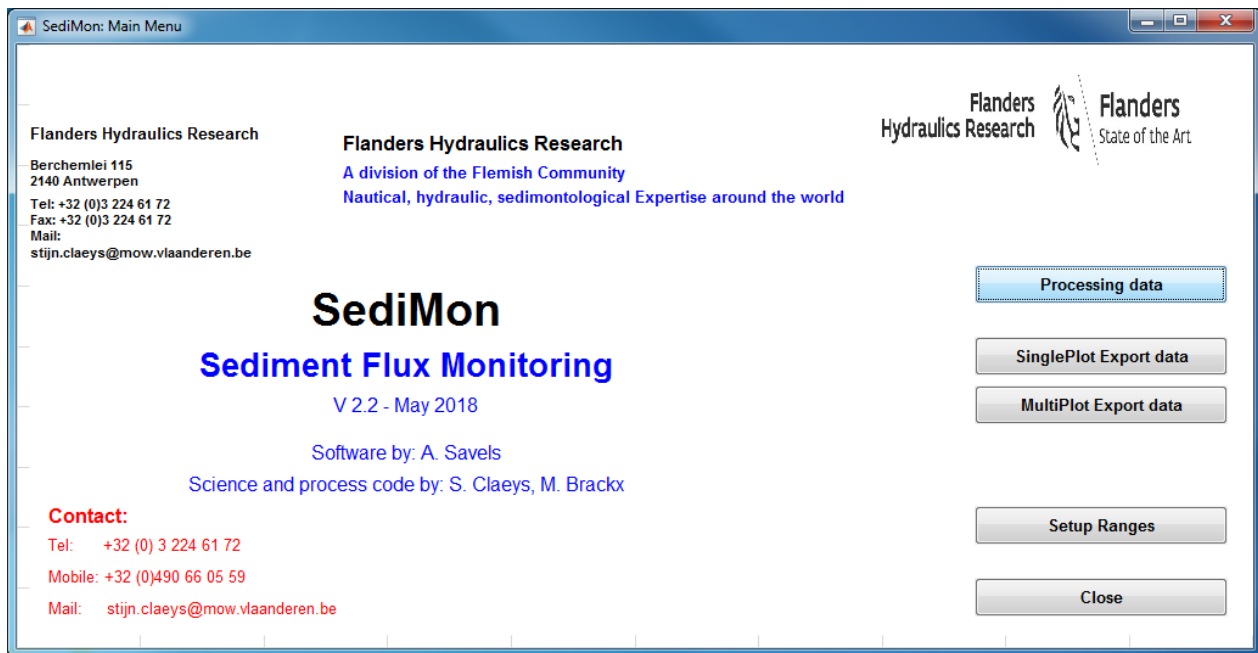
Daarom gebeurt de bepaling van de regressiecurve tussen de gecorrigeerde backscatter en de waterstalen-SSC via een iteratief proces. De allereerste schatting van de SSC, in de eerste ADCP cel (bin) houdt geen rekening met sedimentabsorptie. Daarom wordt de eerste SSC schatting verbeterd door een tweede SSC berekening uit te voeren, waarbij rekening wordt gehouden met sedimentabsorptie. De sedimentabsorptie wordt op basis van de geschatte SSC gecorrigeerd en wordt op die manier (iteratief) een aantal keer berekend totdat de berekende ADCP-SSC minder gewijzigd kan worden dan een bepaalde drempel (bijvoorbeeld 0,01 mg/l). Vervolgens wordt de SSC voor elke ADCP bin geoptimaliseerd.

2.2.2.3 SediMon

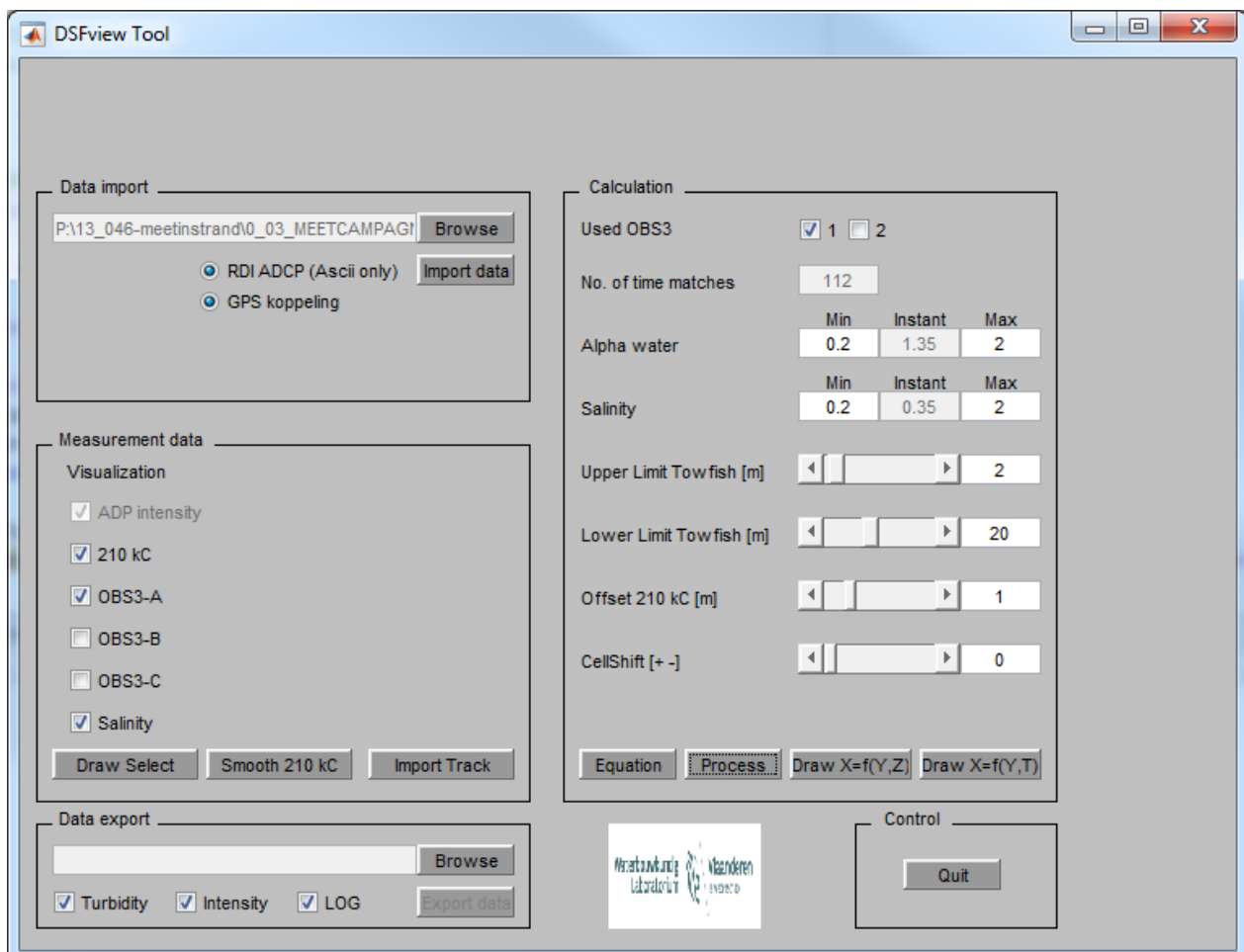
De SediMon tool werd ontwikkeld met als specifiek doel om verschillende kalibratiecurves te kunnen opstellen, gebruikmakend van ondulaties (Claeys et al., 2009). SediMon is opgebouwd uit grafische user interfaces in Matlab (Figuur 8 en Figuur 9). SediMon bevindt zich in een ontwikkelingsfase, daardoor werden er tijdens deze studie een aantal verbeteringen en aanpassingen gedaan in de broncode (overzicht aanpassingen: zie Bijlage 1). De aangepaste SediMon broncode kan teruggevonden worden op de P-schijf onder project 13_046:

P:\13_046-meetinstrand\0_03-MEETCAMPAGNES_CALIBRATION_MEETNET\VERWERKING MATLAB\Sedimon

Figuur 8 – Startscherm SediMon



Figuur 9 – DSFviewTool SediMon



INPUT

De verwerking van ADCP-gegevens in SediMon gebeurt transect per transect. Eerst wordt de data geïmporteerd. Een ASCII ADCP-bestand wordt geselecteerd in het browse venster, deze bevinden zich in de map ADP. Het ingelezen ADCP-bestand in SediMon is de originele ADCP uit Winriver aangepast in ViSea voor koppeling van een externe GPS. De GPS bleek echter verkeerd gekoppeld te zijn voor de transecten van Kruibeke (tijdsverschuiving van 1 uur). Dit probleem werd opgelost door binnen SediMon de mogelijkheid toe te voegen om een externe GPS-track te koppelen. Deze nieuwe functionaliteit kan aan- of uitgezet worden met een button (zie Figuur 9). Het GPS tekstbestand bevindt zich eveneens in de map 'ADP'.

De backscatter intensiteit wordt in SediMon berekend als het gemiddelde van de 4 ADCP-beams, gedeeld door een factor 0.43. De deling door 0.43 is vermoedelijk een vergissing, maar dit heeft geen invloed op het eindresultaat (wel op de waarde van de andere parameters).

Voor transecten met ondulaties wordt er automatisch ook een bestand met de ondulatie ingelezen. Voor de aanmaak van deze bestanden is een R script beschikbaar. De ondulatie wordt opgeslagen als een ASCII file met dezelfde naam als de ADCP file, maar dan in de map 'LOG'. Voor transecten zonder ondulatie wordt een dummy file ingelezen, dit is noodzakelijk omdat de broncode er nog niet op voorzien is om zonder (dummy) ondulatie uitgevoerd te worden. Onmiddellijk bij het inlezen wordt de optische backscatter (NTU) omgezet naar SSC_{OBS} in mg/l. Dit wordt gedaan met behulp van de vergelijking die opgesteld is in sectie 2.2.1.2

KALIBRATIECURVES

Er werden 10 ondulaties uitgevoerd, waarvan er 7 geschikt zijn voor kalibraties. Voor elke ondulatie wordt een aparte kalibratie opgesteld, waarbij ook twee parameters geoptimaliseerd worden.

In Sedimon wordt gewerkt met twee parameters. Een schaalfactor s voor de ADCP echo en de parameter α :

$$cABS = ABS * s + 20 * \log_{10}(\text{diepte} / \cos(25^\circ)) + 2 * (\text{diepte} / \cos(25^\circ)) * \alpha$$

Beide parameters worden empirisch bepaald. De parameters die resulteren in een zo hoog mogelijke R^2 tussen de gecorrigeerde backscatter en de ondulatie worden weerhouden, met als limitatie dat de parameters tussen 0 en 10 variëren en dat het verband tussen $cABS$ en SSC positief moet zijn.

De kalibratiecurve tussen de gecorrigeerde backscatter wordt opgesteld voor elke gevaren dwarsraai met ondulatie en is van de vorm:

$$\log_e(cABS) = a * \log_e(SSC_{OBS}) + b$$

Met SSC_{OBS} , de optisch bepaalde turbiditeit (reeds omgezet naar SSC in mg/l zoals beschreven in sectie 2.2.1.2).

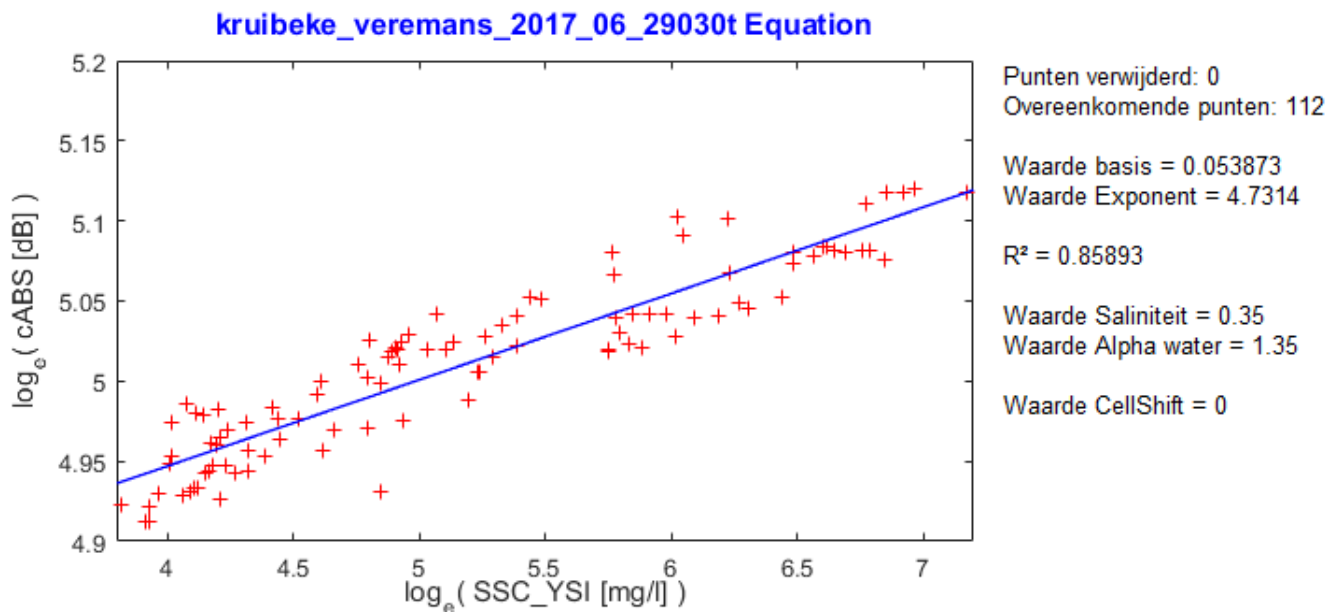
De geschatte SSC wordt dan berekend volgens volgende formule:

$$ADCP_SSC_{est} \text{ (mg/l)} = \exp\left(\frac{\log_e(cABS) - b}{a}\right)$$

Figuur 10 illustreert het opstellen van de kalibratiecurve voor transect 30.

De kalibratiecurves worden voor alle ondulaties besproken in het hoofdstuk Resultaten (3.1.2 Kalibraties Sedimon). Omdat s overeen komt met de constante K_c uit de theorie (Sectie 2.2.2.1), zal kort nagegaan worden of s constant gehouden kan worden in sectie 3.2.2.

Figuur 10 - Voorbeeld kalibratiecurve in SediMon



INTERFACE

In de SediMon interface wordt het bereik van de parameters α en s ingegeven. Het standaardbereik van beide parameters is 0.2 tot 2 met een stapgrootte van 0.05. Indien nodig werd het bereik vergroot tot maximaal 0-10. Parametercombinaties die leidden tot een negatief verband tussen de gecorrigeerde backscatter en de SSC werden niet weerhouden, hiervoor werden alternatieve parametercombinaties gezocht die wel in een positief verband resulteerden.

De 'Upper Limit Towfish' en 'Lower Limit Towfish' geven het gebruikte bereik aan van de ondulatie. Dit werd ingesteld op 2-20m. Origineel werd deze functie ingebouwd om geselecteerde sedimentwolken of gelaagdheden in de waterkolom te berekenen. Daarnaast werd er nog een offset ingesteld van 1m vanaf de bodem om invloed van de bodem te minimaliseren (zie ook 3.1.1.2). Het bereik van de 'Cellshift' werd ingesteld op 5 seconden.

Deze kalibraties kunnen worden toegepast op de transecten van de ondulaties zelf, maar ook op andere transecten om ADCP-SSC te berekenen. Er moet steeds worden getracht om een kalibratie te gebruiken die representatief is voor de fase in het getij waarin een transect is opgemeten.

2.2.2.4 Verschillen tussen ViSea en SediMon

Tabel 2 – Verschillen in verwerking ViSea en SediMon

	Theorie (Ghaffari et al., 2011)	ViSea	SediMon
Echo of ABS (counts)	E	Echo van 1 ADCP beam	Gemiddelde van de 4 ADCP beams
ABS (dB)	$K_c * (E - E_r)$	$0.43 * (E - 40)$	$s * \frac{1}{0.43} (E - 0)$ s : wordt geoptimaliseerd
Akoestische spreiding	$20 * \log(R)$ R: schuine afstand	$20 * \log(R)$	$20 * \log(R)$
Water- en Sedimentabsorptie	$2\alpha R$	$2\alpha R$ α : berekend en geoptimaliseerd via iteratie	$2\alpha R$ α : wordt geoptimaliseerd
kalibratiecurve	$\log_{10}(SSC) = b + a * cABS$	$y = f(SSC_{waterstalen})$	$\log_e(cABS) = b + a * \log_e(SSC_{OBS})$

2.2.3 Berekening sedimentflux

2.2.3.1 Stroomsnelheid

De stroomsnelheid werd in ViSea berekend op basis van de ADCP metingen. De stroomsnelheden worden gecorrigeerd op basis van een GPS signaal dat de bewegingen van het schip registreert (afgelegde weg). De geluidssnelheid in het water is ook een functie van de saliniteit. Die laatste wordt indirect afgeleid door de conductiviteit te meten met een multiparametersonde (Levy et al. 2017). In SediMon is het niet mogelijk om stroomsnelheden te berekenen.

2.2.3.2 Projectie op theoretische dwarsraaien

Voor het berekenen van sedimentflux, de totale sedimentlading die doorheen een dwarsdoorsnede getransporteerd wordt, worden referentieraaen gebruikt. Deze raaien lopen van oever tot oever en staan loodrecht op de gemiddelde stroomrichting (Figuur 3). Door omstandigheden, zoals scheepvaart, kan de boot gehinderd worden bij het varen langs de referentieraa, daarom wordt de GPS locatie (+/- 10m) van de boot opgemeten en wordt deze op de theoretische raai geprojecteerd ('GPS bijboot1' werd daarvoor gebruikt). Dezelfde referentieraa als voor 2016 werd gebruikt (Tabel 3).

Bij het projecteren worden de stromingsvectoren zonder wijziging verplaatst. Dit is in essentie niets meer dan het toewijzen van een nieuwe locatiecoördinaat. Wil men de stroomsnelheid van het water in een bepaalde richting berekenen, dan vereist dit een trigonometrische omzetting (op basis van de cosinus van de hoek tussen de gemeten stroomrichting en de gewenste referentiedriehoek). Een dergelijke projectie werd niet uitgevoerd. De reële stroomrichting wijkt echter alleen bij kentering af van de loodrechte stroomrichting.

Tabel 3 – Referentie coördinaten van de theoretische dwarsraai

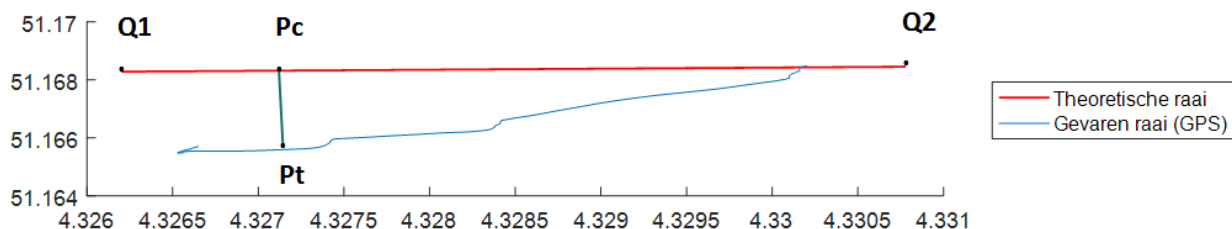
WGS 84 UTM 31N				
Meting locaties	Begin raai		Eind raai	
	Breedte	Lengte	Breedte	Lengte
Schoonaarde	570730	5650825	570720	5650895
Terhagen	598560	5659360	598456	5659440
Kruibeke	592720	5669374	593040	5669399
Driegoten	582032	5661193	582229	5661175
Oosterweel	595757.2	5677023	595717.2	5677504
Liefkenshoek	590243	5683236	590588	5683942

De projectie wordt uitgevoerd met behulp van de export tool in SediMon. Hier wordt het transect ook geknipt op het gewenste begin en eindpunt van de te gevaren raai. De coördinaten van de gevaren raai worden via loodrechte projectie op de theoretische raai geprojecteerd:

$$P_c = (\text{dot}(P_t - Q_2, Q_1 - Q_2) * Q_1 + \text{dot}(P_t - Q_1, Q_2 - Q_1) * Q_2) / \text{dot}(Q_2 - Q_1, Q_2 - Q_1)$$

Met *dot* het dot product van de vectoren, Q1 en Q2 de eindpunten van de theoretische raai, Pt een positie op de gevaren raai en Pc de geprojecteerde positie (Figuur 11).

Figuur 11 – Projectie op theoretische dwarsraai (coördinaten in decimale graden)



Vervolgens wordt de gevaren afstand op de theoretische raai tijdens elke ADCP ensemble berekend. Hiervoor werd omgerekend van decimale graden naar de WGS 84 UTM 31N coördinaten in meter.

2.2.3.3 Sedimentflux

De sedimentflux kan uitgedrukt worden in massa sediment per tijdseenheid en per verticale eenheidsoppervlakte van 1 m², of in massa sediment per tijdseenheid voor de volledige dwarsdoorsnede. Het eerste wordt berekend door de sedimentconcentratie met de stroomsnelheid te vermenigvuldigen, dit gebeurt voor elke ADCP-cel. Het tweede wordt berekend door elke ADCP-celflux te vermenigvuldigen met de gevaren afstand tijdens het ensemble en de hoogte van de ADCP-cel (0,25 m) en dit te sommeren over de gehele doorsnede. De resultaten worden beschreven in sectie 3.3.

Het totaal sedimenttransport wordt om praktische redenen niet berekend, daarvoor is het noodzakelijk om de profielen te extrapoleren naar bodem, wateroppervlak en oevers (rekening houdend met waterstand). Voor de berekening van sedimentflux bestaat in SediMon nog geen automatische procedure.

2.3 Validatie

Voor alle transecten met ondulaties of waterstalen wordt de ADCP-SSC berekend volgens de twee methoden. De resultaten uit ViSea werden geëxporteerd als ASCII files en worden, samen met de resultaten van SediMon, ingelezen in MATLAB. Voor elk bestudeerd transect werden de ondulaties of waterstalen aangeduid op de profielen en werd een verschilplot berekend. De ADCP-SSC uit beide methoden wordt onderling vergeleken (sectie 3.2.1) en afgetoetst ten opzichte van de beschikbare referentiestalen (waterstalen en ondulaties).

Voor elk waterstaal werden de overeenkomstige waarden van ADCP-SSC uit SediMon en ViSea geëxtraheerd (sectie 3.2.2). De punten werden daarvoor gekoppeld op tijd en diepte. Omdat het nemen van een pompstaal steeds een onzekerheid met zich meebrengt op vlak van exacte positie en tijd, werd de gemiddelde ADCP-SSC berekend voor de 3x3 omliggende gridcellen. Elke gridcel is 0,25 m hoog en 4 seconden “breed”, dus dit komt overeen met een gemiddelde SSC over 0,75 m en 12 seconden.

ViSea maakt gebruik van de waterstalen voor de optimalisatie van de parameters, bijgevolg kunnen de waterstalen niet als onafhankelijke validatiedata beschouwd worden (dit zou er toe kunnen leiden dat overfitting onopgemerkt blijft). Daarom werd op dezelfde manier ook een koppeling gedaan tussen de resultaten uit ViSea en de optisch bepaalde SSC tijdens ondulaties (sectie 3.2.3).

Verder worden ook de sedimentfluxen die voortvloeien uit beide methodes vergeleken (sectie 3.3). Daartoe wordt de sedimentflux berekend voor de transecten die cruciale fases van het getij bevatten zoals maximum debiet (eb en vloed), hoogwater en laagwater. Ook de flux voor de transecten net voor en na kentering en voor enkele tussenliggende transecten wordt berekend.

3 Resultaten

3.1 Gevoeligheidsanalyse Sedimon

3.1.1 Modelinstellingen en parameters

3.1.1.1 Modelparameters alfa en s

Zoals beschreven in sectie 2.2.2.3, wordt in Sedimon gewerkt met twee parameters (s en α) om de backscatter (ABS) te corrigeren voor verliestermen, daarnaast is de correctie ook functie van de diepte:

$$cABS = ABS * s + 20 * \log_{10}(\text{diepte} / \cos(25^\circ)) + 2 * (\text{diepte} / \cos(25^\circ)) * \alpha$$

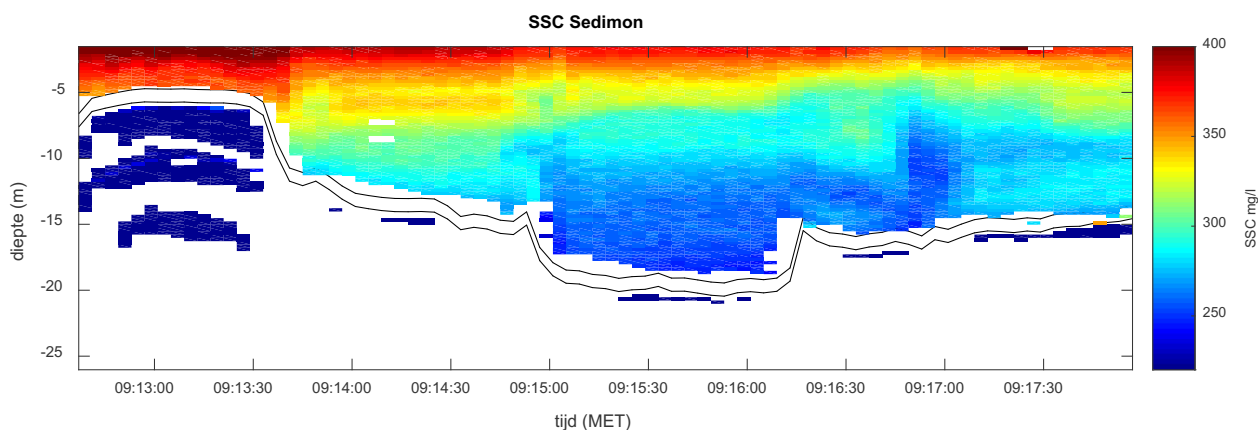
De parameters worden geoptimaliseerd door combinaties van alfa en s te testen en de parameters die de hoogste R^2 met de ondulatie geven worden weerhouden.

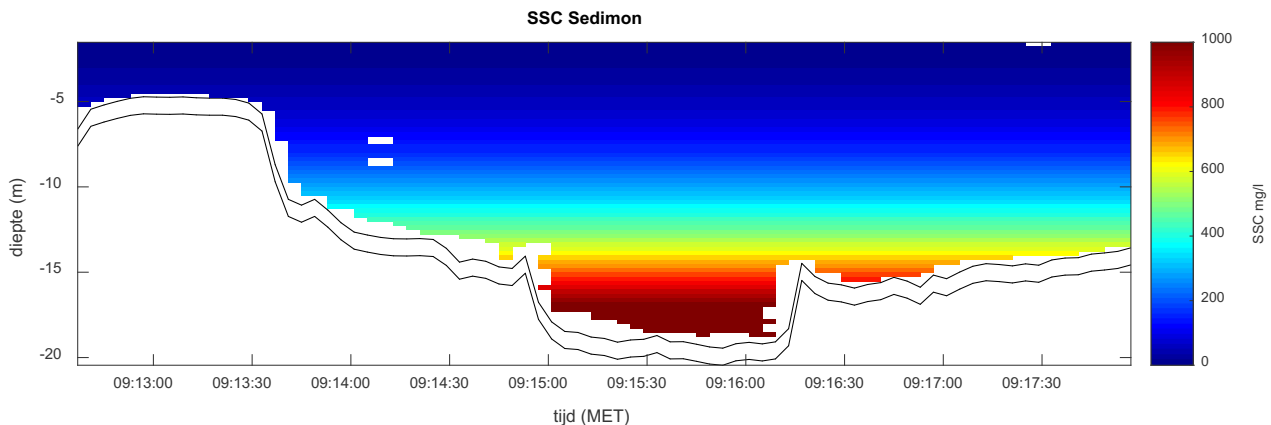
De parameter s kan gezien worden als een schaalfactor die de bijdrage van de backscatter in het model bepaalt. **Hoe hoger de waarde van parameter s , hoe zwaarder de backscatter zal doorwegen in de berekende ADCP-SSC (Figuur 12).** De backscatter is het hoogst nabij het wateroppervlak en neemt over het algemeen af met de diepte.

Parameter alfa bepaalt in welke mate de verliestermen voor water- en sedimentabsorptie bijdragen aan de gecorrigeerde backscatter. De absorptie van het signaal door het water en sediment is afhankelijk van allerlei waterparameters zoals saliniteit, diepte, akoestische frequentie en temperatuur, maar ook van de sedimentconcentratie zelf. Door alfa via optimalisatie te schatten is het niet nodig om al deze waterparameters te kennen. **In de berekende ADCP-SSC leiden hoge waarden van alfa tot een sterk gelaagd profiel, waarbij de SSC toeneemt met de diepte (Figuur 13).**

Uit bovenstaande wordt duidelijk dat voornamelijk de verhouding van de twee parameters s en α onderling, het eindresultaat zal bepalen. Voor een gevoeligheidsanalyse met het constant houden van parameter s wordt verwezen naar sectie 3.2.2.

Figuur 12 – Hoge waarden van s resulteren in berekende SSC evenredig met backscatter. Transect 30



Figuur 13 – Hoge waarden van alfa resulteren in berekende SSC evenredig met de diepte. Transect 30: SSC met $\alpha = 10$, $s = 0$ 

3.1.1.2 Offset vanaf bodem

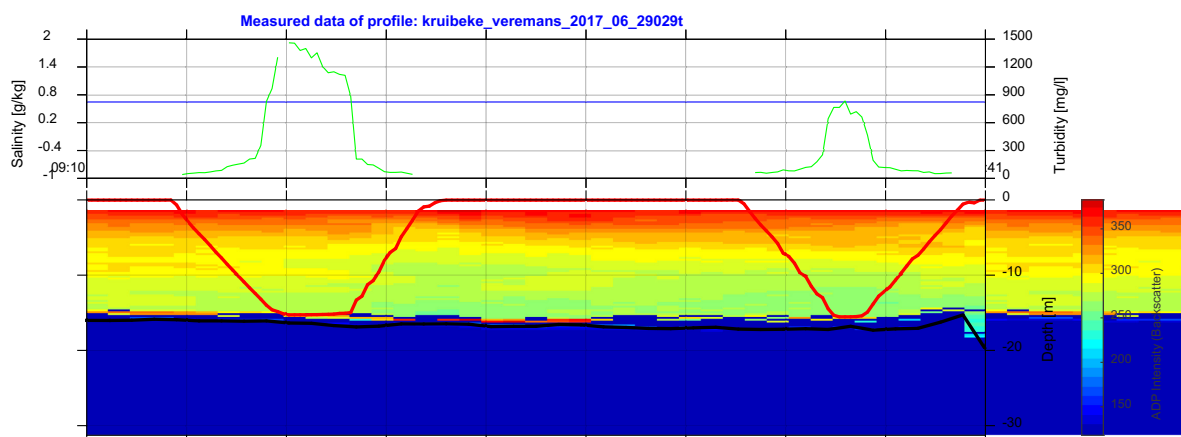
Nabij de bodem neemt de sedimentconcentratie exponentieel toe (Rouse profiel). Het meten van OBS nabij het bodemoppervlak leidt daardoor tot extreem hoge pieken in optisch bepaalde SSC. Bovendien kan door de aanwezigheid van de meetapparatuur extra sediment opgewoeld worden en zijn de metingen dus minder betrouwbaar.

SediMon biedt met de instelling offset de optie om de zone vlak boven de bodem achterwege te laten. In deze studie werd steeds 1 m offset gehanteerd.

GEVALSTUDIE OFFSET TRANSECT 29

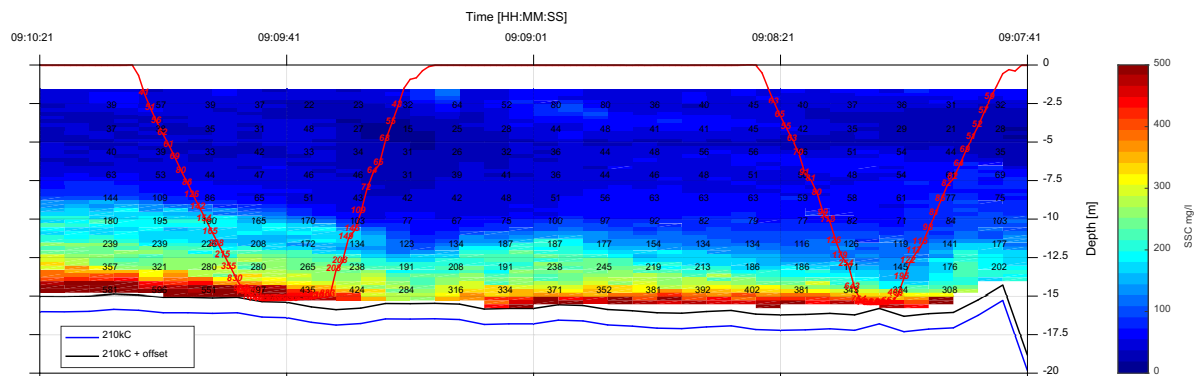
Bij transect 29 (Figuur 14) wordt het belang van de instelling offset duidelijk. Bij dit transect werd er relatief lang met de YSI nabij de bodem gemeten. Bijgevolg zijn er veel OBS instanties met hoge turbiditeit, dit kan de modeloptimalisatie en het eindresultaat (SSC) sterk beïnvloeden. Door de offset van 1 meter naar 3 meter te verhogen worden alle $\log(\text{OBS})$ waarden boven 5,6 (= 270 mg/l) niet meer meegenomen. Het valt op dat als de metingen nabij de bodem niet gebruikt worden in de kalibratie (offset = 3 m), de SSC daar fel onderschat wordt. De resultaten met offset 1 m zijn in vergelijking met offset 3 m nabij de bodem dubbel zo hoog (Figuur 15). Dit illustreert dat het al dan niet meenemen van de (extreem) hoge concentraties in de kalibratie grote gevolgen heeft voor de resulterende ADCP-SSC.

Figuur 14 – Backscatter en Ondulatie transect 29

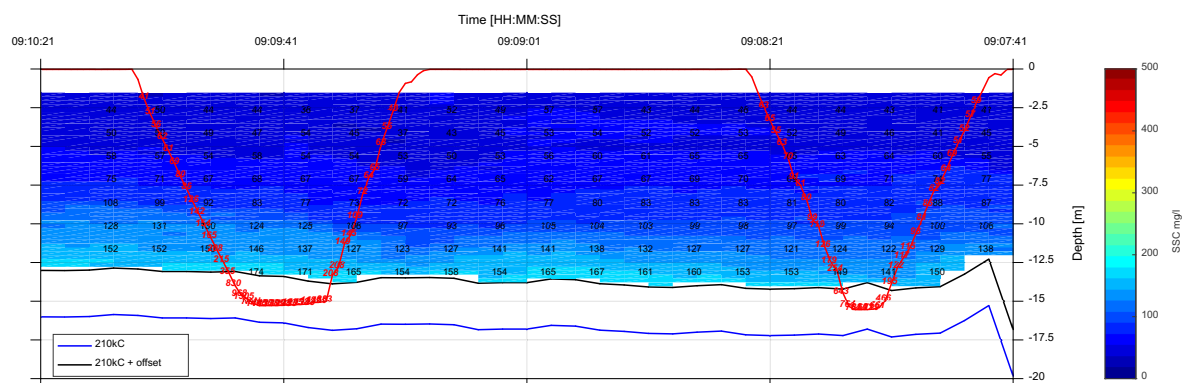


Figuur 15 – ADCP-SSC voor Transect 29 bij Offset = 1 m en Offset = 3 m

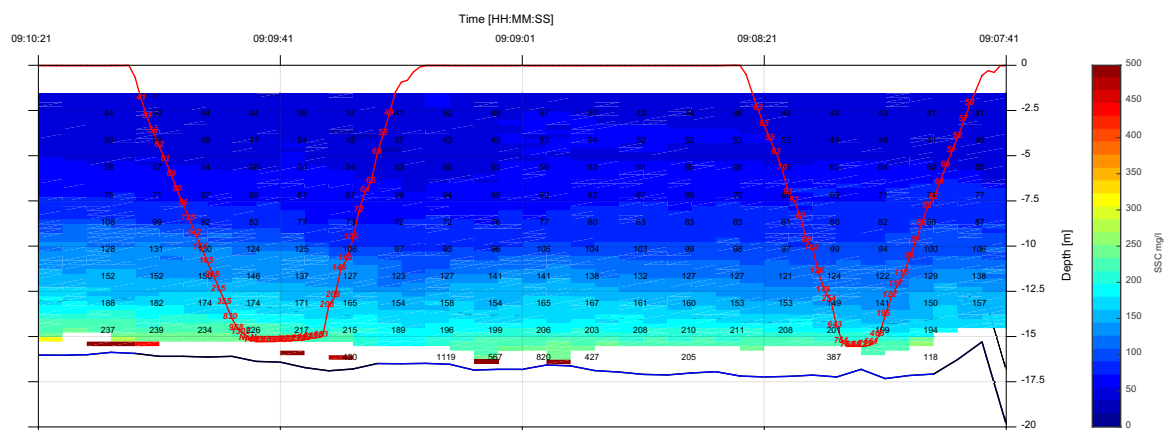
Offset = 1m



Offset = 3m



Offset = 3m , met 'extrapolatie' tot onder de offset



3.1.1.3 CellShift

Het gebeurt dat de YSI, die wordt neergelaten aan een kabel, zich niet loodrecht onder de ADCP bevindt. Wolken van sediment worden dan mogelijks enkele seconden vroeger of later waargenomen in de YSI meting. De aldus ontstane tijdsverschuiving kan gecorrigeerd worden met de instelling CellShift. De software zoekt zelf binnen de opgegeven limiet bij hoeveel seconden tijdsverschuiving de beste overeenkomst gevonden wordt. In deze studie werd de limiet op 5 seconden gezet. Uit een voorbeeld voor transect 30 (Tabel 4), blijkt dat CellShift bijna geen effect heeft op de waarde van de parameters alfa en s,

maar dat de helling en intercept van de regressiecurve wel scherpgesteld worden. Er wordt geen rekening gehouden met de invloed van random effecten bij de optimalisatie van CellShift.

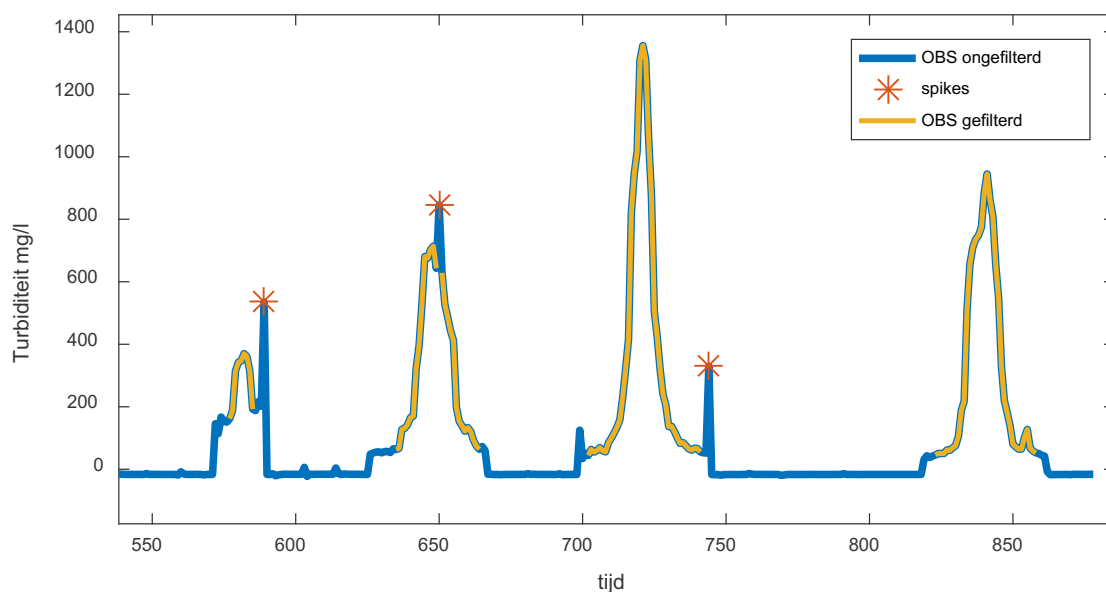
Tabel 4 – Effect van CellShift op kalibratiecurve (transect 30)

Cellshift	alfa	s	helling	intercept	R ²
-5	1.10	0.3	0.054	4.584	0.857
-4	0.80	0.25	0.051	4.425	0.869
-3	0.80	0.25	0.054	4.586	0.864
-2	0.80	0.25	0.054	4.730	0.865
-1	0.80	0.25	0.054	4.730	0.862
0	0.80	0.25	0.054	4.731	0.859
1	0.80	0.25	0.052	4.737	0.857
2	0.80	0.25	0.051	4.739	0.859
3	0.80	0.25	0.051	4.741	0.851
4	0.80	0.25	0.051	4.869	0.851
5	0.80	0.25	0.049	4.750	0.843

3.1.1.4 Uitschieters

Bij het inlezen van het YSI signaal in SediMon wordt een opschoning gedaan van de data (nieuwe functie, zie sectie 6). Er wordt een filter toegepast die uitschieters verwijdert: eerst wordt een lopende mediaan filter met breedte 5 (5 seconden) toegepast, vervolgens wordt het verschil tussen de originele waarde en de gefilterde waarde berekend. Wanneer dit verschil groter is dan 100 mg/l wordt de waarde geëlimineerd. Daarnaast worden negatieve waarden en gegevens wanneer de sensor boven water was verwijderd.

Figuur 16 – Spike removal en filtering YSI signaal



3.1.2 Kalibraties Sedimon

Voor elk van de zeven goede ondulaties werd een kalibratiecurve bepaald en werden de optimale modelparameters bepaald (Tabel 5). Figuur 17 geeft de verschillende kalibratiecurves weer. De gecorrigeerde backscatter (cABS) op de y-as, is de backscatter gecorrigeerd aan de hand van de parameters alfa en s en de diepte.

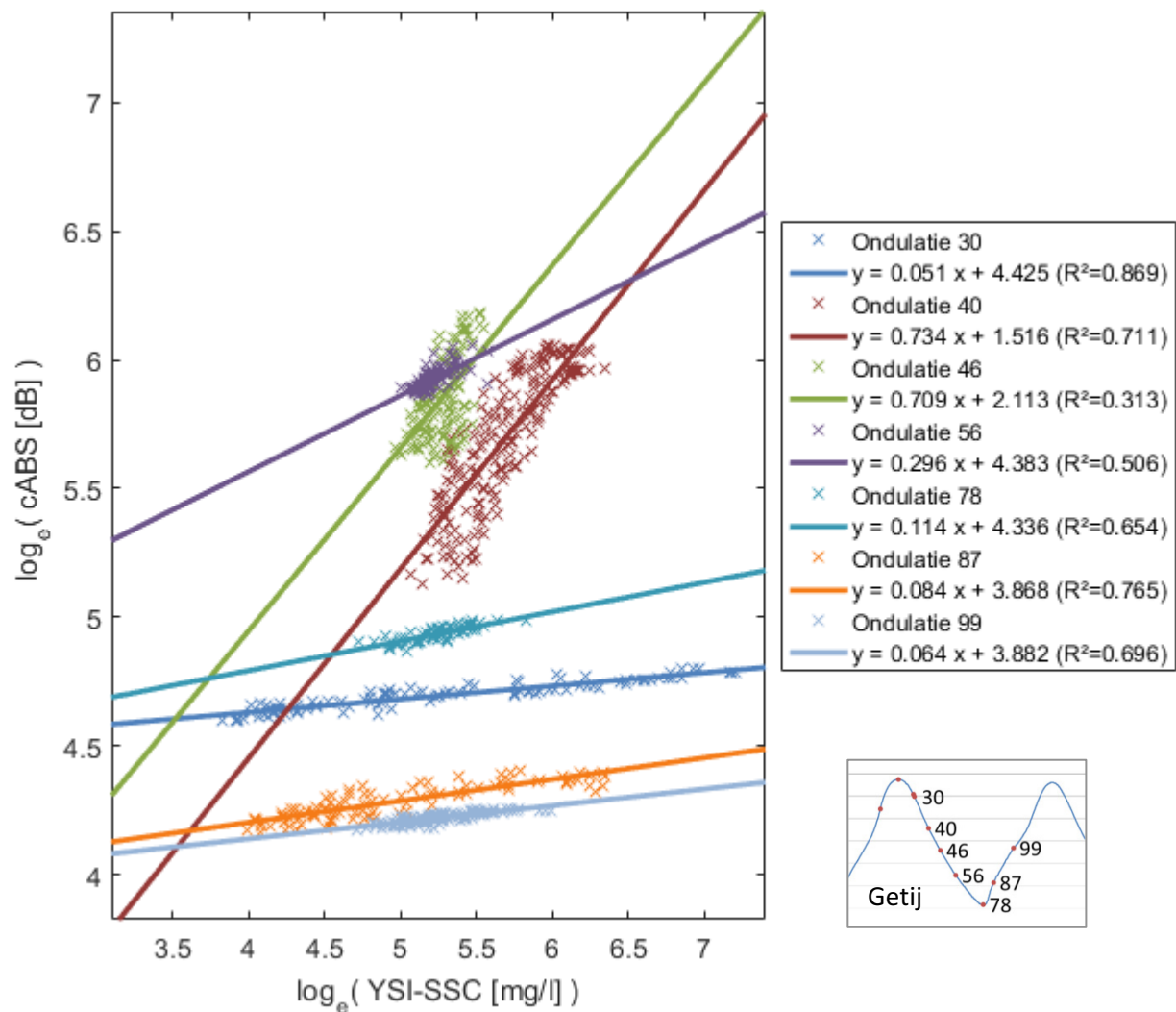
De kalibratiecurves kunnen als volgt geïnterpreteerd worden (Figuur 17):

- Bij ondulatie 30, even na kentering hoogwater, wordt er een grote spreiding aan YSI-SSC waarden waargenomen. Dit resulteert in een goede kalibratiecurve met hoge R^2 .
- Tijdens de eb fase (ondulatie 40, 46 en 56) zien we dat de spreiding van YSI-SSC waarden sterk afneemt en dat de gevonden kalibratiecurves weinig betrouwbaar worden (lage R^2). De lage variatie in SSC tijdens de eb fase is te verklaren doordat de stroomsnelheid in deze fase langere tijd constante blijft. De sedimentconcentratie blijft dan ook constant en vertoont weinig variatie in de diepte. De lage R^2 van de kalibratiecurves in de eb fase is dus in overeenstemming met de realiteit. Dit wordt ook weerspiegeld in hoge waarden voor parameter alfa: aangezien backscatter omgekeerd evenredig is met diepte (terwijl er zeer weinig variatie in SSC is) en aangezien water- en sedimentabsorptie recht evenredig met diepte is, zullen deze elkaar opheffen. Bijgevolg wordt in de optimalisatie van de parameters voor extreme waarden gekozen die één van beide verwaarloosbaar maken.
- Bij laagwater (78) en net na kentering laagwater (87), wordt het bereik in YSI-SSC waarden opnieuw groter. Dit komt door de verlaging van de stroomsnelheid, daardoor gaat het sediment zakken. Er ontstaan bovenaan de waterkolom lage SSC waarden en onderaan hoge SSC waarden. Wat resulteert in betere correlaties van de kalibratiecurves. Bij halftij vloed (99) is de spreiding opnieuw lager.

Tabel 5 – Kalibratie en modelparameters SediMon

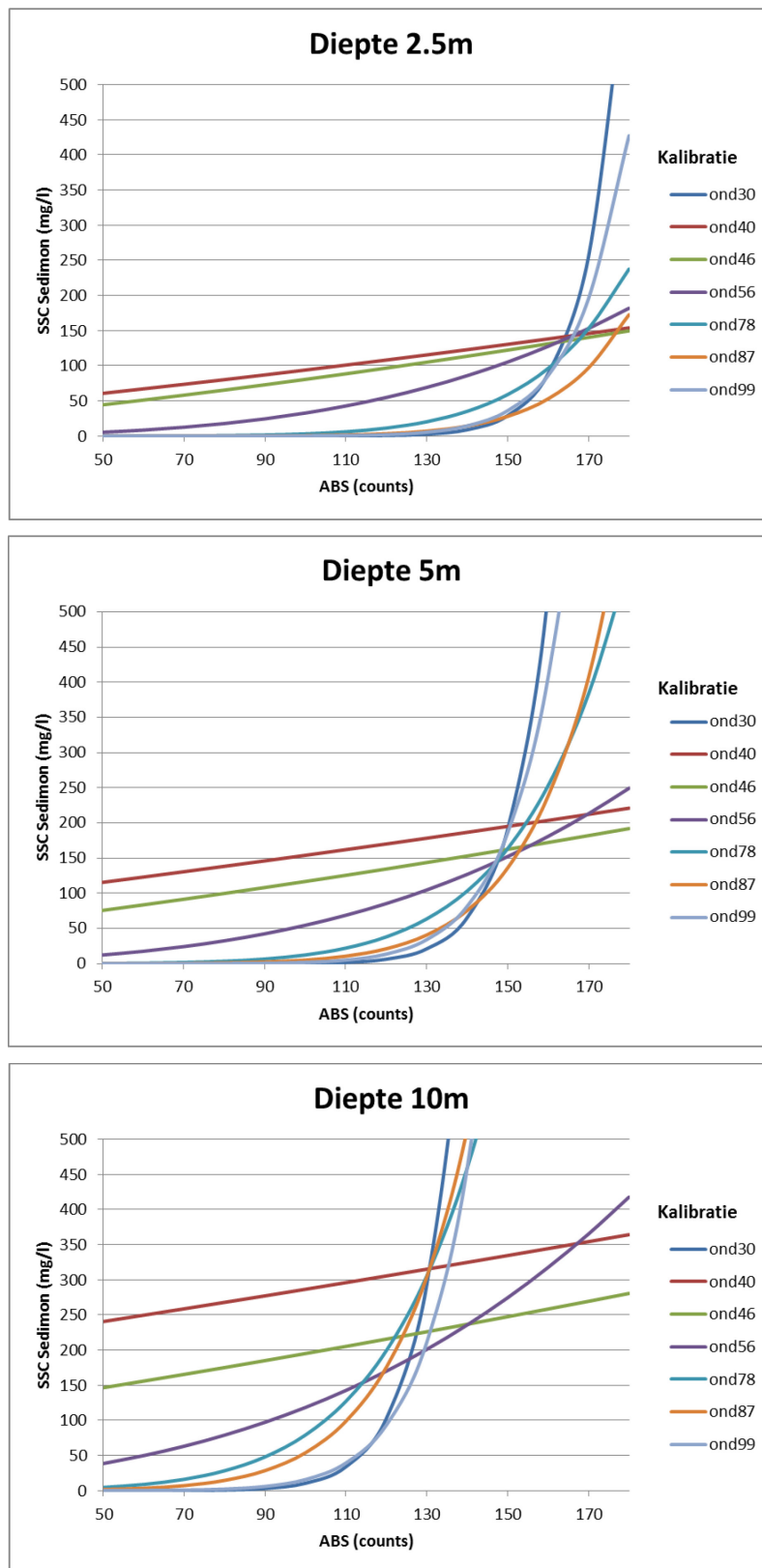
TransectNr Ondulatie	Kalibratiecurve			Modelparameters		
	helling	intercept	R^2	alfa	s	CellShift (sec)
30	0.051	4.425	0.869	0.80	0.25	-4
40	0.734	1.516	0.711	10 (max)	0.30	+4
46	0.709	2.113	0.313	10 (max)	0.55	-1
56	0.296	4.380	0.506	6.15	0.80	-4
78	0.114	4.336	0.654	1.80	0.30	+2
87	0.084	3.868	0.765	0.60	0.15	-4
99	0.064	3.882	0.696	0.15	0.15	+5

Figuur 17 – Sedimon Kalibratiecurves per ondulatie

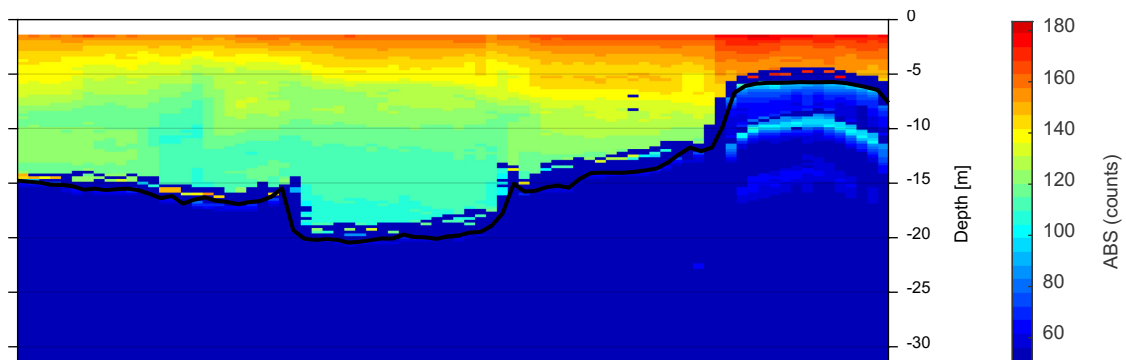


Figuur 18 geeft de SSC weer die resulteert uit het gebruik van verschillende kalibratiecurves bij verschillende inputwaarden van backscatter. Omdat het verband tussen ABS en SSC functie is van de diepte, werden ter illustratie 3 verschillende grafieken gemaakt: 2,5m, 5m en 10m diepte. De kalibratiecurves volgen een zekere trend: bij gematigde backscatterwaarden geeft kalibratiecurve 40 de hoogste SSC, in chronologische volgorde gevolgd door de andere kalibratiecurves. De opgemeten backscatter varieert ongeveer tussen 50 en 180, maar, doordat de backscatterintensiteit afneemt met de diepte (Figuur 19), komen de extreme SSC waarden bij hogere ABS, zoals weergegeven in Figuur 18, in realiteit niet voor.

Figuur 18 – Sedimon kalibratiescurves SSC in functie van ABS op verschillende dieptes



Figuur 19 – Backscatter neemt af met diepte, vb. transect 30



3.2 Sedimentconcentratie

3.2.1 Vergelijking van SSC uit SediMon en ViSea onderling

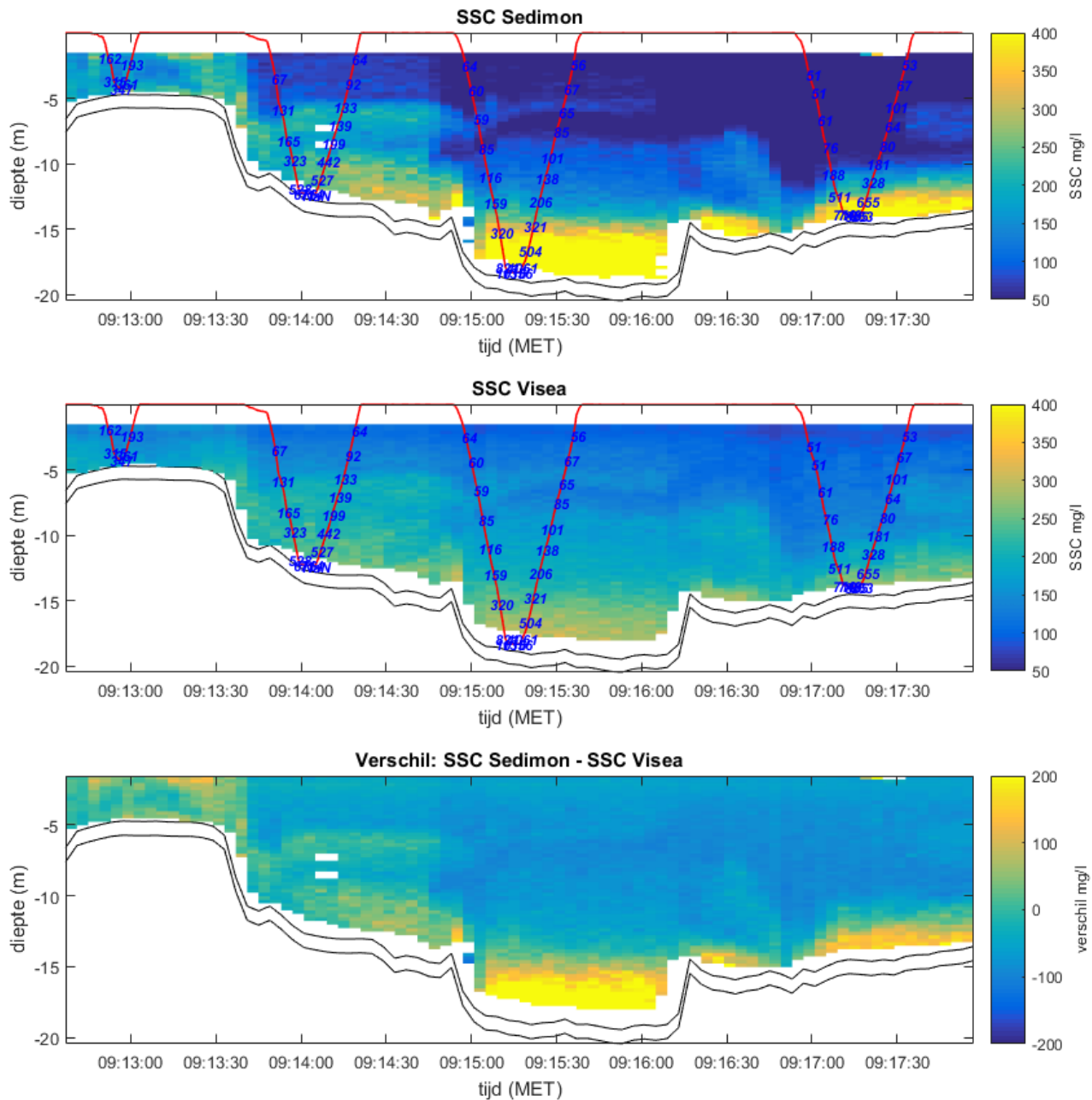
Voor de transecten met ondulaties of waterstalen werden figuren aangemaakt waarin de ADCP-SSC voor SediMon, ViSea visueel vergeleken kunnen worden, ook het verschil in SSC wordt weergegeven.

Deze figuren kunnen teruggevonden worden onder

\\Wlfiles\projecten\15_024-AanpSedMeetne\3_Uitvoering\Vergelijking_Sedimon_ViSea_13uursmeting_Kruibeke\3_Resultaat\Figuren_transecten_SSC

Figuur 20 geeft het voorbeeld van transect 30. De verschillen tussen beide methodes kunnen aan het oppervlak en bij de bodem oplopen tot meer dan 200 mg/l. Het verschil tussen beide methoden verschilt per transect en is afhankelijk van de fase van het getij en van de gebruikte kalibratie in SediMon. Het komt zowel voor dat SediMon hogere/lagere resultaten geeft dan ViSea als vice versa.

Figuur 20 – ADCP-SSC profielen: SediMon, ViSea en verschil (Transect 30)



3.2.2 Vergelijking van SediMon en ViSea met waterstalen

Tabel 6 geeft een overzicht van de waterstalen en de berekende ADCP-SSC's op de overeenkomstige tijdstippen en dieptes. Het transectnummer van de pompstalen en het transectnummer van de ondulatie die gebruikt werd voor het opstellen van de kalibratie in SediMon worden ook gegeven in Tabel 7.

Tabel 6 – Waterstalen en overeenkomstige ADCP-SSC's

Transect nr	Staal tijdstip (MET)	Diepte (m)	SSC waterstaal mgl	Berekende SSC mgl	
				SediMon	ViSea
12	07:09:46	1,59	319	375	220
	07:11:26	5,57	362	335	245
	07:13:10	12,50	758 ^(a)	513	411
21	08:19:38	1,50	100	128	134
	08:21:10	4,60	186	118	160
	08:22:22	7,58	220	261	231
	08:23:50	10,54	227	225	226
31	09:30:14	1,42	72	26	76
	09:31:42	4,52	137	102	143
	09:33:42	7,60	292	277	230
41	10:31:22	1,51	182	131	161
	10:32:26	3,47	183	163	166
	10:33:42	5,37	249	205	204
	10:35:22	7,54	170	260	250
50	11:49:54	1,57	130	133	155
	11:51:26	3,40	163	145	161
	11:53:02	6,18	172	181	220
60	13:02:18	1,67	147	153	155
	13:03:18	3,54	167	148	176
	13:04:22	5,22	218	156	199
71	14:07:39	1,59	152	134	154
	14:08:39	2,54	167	150	168
	14:09:39	4,07	178	144	179
82	15:07:27	1,62	104	62	158
	15:09:27	2,43	123	83	155
	15:10:39	4,44	123	118	175
89	15:52:39	1,45	143	64	144
	15:53:51	2,97	150	105	176
	15:54:59	4,46	181	173	204
108	18:08:23	1,57	194	212	177
	18:09:31	3,50	274	261	200
	18:10:39	5,48	306	294	239
	18:12:11	6,49	340	297	248

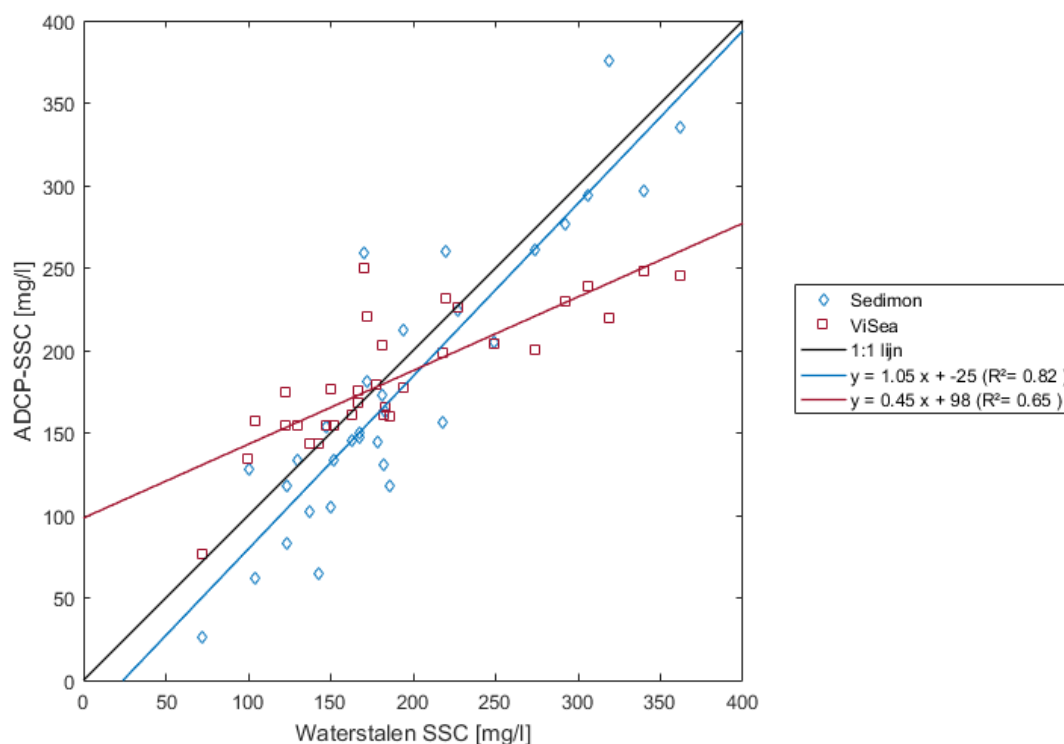
(a) Uitschieter

Tabel 7 – Overzicht van gebruikte kalibraties in SediMon voor transecten met waterstalen

TransectNr Waterstalen	TransectNr kalibratie SediMon
12	99
21	30
31	30
41	40
50	46
60	56
71	78
82	87
89	87
108	99

In Figuur 21 worden de ADCP-SSC waarden uit SediMon en ViSea vergeleken met de SSC van de waterstalen. Voor elk waterstaal worden de overeenkomstige waarden uit SediMon en ViSea uitgezet. De berekende SSC waarden uit SediMon komen goed overeen met de geobserveerde SSC van de waterstalen (R^2 van 0,82). Er is een lichte onderschatting van de sedimentconcentratie, maar de regressiecurve leunt sterk aan bij de 1:1 lijn. Voor ViSea wijkt de regressiecurve, met een helling van 0,45, sterk af van de 1:1 lijn. Ondanks dat de waterstalen voor kalibratie gebruikt werden blijkt dat de ViSea methode lage concentraties systematisch overschat en hoge concentraties onderschat. Voor gematigde concentraties komen de berekende waarden uit ViSea wel goed overeen met de waterstalen. Door de beperkte spreiding van de berekende ADCP-SSC uit ViSea ligt de R^2 ook wat lager dan voor SediMon.

Figuur 21 – ADCP-SSC uit SediMon en ViSea in functie van waterstalen SSC



Tabel 8 geeft een overzicht van het gemiddelde verschil tussen de berekende sedimentconcentraties en de sedimentconcentraties gemeten in stalen. SediMon en ViSea geven gemiddeld gezien een lichte onderschatting van de sedimentconcentratie ten opzichte van de stalen, respectievelijk 16 en 8 mg/l minder. De absolute waarde van de afwijking is vergelijkbaar voor beide methoden: gemiddeld 32 mg/l voor SediMon en 34 mg/l voor ViSea. Op de totale kwadratische fout, die als maat gebruikt kan worden om de prestatie van modellen te vergelijken, scoort SediMon (48030) iets beter dan ViSea (68322).

Tabel 8 – Gemiddeld verschil tussen SediMon/ViSea en sedimentconcentratie van de watertalen (N=32)

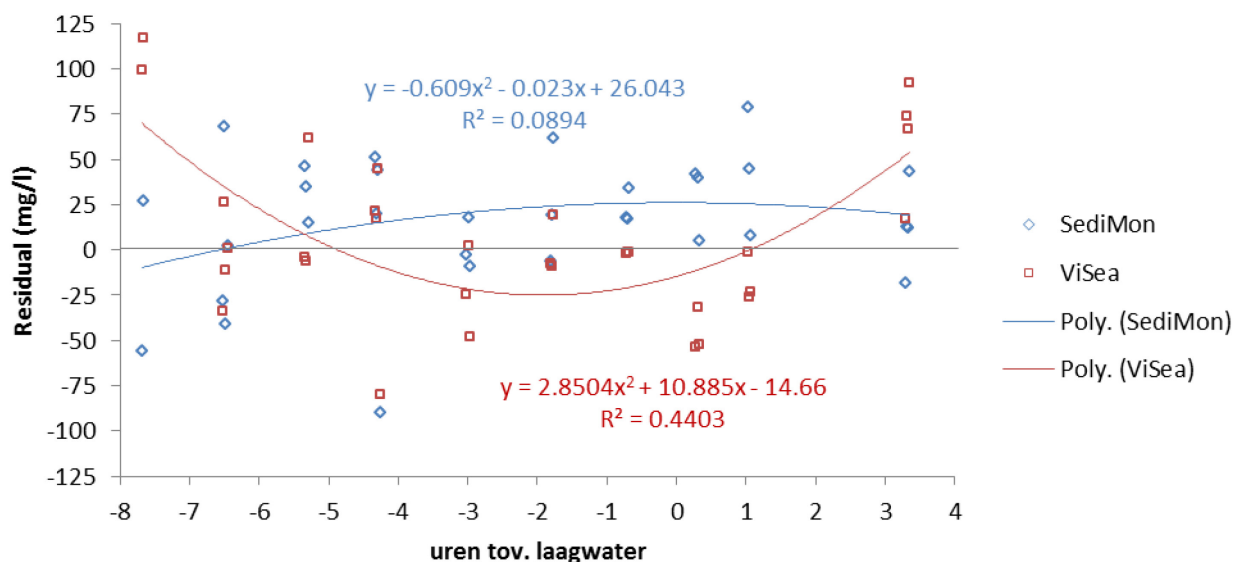
	Vershil (Residual) ^(a) (SSC _{staal} - SSC _{calc})	Absoluut verschil ^(a) SSC _{staal} - SSC _{calc}	Kwadratische fout ^(b) $\sum \text{SSC}_{\text{staal}} - \text{SSC}_{\text{calc}} ^2$
SediMon	16 ± 36	32 ± 23	48030
ViSea	8 ± 46	34 ± 32	68322

(a) Gemiddelde ± standaard deviatie [mg/l]

(b) Totaal over 32 stalen

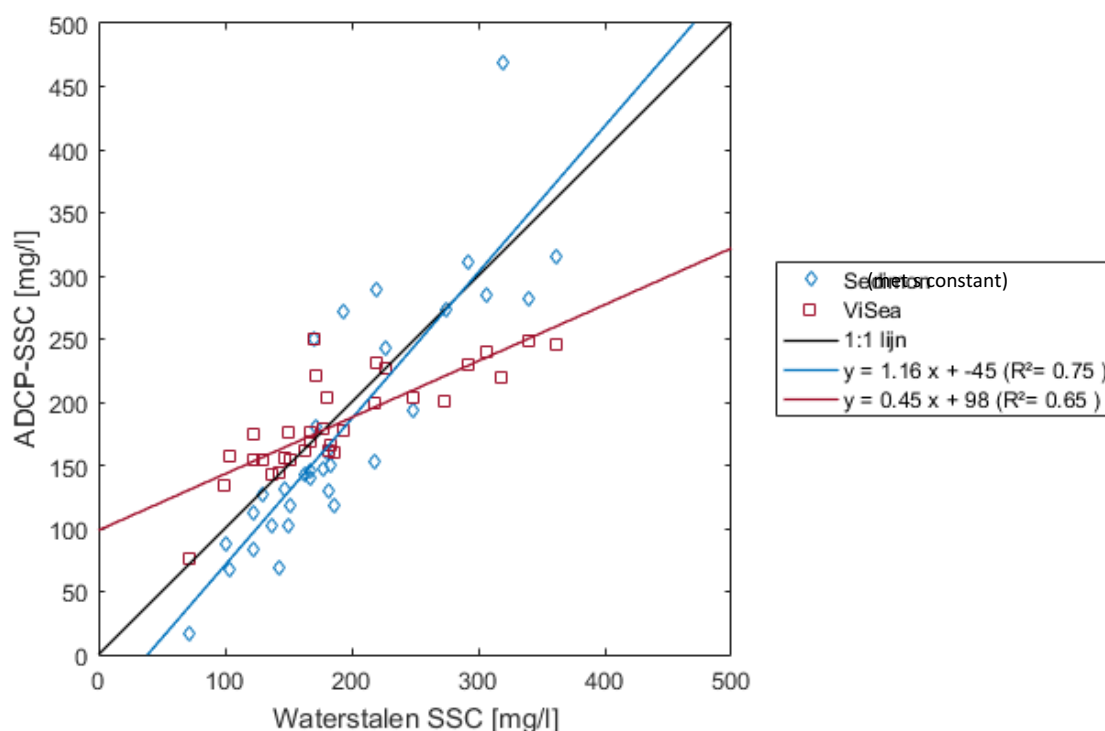
Figuur 22 geeft de residuen weer in functie van de tijd tot laagwater. Daaruit blijkt dat er voor ViSea een trend waarneembaar is: de polynomische trendlijn kan 44 % van de variantie in de residuen verklaren ($R^2=0.4403$). Tijdens de ebphase is er een overschatting van de sedimentconcentratie en tijdens de vloedfase een onderschatting. Voor SediMon kan de polynomische trendlijn slechts 9 % van de variantie verklaren ($R^2=0.0894$). Dit wijst erop dat, door gebruik te maken van verschillende kalibratiecurves, de variatie gedurende het getij ingecalculeerd wordt in de SediMon methode.

Figuur 22 – Residuals SediMon en ViSea tov. getij (Residual = waterstalen-SSC – ADCP-SSC)



PARAMETER S CONSTANT

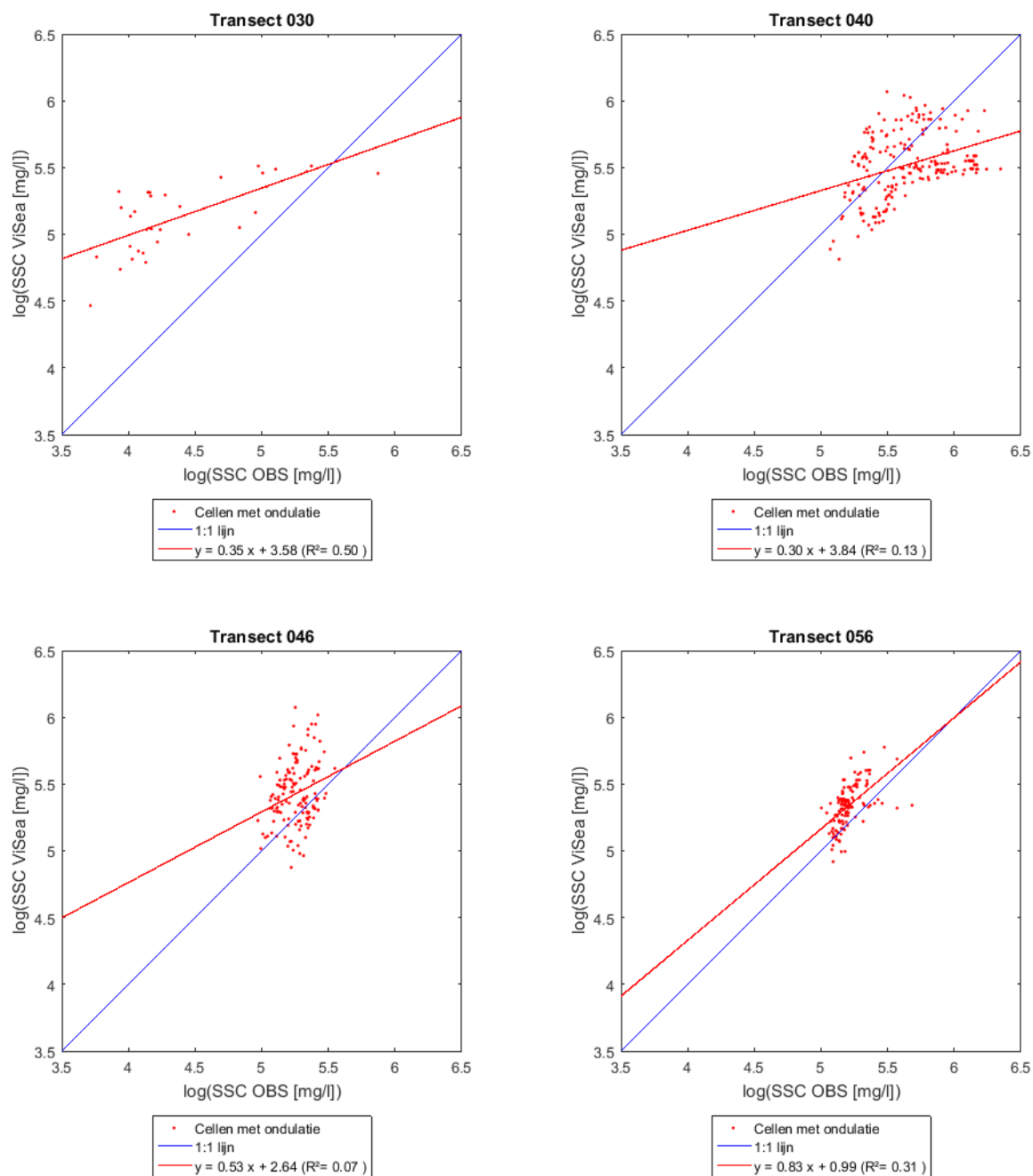
In de methodiek werd aangegeven dat s in theorie constant kan worden gehouden. Daarom werd de kalibratieprocedure herhaald met s constant. Als constante waarde wordt, in overeenstemming met de theorie, gekozen voor $s = 0.43 * 0.43 = 0.1849$. Figuur 23 geeft de regressiecurve van de ADCP-SSC met de waterstalen SSC weer waarbij s constant werd gehouden. Er wordt een goed verband gevonden dat opnieuw beter aansluit bij de 1:1 lijn dan de ViSea methode. Echter is in vergelijking met optimalisatie van s en α (Figuur 21), de R^2 iets lager geworden. Aangezien optimalisatie van s deel uitmaakt van de SediMon-methode, wordt verder in dit rapport steeds gewerkt met optimalisatie van beide parameters.

Figuur 23 – Experiment met s constant gehouden in SediMon

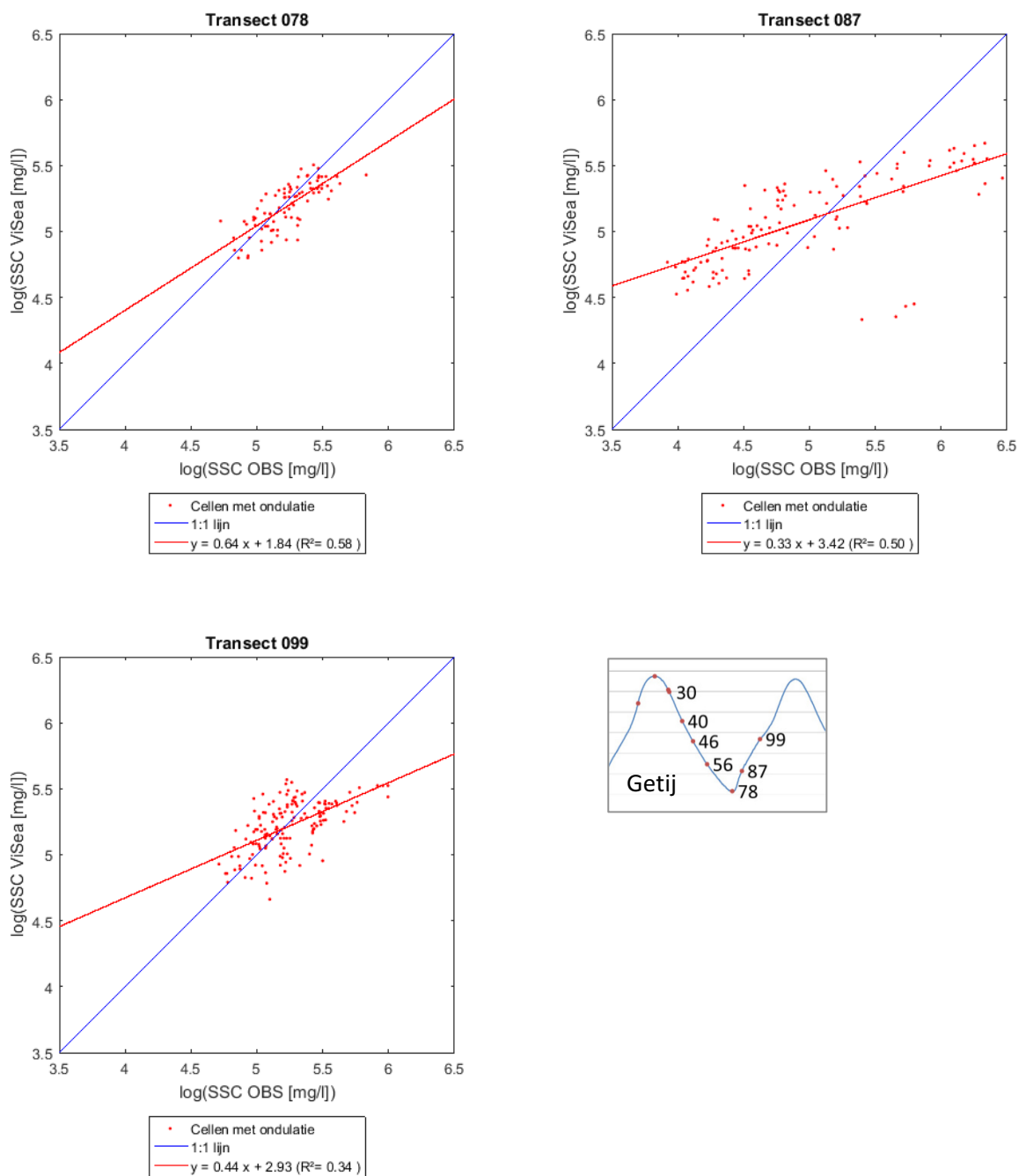
3.2.3 Vergelijking ViSea en ondulatie

In Figuur 24 wordt, voor de transecten met betrouwbare ondulaties, de SSC uit ViSea vergeleken met de SSC die optisch bepaald werd tijdens de ondulaties (OBS). Voor elk transect wordt ook de lineaire trendlijn weergegeven voor de log van de SSC's. De logschaal werd toegepast om een gelijkmatige verdeling van de data te bekomen. De gevonden correlaties tussen de OBS-SSC en de SSC uit ViSea zijn over het algemeen laag (R^2 tussen 0,07 en 0,58). Daarnaast blijkt, voor transecten waar een trend zichtbaar is, dat de ViSea methode lage waarden van optisch gemeten SSC overschat en hoge waarden onderschat, net als bij de waterstalen. Voor transecten 30, 46 en 56 is er een duidelijke overschatting van de SSC. Voor transecten 78, 87 en 99 valt vooral de bias (afwijking van de trendlijn ten opzichte van de 1:1 lijn) op.

Figuur 24 – Vergelijking van ADCP-SSC uit ViSea met optisch geschatte SSC-OBS tijdens ondulaties



Figuur 24 (vervolg) – Vergelijking van ADCP-SSC uit ViSea met optisch geschatte SSC-OBS tijdens ondulaties

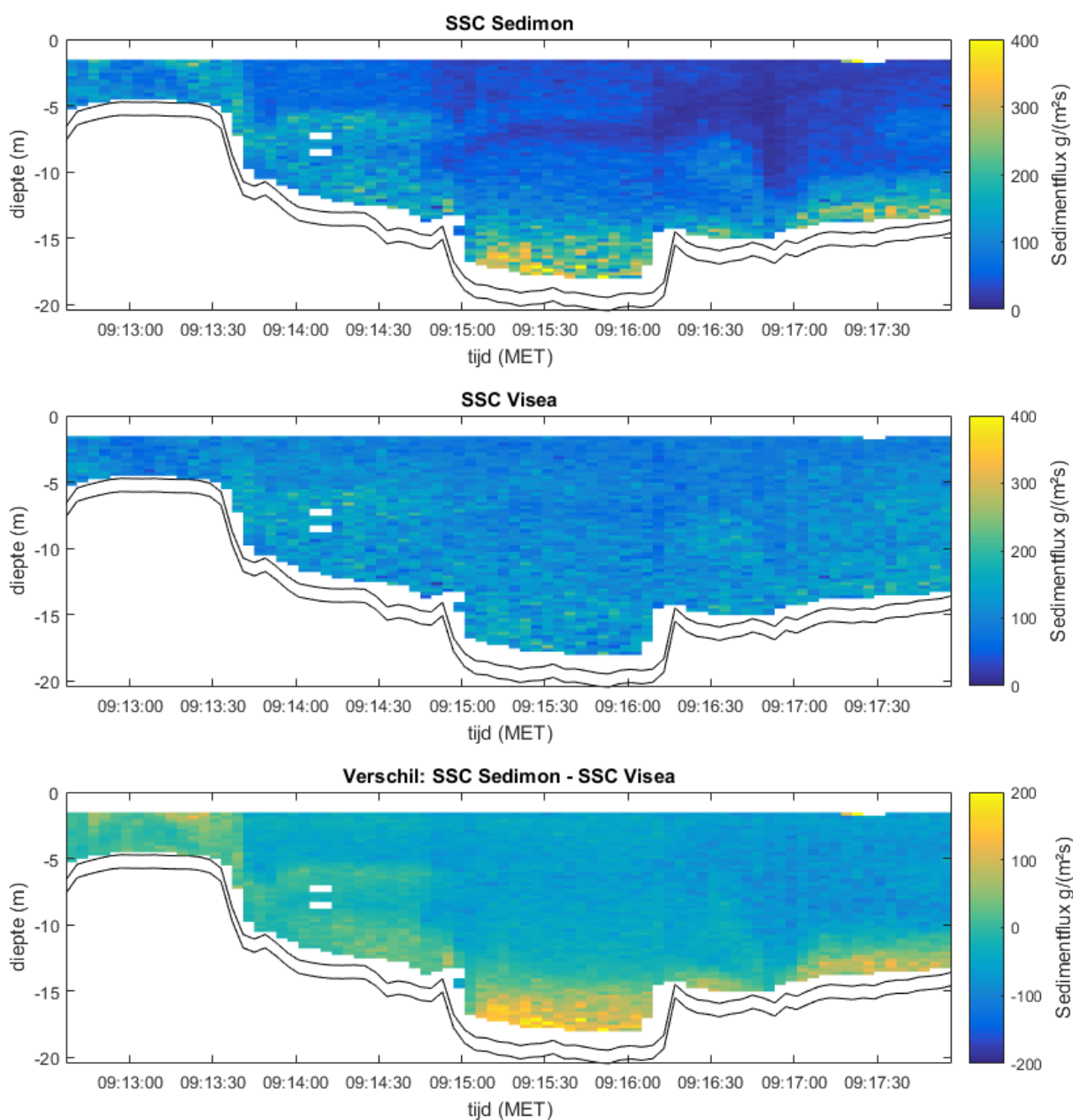


3.3 Sedimentflux

Figuur 25 geeft een voorbeeld van de sedimentflux in $\text{g}/(\text{m}^2\text{s})$ voor transect 30. Deze figuren kunnen voor meerdere transecten teruggevonden worden onder

\\Wlfiles\projecten\15_024-AanpSedMeetne\3_Uitvoering\Vergelijking_Sedimon_ViSea_13uursmeting_Kruibeke\3_Resultaat\Figuren_transecten_Flux

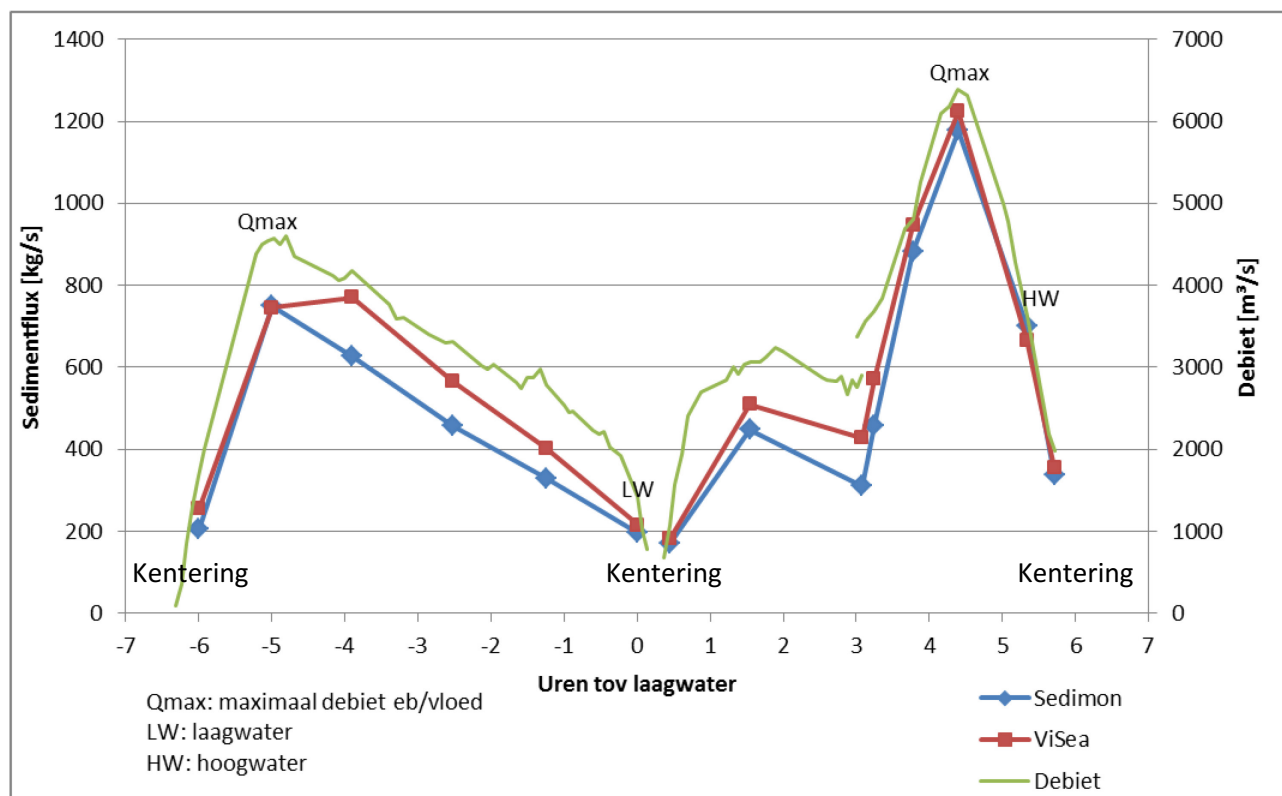
Figuur 25 – Sedimentflux per ADCP-cel (transect 30)



De sedimentflux in kg/s door de bemeten doorsnede werd berekend voor een selectie van transecten (Figuur 26). Bij de SediMon methode werd steeds de kalibratiecurve gebruikt die het best aansluit bij de fase in het getij, maar door het ontbreken van kalibratiecurves, werd de piek op het eind van de vloedfase volledige berekend op basis van de kalibratiecurve voor transect 99. Let ook op dat de gemeten doorsnedes niet geëxtrapoleerd werden naar de bodem, oevers of het wateroppervlak, waardoor het reële sedimenttransport dus iets hoger ligt dan de weergegeven waarden.

Voor beide methodes volgt de sedimentflux dezelfde trend, die ook goed overeenkomt met de trend van debiet. Uit de vergelijking van SediMon en ViSea blijkt dat het sedimenttransport, berekend met de ADCP-SSC uit SediMon, gemiddeld iets lager ligt dan deze berekend met de ADCP-SSC uit ViSea.

Figuur 26 – Sedimentflux en debiet



4 Conclusie

4.1 Evaluatie klassieke methode

Volgens de klassieke methode in ViSea, wordt de ADCP-SSC berekend met één kalibratiecurve op basis van waterstalen. De methode maakt, voor de correctie van water- en sedimentabsorptie, gebruik van een parameter α die berekend wordt op basis van verschillende waterparameters en iteratief geoptimaliseerd wordt voor SSC.

Uit de vergelijking van de berekende SSC met de waterstalen-SSC blijkt dat er een systematische afwijking is van de resultaten uit ViSea (Figuur 21): lage SSC's worden hoger ingeschat en hoge SSC's worden lager ingeschat. Verder blijkt uit analyse van de residuen (Figuur 22) dat de overschattingen zich voornamelijk voordoen tijdens de eb fase en dat onderschattingen zich voordoen tijdens de vloed fase. De nadelen van het gebruik van één enkele kalibratiecurve voor het volledige getij zijn dus duidelijk merkbaar.

Vergelijking van de SSC uit ViSea met de optisch gemeten SSC tijdens ondulaties (Figuur 24) leidt tot gelijkaardige conclusies. De correlaties tussen SSC uit ViSea en YSI-SSC zijn laag en er is een consequente afwijking waarbij lage waarden te hoog geschat worden en hogere waarden te laag.

4.2 Evaluatie SediMon-methode

De SediMon methode maakt gebruik van ondulaties als referentie voor het opstellen van verschillende kalibratiecurves voor ADCP-SSC. De correctie voor water- en sedimentabsorptie gebeurt met behulp van twee modelparameters, α en s , die geoptimaliseerd worden voor elke ondulatie.

Omdat s in theorie overeenkomt met een gekende toestel specifieke constante (K_c), werd uitgetest of s constant gehouden kan worden. Dit bleek geen groot effect te hebben op de resulterende SSC. Voor dit rapport is gekozen om te werken met kalibratiecurves waarin zowel α als s geoptimaliseerd werden.

Uit de vergelijking van de ADCP-SSC uit SediMon met de referentie waterstalen, blijkt dat er een goede correlatie is tussen beide (Figuur 21). Er is geen sterke afwijking voor hoge en lage SSC's zoals bij de klassieke methode, wel zien we systematisch een lichte onderschatting van de SSC ten opzichte van de waterstalen. Mogelijk kan dit verklaard worden doordat het moederschip, waar de stalen genomen worden, in een relatief ondiepe zone ligt ten opzichte van de dwarsraai, waar de ondulaties gebeuren. Hoewel de waterstalen als referentie gebruikt worden, is de verdeling waarschijnlijk niet representatief voor de sedimentconcentratie in de gehele dwarsdoorsnede.

Een vergelijkingen tussen ViSea en SediMon, voor de transecten met ondulaties, toont aan dat het verschil tussen beide methoden, kan oplopen tot meer dan 200 mg/l nabij de bodem en nabij het wateroppervlak (Figuur 20). Het komt zowel voor dat SediMon hogere/lagere resultaten geeft dan ViSea als vice versa. Vermoedelijk is het verschil tussen beide methoden functie van de fase van het getij en van de gebruikte kalibratie in SediMon.

Doordat er voor het deel van de 13-uursmeting voor en tijdens hoogwater, geen bruikbare ondulaties waren, kan het gebruik van verschillende ondulaties niet optimaal geëvalueerd worden. Toch bleek uit de vergelijking met waterstalen SSC, dat door het gebruik van verschillende kalibratiecurves betere schattingen van de SSC berekend kunnen worden en dat evoluties gedurende het getij beter opgevangen worden (Figuur 21 en Figuur 22). Daarnaast werd aangetoond dat de kalibratiecurves bepaalde trends vertonen, die in overeenstemming zijn met de verwachte evoluties gedurende het getij (Figuur 17 en Figuur 18), dit wijst erop dat de methode voor het opstellen van kalibratiecurves robuust is. Echter bleek uit de gevoeligheidsanalyse (Figuur 15) dat het belangrijk is dat de verdeling van YSI-SSC representatief is voor

de dwarsdoorsnedes waarop de kalibratiecurve wordt toegepast. Extrapolatie van bepaalde kalibratiecurves leidt namelijk tot extreme waarden.

Het opstellen en toepassen van verschillende kalibratiecurves is een onderwerp dat nog verder onderzocht en geoptimaliseerd kan worden, daarvoor is het noodzakelijk om in volgende 13-uursmetingen vaker ondulaties uit te voeren.

4.3 Sedimentflux

Benaderende sedimentfluxen werden berekend door de ADCP-SSC te vermenigvuldigen met de stroomsnelheid en te integreren over de theoretische dwarsdoorsnede (Figuur 26). Voor Sedimon ligt de sedimentflux gemiddeld iets lager dan voor ViSea, maar het verschil tussen de sedimentflux berekend op basis van de ADCP-SSC uit Sedimon en ViSea is beperkt.

Dit leidt tot de conclusie dat de afwijking van de geschatte SSC uit ViSea, ten opzichte van de waterstalen (Figuur 21) en de optische geschatte turbiditeit (Figuur 24), zich uitmiddelt bij het berekenen van sedimentflux over een gehele doorsnede. Bij de berekening van sedimentfluxen (Figuur 26), wordt de bias in de ADCP-SSC gedeeltelijk opgevangen doordat er gerekend wordt over een gehele dwarsdoorsnede, die zowel hoge als lage SSC concentraties omvat. Toch kunnen we, op basis van de bevindingen betreffende de residuen, vermoeden dat er met de ViSea methode, een overschatting is van de sedimentflux tijdens de ebfase en een onderschatting van de sedimentflux tijdens de vloedfase.

5 Referentielijst

- Ainslie, M. A. & McColm, J. G.** (1998). A simplified formula for viscous and chemical absorption in sea water, *J. Acoust. Soc. Am.*, 103, 1671–1672.
- Claeys et al.** (2009). MANUAL: ADAM SEDIMON WITH NORTEK NDP, “00_Manual_Sedimon_V20.doc”, GEMS International NV, pp.29
- Deines, K. L.** (1999). Backscatter estimation using Broadband acoustic Doppler current profilers. In *Proceedings of the IEEE Sixth Working Conference on Current Measurement (Cat. No.99CH36331)* (pp. 249–253). IEEE. doi:10.1109/CCM.1999.755249
- Fettweis, M., Francken, F., Pison, V., & Van den Eynde, D.** (2006). Suspended particulate matter dynamics and aggregate sizes in a high turbidity area. *Marine Geology*, 235(1-4), 63–74. doi:10.1016/j.margeo.2006.10.005
- Gartner, J. W.** (2002). ESTIMATION OF SUSPENDED SOLIDS CONCENTRATIONS BASED ON ACOUSTIC BACKSCATTER INTENSITY: THEORETICAL BACKGROUND. *Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop*, April 30 – May 2, 2002, Reno, Nevada.
- Ghaffari, P., Azizpour, J., Noranian, M., Chegini, V., Tavakoli, V., and Shah-Hosseini, M.**: Estimating suspended sediment concentrations using a broadband ADCP in Mahshahr tidal channel, *Ocean Sci. Discuss.*, 8, 1601-1630, <https://doi.org/10.5194/osd-8-1601-2011>, 2011.
- Kim, Y. H., & Voulgaris, G.** (2003). ESTIMATION OF SUSPENDED SEDIMENT CONCENTRATION IN ESTUARINE ENVIRONMENTS USING ACOUSTIC BACKSCATTER FROM AN ADCP.
- Landers, M. N.** (2010). REVIEW OF METHODS TO ESTIMATE FLUVIAL SUSPENDED SEDIMENT CHARACTERISTICS FROM ACOUSTIC SURROGATE METRICS. In *2ND Joint Federal Interagency Conference*. Las Vegas. Retrieved from http://acwi.gov/sos/pubs/2ndJFIC/Contents/2C_Landers_030910_paper.pdf
- Levy, Y.; Vereecken, H.; Claeys, S.; Verwaest, T.; Mostaert, F.** (2017). MONEOS 2017 – 13 uursmetingen: Factual data rapport: Stromingen, debiet en sediment concentratie. Versie 0.1. WL Rapporten, 13_086_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.
- Lohrmann, A.** (2001). Monitoring sediment concentration with acoustic backscattering instruments. Nortek Technical Note. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Monitoring+Sediment+Concentration+with+acoustic+backscattering+instruments#0>
- Meire, P. & T. Maris** (2008). MONEOS. Geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium. Rapport ECOBE 08-R-113. Universiteit Antwerpen, Antwerpen.
- Merckelbach, L. M.** (2006). A model for high-frequency acoustic Doppler current profiler backscatter from suspended sediment in strong currents. *Continental Shelf Research*, 26(11), 1316–1335. doi:10.1016/j.csr.2006.04.009
- Mouraenko, O. A.** (2004). ACOUSTIC MEASUREMENT TECHNIQUES FOR SUSPENDED SEDIMENTS AND BEDFORMS. University of Florida.
- Santen, P. van.** (2011a). Het meten van suspensieve sediment concentraties met een ADCP, De stand van zaken. Delft. doi:AV_DOC_110202
- Sassi, M. G., Hoitink, a. J. F., & Vermeulen, B.** (2012). Impact of sound attenuation by suspended sediment on ADCP backscatter calibrations. *Water Resources Research*, 48(9), n/a–n/a. doi:10.1029/2012WR012008

Thant, S.; Plancke, Y.; Claeys, S.; Peeters, D.; Mostaert, F. (2018). Kalibratiemetingen zomer 2017: Meetlocaties Lillo, Oosterweel, Schellebelle, Kruibeke en Melle. Conceptversie 0.11. WL Rapporten, 16_000_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen.

Thorne, P. D., Vincent, C. E., Hardcastle, P. J., Rehman, S., & Pearson, N. (1991). Measuring suspended sediment concentrations using acoustic backscatter devices. *Marine Geology*, 98, 7–16.

Urlick, R. J. (1948). The Absorption of Sound in Suspensions of Irregular Particles. *THE JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA* VOLUME, 20(3), 361–363.

Wall, G., Nystrom, E., & Litten, S. (2006). Use of an ADCP to compute suspended-sediment discharge in the tidal Hudson River, New York. Reston, Virginia. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Use+of+an+ADCP+to+Compute+Suspended-Sediment+Discharge+in+the+Tidal+Hudson+River,+New+York#0>

Bijlage: Aanpassingen in SediMon

Aanpassingen in de verwerking

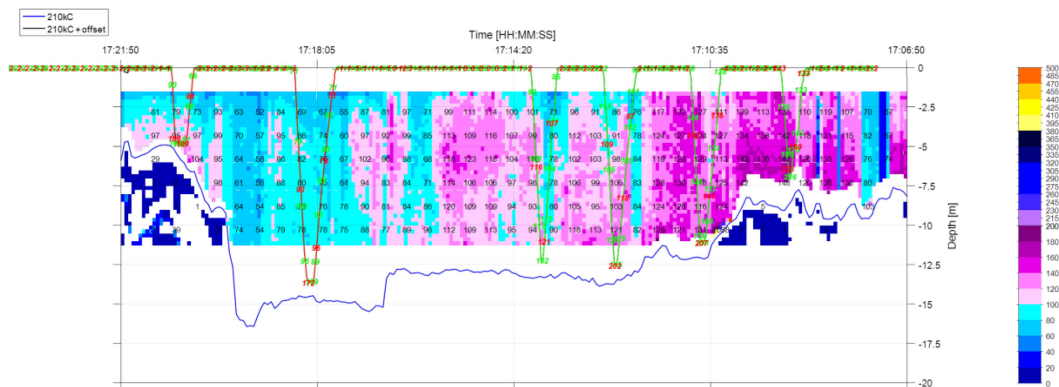
- Nieuwe functie: Preprocessing van het OBS signaal
 - Spike removal , spike=NaN ()
 - sensor boven water = NaN in `FluxRelationLoadADCPMob.m`
 - OBS < 0 = NaN
- Correctie time match OBS met ADCP:
 - Probleem:
 - Er werd max 1 YSI-meting per ADP ensemble behouden → per ophaling/neerlating blijven slechts 3 à 4 dieptes over → beter meerdere dieptes om variatie over de diepte te coveren
 - Door cellshift werden andere OBS waarden geselecteerd → random effect
 - De time match methode werd aangepast
 - IADP (met de I van Indexen ADP) wordt berekend in een loop over de OBS en bevat nu herhalingen als er meerdere OBS metingen binnen een ADCP ensemble vallen
 - De time match wordt ook weggeschreven naar TM.mat om te gebruiken voor match YSI-ViSea
 - Dingen die nog beter kunnen:
 - als er meerdere YSI seconden zijn binnen 1 adp cel wordt enkel de eerste genomen, beter zou zijn de gemiddelde obs te berekenen
 - Als de CellShift aangepast wordt kunnen spikes (van aankliktool) in een andere ADCP cel vallen en worden ze niet meer weggefilterd → wegfilteren spikes staat nu pas in berekening R^2 (Dit is alleen relevant voor spikes in OBS, en door de preprocessing van spikes in OBS zal dit bijna nooit meer voorkomen)
 - Onduidelijke naamgeving:
 - `SiltFlux.MeasurementData.Log.TimeNum` is de originele tijd (char) en moet dat ook blijven
 - `SiltFlux.MeasurementData.Log.Time` wordt overschreven door de tijd na cellshift (char cell)
- Aanpassing script: Step van loop `CellShift` op 1 gezet (1sec) want met origineel 0.5 wordt terug afgerond op sec YSI (= tijdverlies)
- Nieuwe functie: GPS koppeling
 - Klikvakje in GUI om aan of GPS moet worden ingelezen.
 - Functie gemaakt voor importeren gps textbestand:


```
GPS = MB_importfile_GPS('GPS_Kruibeke20170629_bijboot1_MET.txt');
```
 - koppeling met ADCP in `FluxRelationADCPLoad`
 - Als klikvakje uit is :
 - Alles blijft zoals het was
 - Als klikvakje aan is:
 - GPS inlezen (via `MB_importfile_GPS` of gesavede .mat)
 - Er wordt een bericht gedisplayed “Externe GPS ingelezen”
 - In bestaande while lus voor elk ensemble de overeenkomstige tijd zoeken
 - Xpos en Ypos (in SiltFlux) overschrijven met positie op gevonden tijdstip

- GPS txt file is groot, om dit sneller te doen wordt met een .mat file gewerkt ipv telkens opnieuw `GPS = MB_importfile_GPS('GPS_Kruibeke20170629_bijboot1_MET.txt')`
- Aangepaste Projectie en cut in export tool:
 - Coördinaten theoretische dwarsraai aangepast (die van moneos 2016)
 - Figuur:
 - legende
 - Plot groter gemaakt = beter aanklikbaar
 - Alles wordt ook weggeschreven naar `SiltFlux.Projectandcut` (handig voor verdere verwerking)
- Dummy logfile wordt ingelezen als log niet beschikbaar is (het is niet ideaal maar er hoeft geen kopie voor elk transect meer aangemaakt te worden). Er wordt ook een bericht gedisplayed “log data niet beschikbaar”.

Aanpassingen figuren

- Aslabels bij regressiegrafiek
- (Tijdelijk) plot toegevoegd voor inspectie relevante OBS
- Plot bodem+offset lijn in XT grafiek
- Blanking bodem: er werden ADCP cellen geplot onder bodemniveau in XT en XY grafiek → in berekening gecorrigeerde Turbiditeit Log . Depth210kC (=max diepte) vervangen door `ADPIntensity.depth` (= diepteprofiel). Illustratie probleem (offset=5):



- Spelling figuurtitels, ‘_’ niet subscript, Latex Interpreter uitgeschakeld: `title(Figuurnaam, 'color', 'B', 'FontSize', 10, 'Fontweight', 'bold', 'Interpreter', 'none')`
- (Voorlopig) plot toegevoegd voor inspectie spike removal
- Figuur opslaan `FluxRelationMobVisualize.m` + full screen `figure(...'outerposition',[0 0 1 1])`
- Subplots `FluxRelationMobVisualize.m` overlappen, onderste iets lager gezet → Tijd op as is zichtbaar
- (Tijdelijk display R^2 tijdens loop cellshift: Calculating...Please wait! Loop Cellshift 0 Previous R^2 : 0
- Opkuisen geplotte ondulatie in XT grafiek
- Label ‘ADP intensity (Backscatter)’ bij Colorbar in `FluxRelationMobVisualize.m`

Aanpassingen GUI

- Standaardinstelling lower limit tow fish op 20 gezet in `FluxRelationMobGui.m`
- OBS3-B standaard uitgevinkt in visualisation (OBS3-B wordt toch niet meer gebruikt)
- Step van loop `CellShift` op 1 gezet (1sec) want origineel 0.5 wordt terug afgerond op sec YSI (= tijdverlies)
- In `FluxStructDef.m` de offset (`SiltFlux.Relation.Offset210kc`) initieel op 1 gezet, dit stond op 0 en was problematisch omdat het in de GUI op '1' staat. Vervolgens gui direct naar `SiltFlux.Relation.Offset210kc` doen verwijzen.
- Correctie bug afronding offset-slider in GUI: altijd tot op 1 cijfer achter de komma
- "Process" en "equation" zijn na import onmiddellijk 'on', je hoeft niet meer eerst "draw select" te doen
- In `FluxStructDef.m` de offset (`SiltFlux.Relation.Offset210kc`) initieel op 1 gezet, dit stond op 0 en was problematisch omdat het in de GUI op '1' staat. Vervolgens gui direct naar `SiltFlux.Relation.Offset210kc` doen verwijzen.
- Display van R^2 en parameters in command window tijdens loop cellshift:
vb: `Loop Cellshift -1`
 R^2 : 0.86196 alpha: 1.35 s: 0.35 a: 0.054016 b: 4.7301

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be